

publiziert bei:	 <b>AWMF online</b> Das Portal der wissenschaftlichen Medizin
-----------------	---

<b>AWMF-Register Nr.</b>	<b>044-001</b>	<b>Klasse:</b>	<b>S2k</b>
--------------------------	----------------	----------------	------------

S2k-Leitlinie Behandlung von thermischen Verletzungen bei Erwachsenen

## **S2k-Leitlinie**

**Der**

**Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e. V.**

**und**

**der/des**

Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Cicatrix e.V. - Gemeinschaft für Menschen mit Verbrennungen und Narben

Deutsche Dermatologische Gesellschaft e.V.

Deutsche interdisziplinären Gesellschaft für Dysphagie e. V.

Deutscher Verband Ergotherapie

Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv-und Notfallmedizin e. V.

Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie

Bundesinnungsverband für Orthopädietechnik

Deutsche Gesellschaft für Physikalische und Rehabilitative Medizin e. V.

Deutscher Verband für Physiotherapie e. V.

Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgie e. V.

Deutschsprachige Gesellschaft für Psychotraumatologie e. V.



**Orthopädie. Technik**  
Bundesinnungsverband



**Version: 8.0**

## **Herausgebende**

Federführende Fachgesellschaft

Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e.V.

Langenbeck-Virchow-Haus

Luisenstraße 58/59

10117 Berlin

## **Koordination:**

Prof. Dr. med. Thomas Kremer

Klinik für Plastische und Handchirurgie mit Schwerbrandverletztzentrum

Klinikum St. Georg gGmbH

Delitzscher Strasse 141

04129 Leipzig

## ***Bitte wie folgt zitieren:***

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR VERBRENNUNGSMEDIZIN ET AL. BEHANDLUNG VON  
THERMISCHEN VERLETZUNGEN BEI ERWACHSENEN, VERSION 8.0, 15.11.2024,  
[HTTPS://REGISTER.AWMF.ORG/DE/LEITLINIEN/DETAIL/044-001](https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/044-001), ZUGRIFF AM (DATUM):

# Inhalt

<b>HERAUSGEBENDE</b>	<b>1</b>
<b>1 NEUE ASPEKTE DER AKTUALISIERTEN LEITLINIE</b>	<b>7</b>
<b>2 GELTUNGSBEREICH UND ZWECK</b>	<b>9</b>
2.1 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG	9
2.2 VERSORGUNGSBEREICH	9
2.3 PATIENT*INNENZIELGRUPPE	9
2.4 ADRESSATEN	9
<b>3 VORWORT</b>	<b>10</b>
<b>4 DEFINITION VERBRENNUNG</b>	<b>11</b>
<b>5 EPIDEMIOLOGIE</b>	<b>12</b>
<b>6 BEURTEILUNG DER VERBRENNUNG</b>	<b>13</b>
6.1 DIE PROGNOSE EINES BRANDVERLETZTEN	13
6.2 MORTALITÄTS-/PROGNOSEEINSCHÄTZUNG UNTER VERWENDUNG VON SCORING-SYSTEMEN	14
<b>7 LOKALE EINSCHÄTZUNG THERMISCHER VERLETZUNGEN</b>	<b>20</b>
7.1 VORAUSSETZUNGEN FÜR VALIDE ERSTEINSCHÄTZUNG	20
7.2 BEURTEILUNG DER VERBRANNTEN KÖRPEROBERFLÄCHE (VKOF)	20
7.3 BEURTEILUNG DER VERBRENNUNGSTIEFE	24
7.3.1 APPARATIVE BEURTEILUNG	25
7.3.2 HISTOLOGIE	26
7.3.3 FOTODOKUMENTATION	26
<b>8 PRÄKLINISCHE ERSTMAßNAHMEN</b>	<b>28</b>
8.1 ALLGEMEIN	28

<b>8.2 (A) – AIRWAY (FREIMACHEN / FREIHALTEN DER ATEMWEGE)</b>	<b>30</b>
<b>8.3 (C) CIRCULATION AND HAEMORRHAGE CONTROL – KREISLAUFSTABILISIERUNG UND BLUTUNGSKONTROLLE</b>	<b>37</b>
<b>8.4 (D) DISABILITY – NEUROLOGISCHER STATUS</b>	<b>42</b>
<b>8.5 (E) EXPOSURE / ENVIRONMENTAL CONTROL</b>	<b>42</b>
<b><u>9 BRANDVERLETZTENZENTREN</u></b>	<b><u>54</u></b>
<b>9.1 INDIKATIONEN FÜR DIE STATIONÄRE BEHANDLUNG IN ZENTREN FÜR BRANDVERLETZTE</b>	<b>54</b>
<b>9.2 VORAUSSETZUNGEN EINES ZENTRUMS FÜR BRANDVERLETZTE ERWACHSENE</b>	<b>56</b>
9.2.1 BAULICHE UND APPARATIVE AUSSTATTUNG	57
9.2.2 PERSONELLE AUSSTATTUNG DER BRANDVERLETZTENZENTREN	58
9.2.3 ÄRZTLICHE LEITUNG	58
9.2.4 ÄRZTLICHER DIENST	58
9.2.5 PFLEGEDIENST	58
9.2.6 THERAPEUTEN	59
9.2.7 PSYCHOTHERAPEUTISCHE MITBEHANDLUNG	59
9.2.8 SEELSORGE	59
9.2.9 ETHIK-KOMITEE	59
9.2.10 WEITERE TEAMMITGLIEDER:	59
<b><u>10 SCHOCKRAUMMANAGEMENT</u></b>	<b><u>60</u></b>
<b><u>11 ANÄSTHESIE UND INTENSIVMEDIZIN</u></b>	<b><u>68</u></b>
<b>11.1 DIE INTENSIVMEDIZINISCHE THERAPIE DER SCHOCKPHASE (RESUSCITATION)</b>	<b>68</b>
<b>11.2 BEATMUNG UND INHALATIONSTRAUMA</b>	<b>77</b>
11.2.1 BEATMUNG	77
11.2.2 INHALATIONSTRAUMA	82
<b>11.3 ERNÄHRUNG UND METABOLISCHE THERAPIE</b>	<b>90</b>
<b>11.4 PRÄVENTION UND THERAPIE INFEKTIÖSER KOMPLIKATIONEN</b>	<b>99</b>
<b>11.5 SCHMERZTHERAPIE UND ANALGOSEDIERUNG</b>	<b>107</b>
<b>11.6 BESONDERHEITEN IM PERIOPERATIVEN MANAGEMENT VON BRANDVERLETZTEN</b>	<b>116</b>
<b><u>12 CHIRURGISCHE THERAPIE</u></b>	<b><u>149</u></b>

<b>12.1</b>	<b>ESCHAROTOMIE</b>	<b>149</b>
<b>12.2</b>	<b>KONSERVATIVE THERAPIE DER BRANDWUNDE</b>	<b>151</b>
12.2.1	LOKALE ANTISEPTISCHE THERAPIE	151
12.2.2	VERBANDSMATERIALIEN	154
<b>12.3</b>	<b>DEBRIDEMENT</b>	<b>156</b>
<b>12.4</b>	<b>NEKROSEKTOMIE</b>	<b>156</b>
12.4.1	ZEITPUNKT DER NEKROSEKTOMIE	157
12.4.2	NEKROSEKTOMIE ABHÄNGIG VON DER VERBRENNUNGSTIEFE	158
<b>12.5</b>	<b>TEMPORÄRER VERSCHLUSS</b>	<b>162</b>
<b>12.6</b>	<b>DEFEKTREKONSTRUKTION</b>	<b>163</b>
12.6.1	HAUTTRANSPLANTATION:	163
12.6.2	SPALTHAUTENTNAHMESTELLE	166
12.6.3	DERMISERSATZ	167
12.6.4	LAPPENPLASTIKEN:	168
<b>13</b>	<b>SONDERFORMEN DER VERBRENNUNG</b>	<b>172</b>
<b>13.1</b>	<b>STROMUNFALL</b>	<b>172</b>
<b>13.2</b>	<b>CHEMISCHE VERLETZUNGEN</b>	<b>178</b>
<b>13.3</b>	<b>BLAST INJURY</b>	<b>182</b>
<b>13.4</b>	<b>THERMOMECHANISCHE KOMBINATIONSVERLETZUNGEN</b>	<b>184</b>
<b>14</b>	<b>PSYCHOLOGISCHE FOLGEN UND IHRE BEHANDLUNG</b>	<b>189</b>
<b>15</b>	<b>POSTAKUTE, STATIONÄRE, POSTSTATIONÄRE REHABILITATION</b>	<b>198</b>
<b>16</b>	<b>THERAPIE DER VERBRENNUNGSFOLGEN</b>	<b>205</b>
<b>16.1</b>	<b>DEFINITION DER VERBRENNUNGSFOLGEN</b>	<b>205</b>
<b>16.2</b>	<b>NARBENQUALITÄT</b>	<b>206</b>
<b>16.3</b>	<b>SPÄTFOLGEN AN ORGANSYSTEMEN NACH THERMISCHER VERLETZUNG</b>	<b>209</b>
<b>16.3.1</b>	<b>MUSKULOSKELETTALE VERBRENNUNGSFOLGEN</b>	<b>210</b>
16.3.3	NEUROLOGISCHE SPÄTFOLGEN, TAST-, TEMPERATUR- UND VIBRATIONSWAHRNEHMUNG	211
16.3.4	RESPIRATORISCHES UND KARDIOVASKULÄRES SYSTEM	212
16.3.5	VASKULÄRES UND LYMPHATISCHES SYSTEM	212

16.3.6 UROGENITALE SPÄTFOLGEN	212
16.4 PSYCHISCHE UND PSYCHOSOZIALE SPÄTFOLGEN	213
<b>16.5 NARBENTHERAPIE</b>	<b>213</b>
16.5.1 NARBENMASSAGE	215
16.5.2 TEXTILE KOMPRESSION	217
16.5.3 SILIKONBEHANDLUNG	222
<b>16.6 PHYSIOTHERAPIE / SPORTTHERAPIE</b>	<b>224</b>
<b>16.7 ERGOTHERAPIE</b>	<b>229</b>
16.7.1 SENSORISCH-PERZEPTIVE UND MOTORISCH-FUNKTIONELLE ASPEKTE DER ERGOTHERAPIE	229
16.7.2 SCHIENENVERSORGUNG	232
16.7.3 HILFSMITTEL	233
<b>16.8 SPRACHTHERAPIE/LOGOPÄDIE</b>	<b>234</b>
<b>16.9 REHABILITATIVE KRANKENPFLEGE</b>	<b>235</b>
<b>16.10 SCHMERZ</b>	<b>236</b>
<b>16.11 MINOR- UND MAJOR-AMPUTATIONEN</b>	<b>237</b>
<b>16.12 STRUKTURVERLUSTE AN SPEZIELLEN GESICHTS- BZW. KOPFAREALEN</b>	<b>239</b>
<b>16.13 SEKUNDÄRE PLASTISCH-CHIRURGISCHE REKONSTRUKTION</b>	<b>240</b>
<b>16.14 PSYCHOTHERAPEUTISCHE BEHANDLUNG</b>	<b>241</b>
<b>16.15 PARTNER IN DER REHABILITATION</b>	<b>242</b>
<b>16.16 ANGEHÖRIGE UND SELBSTHILFEVEREINIGUNGEN</b>	<b>242</b>
<b><u>17 ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE</u></b>	<b><u>251</u></b>
17.1 LEITLINIENKOORDINATOR*IN/ANSPRECHPARTNER*IN	251
17.2 BETEILIGTE FACHGESELLSCHAFTEN UND ORGANISATIONEN	251
17.3 PATIENT*INNEN/BÜGER*INNENBETEILIGUNG	253
17.4 METHODISCHE BEGLEITUNG	253
<b><u>18 INFORMATIONEN ZU DIESER LEITLINIE</u></b>	<b><u>253</u></b>
18.1 METHODISCHE GRUNDLAGEN	253
18.2 SYSTEMATISCHE RECHERCHE, AUSWAHL UND KRITISCHE BEWERTUNG DER EVIDENZ	254
18.3 STRUKTURIERTE KONSENSFINDUNG	254
18.4 EMPFEHLUNGSGRADUIERUNG UND FESTSTELLUNG DER KONSENSSTÄRKE	254

<b>REDAKTIONELLE UNABHÄNGIGKEIT</b>	<b>255</b>
<b>18.5 FINANZIERUNG DER LEITLINIE</b>	<b>255</b>
<b>18.6 DARLEGUNG VON INTERESSEN UND UMGANG MIT INTERESSENKONFLIKTEN</b>	<b>255</b>
<b><u>19 GÜLTIGKEITSDAUER UND AKTUALISIERUNGSVERFAHREN</u></b>	<b><u>256</u></b>
<b><u>20 EINREICHUNG ZUR PUBLIKATION BEI DER AWMF</u></b>	<b><u>256</u></b>
<b><u>21 ANHANG: TABELLE ZUR ERKLÄRUNG VON INTERESSEN UND UMGANG MIT INTERESSENKONFLIKTEN</u></b>	<b><u>257</u></b>
<b>TABELLE ZUR ERKLÄRUNG VON INTERESSEN UND UMGANG MIT INTERESSENKONFLIKTEN</b>	<b>257</b>

## 1 Neue Aspekte der aktualisierten Leitlinie

Die Leitlinie wurde in der Version 8.0 vollständig überarbeitet und neu strukturiert und den Patientenpfaden angepasst. Besonders wichtig war allen Teilnehmern an der Leitlinienarbeit die interdisziplinäre und interprofessionelle Zusammenarbeit herauszustellen und die Sicht der Betroffenen zu berücksichtigen. Alle Hintergrundtexte wurden überarbeitet und dem aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst. Die neue Version enthält erstmals 201 Empfehlungen, die im Rahmen einer strukturierten Konsensfindung erarbeitet wurden.

Die Leitlinie enthält ein eigenes Kapitel zur präklinischen Versorgung, das eine einfache und standardisierte Behandlung von thermisch Verletzten vor einer stationären Aufnahme ermöglicht. Auch das neue Kapitel zum Management von Brandverletzten im Schockraum vermittelt interdisziplinäre und interprofessionelle Aspekte der initialen klinischen Patientenbehandlung.

Die intensivmedizinischen und anästhesiologischen Aspekte der Patientenbehandlung wurden grundsätzlich überarbeitet. Die Leitlinie enthält neue fächerübergreifende Behandlungskonzepte, die in eigenen Kapiteln eingearbeitet sind. So widmet sich das Kapitel zur perioperativen Behandlung von Brandverletzten den spezifischen Besonderheiten, die bei Operationen von Patienten mit ausgedehnten thermischen Verletzungen bedacht und antizipiert werden müssen. Zusätzlich wurde ein besonderes Augenmerk auf die Behandlung und Prävention des Hypermetabolismus von Brandverletzten gelegt, was im Kapitel Ernährung und metabolische Therapie konzentriert abgebildet sind. Die antimikrobielle Therapie und Prophylaxe stellt heute vor dem Hintergrund internationaler Krisen und zunehmender Resistenzentwicklungen eine neue und immer bedeutendere Herausforderung dar, sodass auch dieses Kapitel neu und aktualisiert entsprechende Therapiekonzepte herausstellt.

Die Chirurgischen Kapitel widmen sich ebenfalls Themen der antiinfektiösen Therapie, die sich von der topischen antiseptischen Therapie über das chirurgische Debridement bis hin zur Nekrosektomie erstrecken und jeweils in eigenen Kapiteln dargestellt werden. Modernere Therapeutische Verfahren, wie die Temporisierung der Therapie durch allogene oder alloplastische Materialien, das enzymatische Debridement und die Transplantation von autologen kultivierten Keratinozyten wurden zusätzlich in die Leitlinie integriert. Weiterhin enthält die Leitlinie auch hier aktuelle Aspekte, die sich unter anderem aus aktuellen politischen Entwicklungen ergeben. Hier wurden beispielsweise eigene Kapitel zur „Blast Injury“ und zu „thermomechanischen Kombinationsverletzungen“ erarbeitet.

Die Kapitel zu psychologischen Folgen für Patienten mit thermischen Verletzungen, zur postakuten, stationären und poststationären Rehabilitation und zur Therapie der Verbrennungsfolgen wurden aktualisiert und an moderne Therapiepfade angepasst.

## **2 Geltungsbereich und Zweck**

### **2.1 Zielsetzung und Fragestellung**

Thermische Verletzungen zählen zu den schwersten und mit ihren Folgen auch zu den nachhaltigsten Traumata. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Versorgungsqualität mit qualifizierter, komplexer interdisziplinärer und interprofessioneller Behandlung, die von nationalen und internationalen Fachgesellschaften eindeutig definiert ist. Das Ziel der Leitlinie ist ein Konsens in der Behandlung thermischer Schädigungen der Haut sowie deren systemischer Folgen bei Erwachsenen. Die Leitlinie behandelt die präklinische und klinische Versorgung, die Diagnostik, die Lokalbehandlung und die Therapie der systemischen Verbrennungsfolgen sowie die qualifizierte Nachsorge und Rehabilitation der betroffenen Patientinnen und Patienten. Hier liegt der Fokus auf der interdisziplinären Behandlung der Betroffenen durch alle beteiligten Berufsgruppen, um eine ganzheitliche Therapie zu ermöglichen.

Daher war das Ziel eine Abstimmung der Leitlinie zur Diagnostik und Therapie unter Beteiligung aller an der Diagnostik und Behandlung beteiligten Fachgesellschaften und Verbände mittels Delphi-Verfahren. Die Leitlinie wurde als ausführliche Version mit klarer Gliederung zum Auffinden der individuell entscheidenden (diagnostischen oder operativen) Passagen formuliert.

### **2.2 Versorgungsbereich**

In Deutschland gibt es 19 Zentren für Schwerbrandverletzte Erwachsene (Stand 2024), gemeldet bei der Zentralen Anlaufstelle für die Vermittlung von Krankenhausbetten für Schwerbrandverletzte mit nominell 121 Betten.

### **2.3 Patient\*innenzielgruppe**

Patient\*innenzielgruppe sind thermisch-verletzte Erwachsene ab dem 16. Lebensjahr

### **2.4 Adressaten**

Die Leitlinie richtet sich an Anästhesist\*innen, Intensivmediziner\*innen, Allgemein-, Plastische-, Kinder- und Verbrennungschirurg\*innen, Psychotraumatolog\*innen in Klinik und Praxis, sowie Ergo-, Physiotherapeut\*innen, Orthopädiemechaniker\*innen, Logopäd\*innen, Hygieniker\*innen, Rehabilitationsmedizin\*innen und Patient\*innen mit thermischen Verletzungen im Erwachsenenalter und dient zur Information für Allgemeinärzt\*innen,

Notärzt\*innen, klinischen Psycholog\*innen, Psychotherapeut\*innen, Schmerztherapeut\*innen sowie Pflegenden.

### 3 Vorwort

Thermische Verletzungen des menschlichen Körpers gehören zu den schwersten Traumata, die unzureichend behandelt mit hoher Letalität und im Überlebensfall mit lebenslangen, oft stigmatisierenden Folgen verbunden sind. Nicht nur die großen Wundflächen sind zu versorgen, sondern auch die spezielle Pathophysiologie der Verbrennung muss berücksichtigt und in die Therapie eingebunden werden. Zu fordern ist daher eine hohe Versorgungsqualität durch geschulte interdisziplinäre Teams vom Unfall bis zum Abschluss der Rehabilitation.

Das Ziel der Leitlinie ist ein Konsens der beteiligten Fachgesellschaften in der Behandlung thermischer Schädigungen der Haut bei Erwachsenen.

Diese Leitlinie umfasst die Schritte und Maßnahmen in der Therapie von erwachsenen Brandverletzungen von der präklinischen Erstversorgung, der Einschätzung und Diagnostik, der Intensivtherapie, der Wundbehandlung und rekonstruktiven Chirurgie, der physikalischen Therapie, der Orthopädietechnik sowie der qualifizierten Nachsorge der verletzten Haut bis hin zur psychotherapeutischen Mitbehandlung.

In Deutschland sind 19 Zentren für schwerbrandverletzte Erwachsene (Stand 2023) gemeldet (siehe zentrale Anlaufstelle für die Vermittlung von Krankenhausbetten für Schwerbrandverletzte in Hamburg) und sind auf der Homepage der Deutschen Gesellschaft Verbrennungsmedizin ([www.verbrennungsmedizin.de](http://www.verbrennungsmedizin.de)) mit Kontaktdaten verzeichnet.

Brandwunden stellen eine häufige Verletzung dar. Auch flächenmäßig kleine Verbrennungen können zu einer hypertrophen Narbenbildung führen. Folge ist oft eine lebenslange Stigmatisierung der Betroffenen. Wegen der funktionellen und/oder ästhetischen Defizite sind häufig Korrekturoperationen notwendig. Um ein optimales Therapieziel zu erreichen, ist die Behandlung von thermischen Verletzungen interdisziplinär durch in der Verbrennung erfahrene Behandlungsteams sinnvoll und wird besonders geeignet durch Kliniken

durchgeführt, die eine Expertise in der Behandlung von Verbrennungen und deren Folgen aufweisen und die Therapie anhand der nachfolgenden Leitlinie ausrichten.

## **4 Definition Verbrennung**

Unter Verbrennung versteht man in der Regel eine durch thermische Noxen verursachte Verletzung des Körpers.

Temperaturen über 45°C schädigen den menschlichen Körper durch Denaturierung der intrazellulären Bau- und Funktionseiwieße. Die örtlichen Veränderungen werden im klinischen Bild als Koagulationsnekrosen bezeichnet. Die veränderten molekularen Strukturen wirken toxisch, antigen und immunmodulatorisch. Abhängig von der Temperatur und der Dauer der Exposition kommt es zu einer Schädigung von epidermalen und dermalen Strukturen der Haut und der Hautanhangsgebilde bis hin zu tieferen subdermal gelegenen Strukturen.

Die Schädigung kann durch Flammen, heiße Flüssigkeiten, Dampf beziehungsweise Gase, Festkörper oder Kontaktflächen, Reibung sowie durch die Exposition gegenüber Strahlung (z.B. UV-Strahlung) und elektrischem Strom ausgelöst werden. Auch die Einwirkung chemischer Substanzen wie von Säuren oder Laugen können zu vergleichbaren Schädigungen des Gewebes führen, so dass deren Behandlung ebenso Teil der Verbrennungsmedizin ist.

Sind größere Areale des menschlichen Körpers von einer Verbrennung betroffen, handelt es sich nicht mehr nur um eine primär lokale Verletzung des Organismus. Neben dem Flüssigkeitsverlust über die betroffene Wundfläche kommt es zu einer massiven Ausschüttung von Entzündungsmediatoren aus den verbrannten Körperarealen. Im Rahmen der sogenannten Verbrennungskrankheit kann es zu Kreislaufreaktionen bis hin zum hypovolämen Schock, zu systemischen Entzündungsreaktionen im Sinne eines SIRS und im weiteren Verlauf zur Sepsis sowie zum Versagen ganzer Organsysteme kommen.

Die Mortalität, die funktionellen und ästhetischen Ergebnisse sowie die zu erreichende Lebensqualität und Teilhabe am beruflichen und privaten Leben nach einer Verbrennungsverletzung werden neben der Tiefe, der Lokalisation und dem Ausmaß der

Verbrennung wesentlich durch die Akut- und Langzeitversorgung sowie durch früheste Rehabilitationsmaßnahmen geprägt.

## 5 Epidemiologie

Die Inzidenz von Verbrennungen beträgt bei den leichten Verletzungen 600/100.000 Einwohner pro Jahr. Schwere Verbrennungen finden sich dagegen bei nur bei 2/100.000 Einwohnern und damit wesentlich seltener. (Register der DGV)

Laut den ausgewerteten Daten des InEK wurden in 2021 2359 Fälle mit drittgradigen Verbrennungen von Kliniken codiert, was 2,8 Fällen / 100.000 Einwohnern entspricht.

Zusammen mit den 3947 Fällen mit 2b gradigen codierten Verbrennungen kommt es zu einer Inzidenz von 7,5/ 100.000 Einwohner, die sich in stationärer Behandlung befanden.

Von Bedeutung ist aber auch die Tatsache, dass im Jahr 2018 laut vom Statistischen Bundesamt ausgewerteten Qualitätsberichten der Kliniken 2711 Fälle mit Hauptdiagnose drittgradige Verbrennung in 708 verschiedenen Krankenhäusern und 3912 Fälle mit tiefzweitgradigen Brandwunden in 558 Krankenhäusern bundesweit behandelt wurden.

Eine Vielzahl von Behandlungen findet damit außerhalb der Brandverletzten Zentren statt. Dies zeigt nochmals allzu deutlich, dass eine der Leitlinie gerechte Versorgung der Bevölkerung zu fordern ist.

Hauptursache von Verbrennungen sind in 52 % direkte Flammeneinwirkung, gefolgt von Verbrühungen 23 %, Explosionen 6 %, Kontaktverbrennungen 5 %, Stromunfälle 4 % sowie 4 % verschiedener Entitäten.

Das männliche Geschlecht ist mit einem Anteil von 71 % deutlich häufiger betroffen als das weibliche Geschlecht mit 29 %.

Die meisten Unfälle ereignen sich mit 64 % in der Häuslichkeit gefolgt von 21,4 % Arbeitsunfällen. Verkehrsunfälle mit 1,8 % und die Folge krimineller Handlungen mit 1,1 % rangieren dabei deutlich hinter der Zahl der Suizide von 5,2 %. (Register der DGV)

## 6 Beurteilung der Verbrennung

### 6.1 Die Prognose eines Brandverletzten

*Frage: Sollte die Prognose von Brandverletzten anhand eines standardisierten Scoring-Systems erfasst werden?*

<b>Empfehlung 1</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Basierend auf der die etablierten Scores vergleichenden Literatur, der hohen Akzeptanz und Penetranz des ABSI Scores in Deutschland sowie seiner nicht unterlegenen Validität im Vergleich zu anderen Scoring-Systemen, sollte, auch im Sinne einer Strukturgleichzeit der Daten im Verbrennungsregister der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV), der ABSI Score zur Einschätzung der Prognose brandverletzter Patienten weiterhin vorzugsweise verwendet werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Prognose hinsichtlich der Letalität brandverletzter Patient\*innen hängt im Wesentlichen von drei Parametern ab:

#### a) Ausmaß / Tiefe der Verbrennung und Begleitverletzungen

Das Ausmaß umfasst die gesamte betroffene Körperoberfläche in Prozent, Einzelflächen werden ggf. zur Gesamtsumme addiert. Die Verbrennungstiefe ist für die weitere Versorgung und Notwendigkeit chirurgischer Maßnahmen entscheidend. Die Präzision der klinischen Einschätzung und daraus folgenden Angaben ist nicht sehr hoch, eine Überschätzung häufiger als eine Unterschätzung (Harish 2015, Brekke 2022). Technische Hilfsmittel können zu einer objektivierbaren Abschätzung des Ausmaßes der verbrannten Körperoberfläche (Retrouvey 2018, Chong 2020) und der Tiefe der Verbrennung beitragen (Hop 2016).

#### b) Komorbiditäten des Patienten

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung, die auch das Patientenkollektiv in der Verbrennungsmedizin erreicht hat, treten Begleiterkrankungen als wichtige mitbestimmende Parameter in den Vordergrund und müssen Beachtung finden (Menke 2016).

#### c) Qualität der Medizinischen Versorgung

Die Letalität konnte in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert werden. Dennoch ist diese nach schweren Brandverletzungen immer noch sehr hoch. Dies gilt insbesondere für sozial schwächere Länder, in denen sich die meisten Todesfälle nach Brandverletzungen ereignen – dies sowohl aufgrund der höheren Prävalenz von schweren Brandverletzungen, insbesondere mit offenen Flammen, als auch der niedrigeren Qualität der medizinischen Versorgung (WHO 2018).

### 6.2 Mortalitäts-/Prognoseeinschätzung unter Verwendung von Scoring-Systemen

Um anhand statistischer Modelle die subjektive Prognoseeinschätzung der Mortalität zu präzisieren, wurden verschiedene Risikoscores entwickelt (Tab. 1). Eine präzise, valide Bewertung könnte auch zu einer genaueren Einschätzung des Bedarfs der notwendigen Ressourcen beitragen und stellt eine wertvolle Hilfe für den Kliniker dar. Die genannten Scores berücksichtigen fast ausschließlich die Verbrennungsverletzung, das Lebensalter und eventuell vorhandene Inhalationstraumata als relevante Parameter. Lediglich der APACHE II schließt in seine Beurteilung den akuten physiologischen Zustand, das Lebensalter und Begleiterkrankungen ein, lässt aber die Verbrennungsverletzung außer Acht (Wong und Knaus, 1991). Der FLAMES ergänzt die drei Parameter Verbrennungsverletzung, Alter und Geschlecht um den APACHE II (Gomez et al., 2008). Kritisch anzumerken ist hierbei, dass das Lebensalter per se in vielen Untersuchungen an chirurgischen Patienten keinen unabhängigen Risikofaktor darstellte, während es bei der Beurteilung der Mortalität von intensivpflichtigen Patienten durchaus einen unabhängigen Risikofaktor, insbes. auch bei Verbrennungspatienten darstellt (Obied 2022). Vor allem der ABSI Score hat in den letzten vier Jahrzehnten weite Verbreitung gefunden und stellt aufgrund seiner Validität in den USA und

Europa den am häufigsten angewandten und etabliertesten Score dar (Forster 2011). Die Validität des ABSI wurde auch auf nationaler Ebene mit Daten aus dem Deutschen Verbrennungsregister überprüft und konnte bestätigt werden (Bartels 2020). In Ländern insbesondere Ostasiens, wie z.B. China und Japan werden hingegen bevorzugt andere Scores angewandt, deren Validität nach Datenlage jedoch nicht als überlegen einzuschätzen ist. Vergleichende Untersuchungen konnten im Ergebnis keine eindeutige Überlegenheit eines der untersuchten Scores gegenüber den anderen nachweisen, wobei je nach Studie der BOBI Score, der revidierte Baux-Score oder der FLAMES-Score besser bzgl. ihrer Akkuratheit bzw. ihres prädiktiven Wertes bzgl. der Mortalität abschnitten als der z.B. der in Deutschland am weitesten verbreitete ABSI Score (Halgas 2018, Hassan 2021).

**Tabelle 1**

Scores zur Einschätzung des Mortalitätsrisikos

Score (Erstbeschreiber)	Parameter <sub>1</sub>	Land	Publikationsjahr
ABSI (Tobiasen et al.)	Alter, Geschlecht, % KOF <sub>2</sub> , IHT <sub>3</sub> , Verbrennung III°	USA	1982
APACHE II (Wong et al)	Akuter physiolog. Score, Alter, Begleiterkrankung	USA	1981, 1985
Revised Baux (Osler et al)	Alter, % KOF, IHT	USA	2010
BOBI (Blot for the BOBI study group)	Alter, % KOF, IHT	Belgien	2009
FLAMES (Gomez et al)	% KOF, Geschlecht, APACHE II Score	USA	2008
Ryan (Ryan et al)	Alter, % KOF, IHT	USA	1998

1 aufgeführte Parameter, z. T. unterschiedliche Gewichtungen

2 KOF Körperoberfläche

3 IHT Inhalationstrauma

*ABSI (Abbreviated Burn Severity Index)*

Der ABSI („Boston-Score“) wurde bereits 1982 von Tobiasen publiziert und ermittelt die wahrscheinliche Überlebensrate nach einer Verbrennungsverletzung basierend auf 5 Parametern (Tabelle 2) (Tobiasen 1982). Er berücksichtigt hierbei das Geschlecht, das Lebensalter, die prozentuale verbrannte Körperoberfläche, das Vorliegen eines Inhalationstraumas und Verbrennungen dritten Grades. Diese Parameter werden mit unterschiedlichen Punkten belegt; aus der Gesamtzahl ergibt sich die geschätzte Überlebensrate. Kritisch anzumerken ist die fehlende Einheitlichkeit der Definition der verwendeten Parameter, vor allem der Wertung „Inhalationstrauma“. Fehlende Berücksichtigung eines Inhalationstraumas führt zu einer Unterschätzung des Letalitätsrisikos, wie in einer vergleichenden Untersuchung aller o.g. sechs Risikoscores gezeigt werden konnte, wobei in dieser Arbeit an einer vergleichsweise kleinen Kohorte von 238 Verbrennungspatienten der ABSI Score die präziseste Vorhersage der Letalität zeigte (Salehi 2017).

Tabelle 2

ABSI Score (Abbreviated Burn Severity Index)

		Punkte
Geschlecht	Männlich	0
	Weiblich	1
Alter (Jahre)	0-20	1
	21-40	2
	41-60	3
	61-80	4
	81-100	5
Inhalationstrauma		1
Drittgradige Verbrennung		1
Verbrannte Körperoberfläche (%)	1-10	1
	11-20	2
	21-30	3
	31-40	4
	41-50	5
	51-60	6

	61-70	7
	71-80	8
	81-90	9
	91-100	10
Summe		

## Outcome

Punkte	Prognose	Überlebensrate (%)
2-3	gut	> 99
4-5	mäßig	90-99
6-7	mäßig-ernst	80-90
8-9	ernst	50-70
10-11	schlecht	20-40
12-18	sehr schlecht	< 10

## Literatur

Bartels P, Thamm OC, Elrod J, Fuchs P, Reinshagen K, German Burn Registry, Koenigs I. The ABSI is dead, long live the ABSI - reliable prediction of survival in burns with a modified Abbreviated Burn Severity Index. Burns. 2020 Sep;46(6):1272-1279.

Blot S. Development and validation of a model for prediction of mortality in patients with acute burn injury: The Belgian Outcome in Burn Injury Study Group. Br J Surg. 2009 Jan;96(1):111-7.

Brekke RL, Almeland SK, Hufthammer KO, Hansson E. Agreement of clinical assessment of burn size and burn depth between referring hospitals and burn centres: A systematic review. Burns. 2022 May 17:S0305-4179(22)00115-2.

Chong HP, Quinn L, Jeeves A, Cooksey R, Lodge M, Carney B, Molony D. A comparison study of methods for estimation of a burn surface area: Lund and Browder, e-burn and Mersey Burns. Burns. 2020 Mar;46(2):483-489.

Forster NA, Zingg M, Haile SR, Künzi W, Giovanoli P, Guggenheim M. 30 years later--does the ABSI need revision? *Burns*. 2011 Sep;37(6):958-63.

Gomez M, Wong DT, Stewart TE, Redelmeier DA, Fish JS. The FLAMES score accurately predicts mortality risk in burn patients. *J Trauma Acute Care Surg*. 2008;65(3):636–645.

Halgas B, Bay C, Foster K. A comparison of injury scoring systems in predicting burn mortality. *Ann Burns Fire Disasters*. 2018 Jun 30;31(2):89-93

Hassan Z, Burhamah W, Alabdulmuhsen S, Al Saffar A, Oroszlányová M, Aziz H. The analysis and accuracy of mortality prediction scores in burn patients admitted to the intensive care burn unit (ICBU). *Ann Med Surg (Lond)*. 2021 Apr 2;65:102249.

Harish V, Raymond AP, Issler AC, Lajevardi SS, Chang LY, Maitz PK, Kennedy P. Accuracy of burn size estimation in patients transferred to adult Burn Units in Sydney, Australia: an audit of 698 patients. *Burns*. 2015 Feb;41(1):91-9.

Hop MJ, Stekelenburg CM, Hiddingh J, Kuipers HC, Middelkoop E, Nieuwenhuis MK, Polinder S, van Baar ME; LDI Study Group. Cost-Effectiveness of Laser Doppler Imaging in Burn Care in The Netherlands: A Randomized Controlled Trial. *Plast Reconstr Surg*. 2016 Jan;137(1):166e-176e.

Obed D, Salim M, Dastagir N, Knoedler S, Dastagir K, Panayi AC, Vogt PM. Comparative Analysis of Composite Mortality Prediction Scores in Intensive Care Burn Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Sep 28;19(19):12321.

Osler T, Glance LG, Hosmer DW. Simplified estimates of the probability of death after burn injuries: extending and updating the Baux score. *J Trauma Acute Care Surg*. 2010;68(3):690–697.

Retrouvey H, Chan J, Shahrokhi S. Comparison of two-dimensional methods versus three-dimensional scanning systems in the assessment of total body surface area estimation in burn patients. *Burns*. 2018 Feb;44(1):195-200

Ryan CM, Schoenfeld DA, Thorpe PW, Sheridan RL et al.: Objective estimates of the probability of death from burn injuries. *N Engl J Med* (1998) 3338: 362-366.

Salehi SH, As'adi K, Abbaszadeh-Kasbi A, Isfeedvajani MS, Khodaei N. Comparison of six outcome prediction models in an adult burn population in a developing country. Ann Burns Fire Disasters. 2017 Mar 31;30(1):13-17.

Tobiasen J, Hiebert JM, Edlich RF. The abbreviated burn severity index. Ann Emerg Med. 1982;11

WHO. Burns. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>

Wong DT, Knaus WA. Predicting outcome in critical care: the current status of the APACHE prognostic scoring system. Can J Anaesth (1991) 38: 374-83.

## 7 Lokale Einschätzung thermischer Verletzungen

Frage: Wie sollte die Erst- und Verlaufsbeurteilung von Brandverletzten erfolgt?

<b>Empfehlung 2</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b><i>Unabhängig von der Brandverletzung soll der Patient bei entsprechendem oder unklarem Verletzungsmechanismus einer allgemeinen Traumadiagnostik unterzogen werden. Die Reinigung und Palpation der Wunden soll unter sterilen Kautelen erfolgen, um eine Fremdkontamination zu vermeiden. Weiterhin soll bei der Beurteilung eine Auskühlung des Verletzten unbedingt vermieden werden.</i></b></p> <p><b><i>Da apparative Techniken noch nicht ubiquitär verfügbar und damit anwendbar sind, sollte unter Berücksichtigung, v. a. in der präklinischen Ersteinschätzung, die Neuner-Regel angewandt und im weiteren Verlauf bei der genaueren klinischen Evaluation die Tabelle nach Lund und Bowder sowie eine standardisierte (schematische) Lokalisations-Einzeichnung zur Anwendung kommen.</i></b></p>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

### 7.1 Voraussetzungen für valide Ersteinschätzung

Dem Auskühlen der Patient\*innen kann durch Anheben der Umgebungstemperatur und konsequente Abdeckung des Körpers begegnet werden. Dabei wird die Anamnese auch bei Schwerbrandverletzten als Eigenanamnese alternativ als Fremdanamnese erhoben. Die spezifische Anamnese beinhaltet den Mechanismus (Flamme, Explosion, Stromunfall, Kontakt, chemisches Agens), den Ort (offener/ geschlossener Raum), die Expositionsdauer, und den Grund (Suizid, Fremdeinwirkung, epileptischer Anfall etc.) des Traumas.

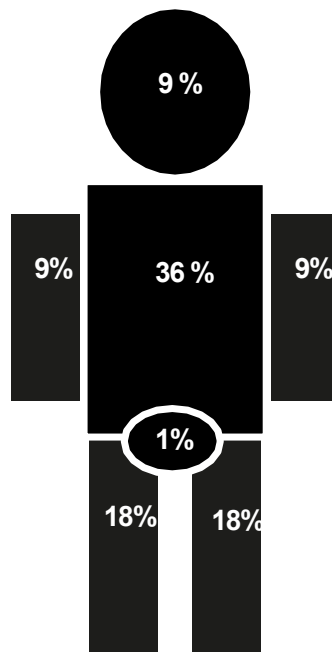
### 7.2 Beurteilung der verbrannten Körperoberfläche (VKOF)

Es existieren verschiedene klinische, nicht-apparative Methoden zur Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche (VKOF). Die Neuner-Regel nach Wallace ist weiterhin die am weitesten verbreitete Methode zur Ersteinschätzung, die bei korrekter Anwendung einen

relativ präzisen Wert der VKOF (das Erythem, also die Verbrennung 1. Grades, wird hierbei nicht zur VKOF gerechnet) liefert. Die Korrelation der initial, insbesondere in der präklinischen Situation, mit der Neuner-Regel geschätzten VKOF ist hierbei umso höher, je größer das Ausmaß der VKOF und je größer die Erfahrung des Untersuchers ist. Die Präzision der mittels der Neuner-Regel ermittelten VKOF nimmt zudem mit zunehmender Adipositas ab, d.h. bei stark adipösen (WHO Grad III) Patienten nähern sich die Werte den folgenden Anteilen VKOF an: 45-50 % Rumpf, 13-15 % pro Bein, 6-7 % pro Arm und 5-6 % Kopf (Livingston 2000, Neaman 2011, Williams 2013). Bei weniger umfangreichen Flächen (unter 15 % der Körperoberfläche) oder fleckig verteilten Verbrennungen ist die Bemessung der VKOF mit der Handflächenregel präziser. Hierbei umfasst die Fläche der Hand inklusive der Finger des Patienten ca. ein Prozent seiner Körperoberfläche. Bei einer sehr hohen VKOF kann so auch die nicht verbrannte Fläche bestimmt und von 100 % abgezogen werden. Zur genaueren Bestimmung und Dokumentation der VKOF sollte die Tabelle nach Lund und Browder (Tabelle 3) verwendet werden. Hierbei werden die einzelnen Körperabschnitte noch unterteilt. Weiterhin wird das Alter des Patienten (Kinder und Jugendliche) und die damit einhergehende Verschiebung der Körperproportionen berücksichtigt. Zukünftig könnten apparative Diagnostiken wie insbes. die fotografischen 3D-Scanner, insbesondere in Kombination mit einer entsprechend intelligenten Bildauswertungssoftware (KI) eine schnelle, objektive, reproduzierbare und präzisere Beurteilung des Ausmaßes der VKOF liefern. Bis dahin ist eine konventionelle Fotodokumentation zur Aufnahmebefundssicherung und Verlaufsdokumentation hilfreich.

Darüber hinaus hat sich neben der quantitativen Erfassung der VKOF auch eine graphische Dokumentation der thermisch verletzten Areale etabliert. Diese kann softwarebasiert und unter Berücksichtigung der Dreidimensionalität erfolgen oder alternativ ist eine händische, schematische Einzeichnung der thermisch verletzten Areale auf einem entsprechenden Standardvordruck im Rahmen der Aufnahmebefund-Erhebung möglich. Wird diese gemeinsam mit der Fotodokumentation als Bestandteil der Patientenakte geführt, wird (und wegen der remote-Zugänglichkeit idealerweise digital) allen an der Behandlung des Brandverletzten Beteiligten eine Einsicht ermöglicht, die zahlreiche therapeutische Entscheidungen beeinflussen kann.

**Abbildung 1** Neuner-Regel nach Wallace: Die oberen Extremitäten und der Kopf (mit Hals) umfassen jeweils 9 %, der komplette Rumpf bildet  $4 \times 9 = 36$  %, die unteren Extremitäten jeweils  $2 \times 9 = 18$  % und das Genitale 1 % der Körperoberfläche.



**Tabelle 3**

Lund and Browder-Tabelle (aus dem „Ergänzungsbericht schwere Verbrennungen“, F1008, DGUV <http://www.dguv.de/formtexte/%C3%84rzte/index.jsp>)

	1Jahr	1-4 Jahre	5-9 Jahre	10-14 Jahre	15 Jahre	Erwachsene	2a°	2b°	3°	4°
Kopf	19	17	13	11	9	7				
Hals	2	2	2	2	2	2				
Rumpf (vorn)	13	13	13	13	13	13				
Rumpf (hinten)	13	13	13	13	13	13				
Rechte Gesäßhälfte	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½				
Linke Gesäßhälfte	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½				
Genitalien	1	1	1	1	1	1				
Rechter Oberarm	4	4	4	4	4	4				
Linker Oberarm	4	4	4	4	4	4				
Rechter Unterarm	3	3	3	3	3	3				
Linker Unterarm	3	3	3	3	3	3				
Rechte Hand	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½				
Linke Hand	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½				
Rechter Oberschenkel	5 ½	6 ½	8	8 ½	9	9 ½				
Linker Oberschenkel	5 ½	6 ½	8	8 ½	9	9 ½				
Rechter Unterschenkel	5	5	5 ½	6	6 ½	7				
Linker Unterschenkel	5	5	5 ½	6	6 ½	7				
Rechter Fuß	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½				
Linker Fuß	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½	3 ½				
Summe:										
Gesamtverbrennung										

\*) das Ausmaß und der Schweregrad der Verbrennung wird in die entsprechende Spalte eingetragen

### 7.3 Beurteilung der Verbrennungstiefe

#### *Klinische Beurteilung*

Die Ausdehnung einer thermischen Verletzung in die Tiefe der Haut wird durch die Verbrennungsgrade beschrieben. Die definitive Beurteilung der Verbrennungstiefe anhand des Wundgrundes ist erst dann möglich, wenn die entstandenen Hautblasen abgetragen und die Reinigung der Wunde von Schmutz (Ruß etc.) erfolgt ist (s. Kapitel 10.3). Für die klinische Beurteilung der Wunden ist dann eine in der Verbrennungschirurgie erfahrene Ärzt\*in notwendig. Dabei werden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Eigenschaften geprüft.

**Tabelle 4**

Klassifikation der Verbrennungstiefe

Grad der Verbrennung	Betroffene Hautschichten	Klinisches Bild
1	Epidermis	Rötung, starker Schmerz, wie Sonnenbrand
2a	Oberflächige Dermis	Blasenbildung, Wundgrund rosig und rekapillarisierend, starker Schmerz, Haare fest verankert
2b	Tiefe Dermis (mit Hautanhangsgebilden)	Blasenbildung, Wundgrund blasser und nicht oder schwach rekapillarisierend, reduzierter Schmerz, Haare leicht zu entfernen
3	Komplette Dermis	Trockener, weißer, lederartig harter Wundgrund, keine Schmerzen, keine Haare mehr vorhanden
4	Unterhautfettgewebe, Muskelfaszie, Muskeln, Knochen	Verkohlung

Die Verbrennungen ersten, dritten und vierten Grades sind anhand der klinischen Beurteilung einfach zu differenzieren. Die Verbrennung zweiten Grades, im Übergang von oberflächlicher (2a) zu tiefer dermaler (2b) Verletzung, ist v. a. zu frühen Zeitpunkten oftmals schwierig. Da jedoch die Implikationen bzgl. der weiteren Therapie, insbesondere in Hinsicht auf die Operationsbedürftigkeit, weitreichend sind, kommt ihrer Differenzierung eine große Bedeutung zu. Verbrennungen zweiten Grades, welche innerhalb von 2 Wochen abheilen, haben ein geringes Risiko für die Entwicklung einer hypertrophen Narbe. Braucht eine Wunde mehr als 3 Wochen zur Heilung, ist dieses Risiko stark erhöht (Bombaro 2003). Die klinische Beurteilung der Spontanheilungsprognose, auch durch den erfahrenen Verbrennungschirurgen, hat sich hierbei nur in 2/3 der Fälle als exakt erwiesen (Monstrey 2008), so dass verschiedene klinische und ergänzende apparativ-diagnostischen Methoden entwickelt wurden. Gerade bei Mischformen 2.-gradiger Verbrennungen wird die Beurteilbarkeit bezüglich einer chirurgischen Interventionsnotwendigkeit mit der Zeit einfacher und die Grenzen werden „schärfer“. Wenn es der Gesamtzustand des Patienten und das Verbrennungsausmaß es erlauben, wird daher in vielen Zentren zunächst bis zu 7 Tagen eine „Demarkation“ abgewartet (s. hierzu auch Kapitel 10.4).

### 7.3.1 Apparative Beurteilung

*Frage: Welche Rolle spielt die apparative Diagnostik zur Beurteilung der Verbrennungstiefe?*

<b>Empfehlung 3</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Soweit verfügbar sollte die Verwendung der Laser-Doppler-Imaging-Technik (LDI) bei Verbrennungen unbestimmter Tiefe zur ergänzenden apparativen Diagnostik in Erwägung gezogen werden, um eine frühzeitige, valide Entscheidung zwischen 2a- und 2b-gradig verbrannten Arealen zu ermöglichen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

In der Vergangenheit wurden eine Reihe von Techniken entwickelt und evaluiert, welche die o. g. diagnostische Lücke schließen sollten, u. a. die Polarisations-sensitive optische Kohärenztomographie (PS-OCT) (Pierce 2004), die (Dynamische-)Infrarot-Thermographie, das Hyperspektral-Imaging (HI) (Promny 2022), die Indocyanin-Grün Videoangiographie

(McUmbert 2019), oder die Laser-Doppler-Imaging-Technik (LDI) (Jan 2018). All diese Methoden konnten sich trotz teils vielversprechender Ergebnisse aus verschiedenen Gründen in der breiten klinischen Anwendung bisher nicht ubiquitär durchsetzen. Unter den bisher durchgeführten Studien zu allen o. g. Methoden existiert lediglich eine einzige prospektive, randomisiert-kontrollierte Studie: für die hier untersuchte Laser-Doppler-Imaging-Technik (LDI) wurde, gemessen zwischen 48 Stunden und 5 Tagen posttraumatisch, mit 95% eine sehr hohe diagnostische Genauigkeit bei der Unterscheidung von 2a versus 2b – gradig verbrannten Arealen festgestellt (Hop 2016). Während der allgemeine therapeutische und ökonomische Nutzen sowohl dieser als auch insbesondere der anderen aufgeführten apparativ-diagnostischen Methoden bisher nicht abschließend geklärt ist, konnte zumindest für einen Teil der in der o. g. Studie untersuchten Patientengruppe eine signifikant verkürzte Heilungsdauer - bedingt durch eine signifikant frühere, bzw. schnellere Entscheidungsfindung – nachgewiesen werden.

### **7.3.2 Histologie**

Eine histologische Bestimmung der Verbrennungstiefe durch Hautbiopsie ist in der klinischen Routine nicht etabliert sondern ist gezielten oder wissenschaftlichen Fragestellungen vorbehalten. Dies ist bei chirurgisch behandelten Wunden oder bei unklarer Ätiologie der Hautläsionen, wie bei bestimmten exfoliativen oder blasenbildenden Erkrankungen der Haut (toxische epidermale Nekrolyse etc.), die ähnlich einer blasenbildenden, 2a-gradigen thermischen Verletzung der Haut imponieren können, möglich.

### **7.3.3 Fotodokumentation**

Aus forensischen Gründen und zur Dokumentation ist eine ausführliche Fotodokumentation üblich, wobei hierbei die geltenden Bestimmungen zum Datenschutz (u.a. die europäische Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO)) und zur Informationssicherheit zu beachten sind.

## Literatur:

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI e.V.). S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung. Verfügbar unter: <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/040-012.html> (Zugriff am 30.11.2022)

Hop MJ, Stekelenburg CM, Hiddingh J, Kuipers HC, Middelkoop E, Nieuwenhuis MK, Polinder S, van Baar ME; LDI Study Group. Cost-Effectiveness of Laser Doppler Imaging in Burn Care in The Netherlands: A Randomized Controlled Trial. *Plast Reconstr Surg*. 2016 Jan;137(1):166e-176e

Jan SN, Khan FA, Bashir MM, Nasir M, Ansari HH, Shami HB, Nazir U, Hanif A, Sohail M. Comparison of Laser Doppler Imaging (LDI) and clinical assessment in differentiating between superficial and deep partial thickness burn wounds. *Burns*. 2018 Mar;44(2):405-413.

Livingston EH, Lee S. Percentage of burned body surface area determination in obese and nonobese patients. *J Surg Res*. 2000 Jun 15;91(2):106-10.

McUmber H, Dabek RJ, Bojovic B, Driscoll DN. Burn Depth Analysis Using Indocyanine Green Fluorescence: A Review. *J Burn Care Res*. 2019 Jun 21;40(4):513-516

Neaman KC, Andres LA, McClure AM, Burton ME, Kemmeter PR, Ford RD. A new method for estimation of involved BSAs for obese and normal-weight patients with burn injury. *J Burn Care Res*. 2011 May-Jun;32(3):421-8.

Pierce MC, Sheridan RL, Hyle Park B, Cense B, de Boer JF. Collagen denaturation can be quantified in burned human skin using polarization-sensitive optical coherence tomography. *Burns*. 2004 Sep;30(6):511-7

Promny D, Aich J, Püske T, Marti Edo A, Reichert B, Billner M. Evaluation of hyperspectral imaging as a modern aid in clinical assessment of burn wounds of the upper extremity. *Burns*. 2022 May;48(3):615-622.

Renkielska A, Nowakowski A, Kaczmarek M, Ruminski J. Burn depths evaluation based on active dynamic IR thermal imaging--a preliminary study. *Burns*. 2006 Nov;32(7):867-75.

Williams RY, Wohlgemuth SD. Does the "rule of nines" apply to morbidly obese burn victims? *J Burn Care Res*. 2013 Jul-Aug;34(4):447-52

## 8 Präklinische Erstmaßnahmen

Verbrennungsnotfälle in der Präklinik sind selten. ([Querverweis Kapitel 3 Epidemiologie](#)) Weniger als 1% aller Notarzteinsätze beinhalten das Stichwort „Verbrennung“. (Trupkovic 2008) Einsätze mit schweren Verbrennungen sind dementsprechend noch seltener.

### 8.1 Allgemein

*Frage: Wie sollen Rettungskräfte bei Schwerbrandverletzten vorgehen?*

<b>Empfehlung 4</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Traumapatient*innen sollen unabhängig der Entität Ihrer Verletzung unter Beachtung des Eigenschutzes strukturiert untersucht und behandelt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 5</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei schwerbrandverletzten Patient*innen sollten weitere potentielle Verletzungen antizipiert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Verbrennungen sind traumatische Verletzungen. In den Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie wird jede\*r Schwerbrandverletzte primär als (poly)traumatisiert angesehen und entsprechend behandelt (DGOU 2022, Mlcak 2018). Um alles Notwendige zu adressieren und keine weiteren (lebensbedrohlichen) offensichtlichen oder versteckten Verletzungen zu übersehen wird ein strukturiertes Vorgehen entsprechend dem ABCDE-Schema empfohlen (Cancio 2014, EMSB 2021). Dies beinhaltet bei nicht-

kommunikationsfähigen Patient\*innen, sei es aufgrund Bewusstlosigkeit, Intubation, akuter Psychose oder unter dem Einfluss von Drogen und Alkohol die Antizipation weiterer potentieller Verletzungen. Etwa 7 % der Verletzungen von Polytraumapatient\*innen werden präklinisch übersehen (Tammelin 2016) und erst im weiteren stationären Verlauf festgestellt. Obwohl für Patient\*innen mit Verbrennungstrauma entsprechende systematische fehlen wird dennoch empfohlen, bereits präklinisch aktiv nach Begleitverletzungen zu suchen. Begleitende Verletzungen kommen insbesondere bei Traumen durch Starkstrom, Lichtbogen und Explosionen vor (Arnoldo 2004).

<i>Empfehlung 6</i>	<i>Stand 2024,</i> <i>NEU</i>
<b>Telemedizin kann erweiterte Expertise für die Versorgung von Schwerbrandverletzten in die Präklinik bringen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Vor allem in ländlichen Regionen kann es aufgrund von weiten Transportwegen, aufgrund des Wetters oder aufgrund infrastruktureller Besonderheiten unmöglich sein, Verletzte primär in ein Schwerbrandverletztzentrum zu transportieren (Cassiday 2015). Um Verletzten dennoch die bestmögliche Therapie zukommen zu lassen, kann z.B. ein Tele-Notarzt-System weitere fachliche Expertise vor Ort bringen (Eder 2018, Korwark 2023). Die frühe telemedizinische Einbindung eines Schwerbrandverletztzentrums kann die Entscheidungsfindung bezüglich weiterer Maßnahmen und geeigneter Zielklinik unterstützen, indem ein Verbrennungsexperte virtuell hinzugezogen werden kann (Cassiday 2015).

## 8.2 (A) – Airway (Freimachen / Freihalten der Atemwege)

Frage: Was soll bei der Beurteilung des Atemwegs bei Patient\*innen mit thermischem Trauma berücksichtigt werden?

<b>Empfehlung 7</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Neben den allgemein gültigen Leitlinien zur Beurteilung des Atemwegs sowie des Atemwegsmanagements bei Polytrauma oder prähospitalen Notfallpatienten sollen Einsatzkräfte ein besonderes Augenmerk auf z.B. einen inspiratorischen Stridor, enorale, laryngeale sowie zirkuläre Verbrennungen des Halses haben.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Alle Traumapatient\*innen können einen kompromittierten Atemweg aufweisen. Gemäß der S3-Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-023>) sollte in Situationen eines gefährdeten Atemwegs die Atemwegssicherung erfolgen (DGOU 2022). Dabei sind die Leitlinien zur Beurteilung des Atemwegs und zur Atemwegssicherung zu berücksichtigen (DGAI 2019, DGAI 2017a, DGOU 2022, DGP 2022). Es wird empfohlen, bei Verletzungen, die durch Verbrennungen verursacht wurden, auf einen inspiratorischen Stridor als Zeichen einer laryngealen thermischen Verletzung sowie auf sichtbare enorale, laryngeale und zirkuläre Verbrennungen des Halses als direkte Folge einer thermischen Einwirkung zu achten (Badulak 2018).

Frage: Gibt es verbrennungsspezifische Kriterien für eine Sicherung des Atemwegs?

<b>Empfehlung 8</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Bei Anzeichen eines möglicherweise gefährdeten Atemwegs kann aufgrund einsatztaktischer Überlegungen eine frühzeitige Atemwegssicherung erwogen werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Atemwegsgefährdung durch Verbrennungsverletzung ist aufgrund der sich ausbildenden Ödeme ein dynamischer Prozess, der im Laufe des Transports und der Erstbehandlung zunehmen kann. In taktischen Einsatzlagen oder aufgrund von Transportarten mit reduzierter Reevaluations- und Interventionsmöglichkeit kann eine frühzeitige Atemwegssicherung erwogen werden (Atiyeh 2010, Bartholomeusz 2001, Garner 2005, Kauvar 2006, Walker 2015, White 2008, Wolf 2006).

*Frage: Hängt die Indikation zur Intubation von der Erfahrung des Notarztes im Atemwegsmanagement und der Tracheotomie ab? Welche Hilfsmittel zur Intubation sollten genutzt werden?*

<b>Empfehlung 9</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Aspekte der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ sollen auch bei Schwerbrandverletzten beachtet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Neben den Indikationen zur Atemwegssicherung werden in der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ auch spezifische Soll-Empfehlungen genannt (DGAI 2019), die bei Schwerbrandverletzten Anwendung finden sollen.

Das thermische Trauma durch Brandgase ist üblicherweise eine Verletzung der oberen Atemwege. Das thermische Trauma durch heiße Dämpfe/ Wasserdampf kann auch die unteren Atemwege betreffen. Zusätzlich zu den thermischen Schäden können Rußpartikel zur Verlegung der tieferen Atemwege und Brandgase zu Vergiftungen führen. Intoxikationen, wie die Kohlenmonoxid-Intoxikation, beeinträchtigen den Gasaustausch. Bei Verbrennungsverletzungen ist daher ein besonderes Augenmerk auf die damit assoziierte Atemwegsgefährdung zu legen. Aufgrund des Einatmens heißer Gase kann es zu thermischen Verletzungen enoraler oder laryngealer Strukturen kommen (Badulak 2018). In der Folge können sich als direkte thermische Einwirkung oder aufgrund zirkulärer Halsverbrennungen mit daraus folgender Abflussbehinderung ödematöse Veränderungen ergeben, welche sich

initial eher harmlos als zunehmende Sprachproblematik (Heiserkeit, kloßige Sprache, Schmerzen im Mundbereich) –*enoral*- oder als leichter, beginnender inspiratorischer Stridor –*laryngeal*- zeigen können. In der Folge kann es jedoch zu einer weiteren Ausprägung des Ödems kommen bis hin zur kompletten Atemwegsverlegung. Neben den Aspekten des unmittelbar drohenden Atemwegsverlustes ist auch der sich dynamisch entwickelnde gefährdete Atemweg zu antizipieren. Hier kommen einsatztaktische Überlegungen zum Tragen: Wenngleich größere Verbrennungen per se keine Indikation zur Atemwegssicherung darstellen (Trupkovic 2008), kann zum Beispiel ein längerer Lufttransport ohne Option einer In-Flight-Intubation (Knapp 2021) bei potentiell gefährdetem Atemweg einen Grund für eine definitive Atemwegssicherung (Intubation) darstellen.

Es besteht keine Indikation für eine rein prophylaktische Intubation ohne Vorliegen klarer klassischer oder verbrennungsspezifischer Intubationskriterien. Durch eine kritische Indikationsstellung können ventilatorassoziierte Komplikationen vermieden und das Outcome des Patienten wahrscheinlich verbessert werden (Gille 2016).

*Frage: Was soll bei Patient\*innen mit Rauchgasintoxikation berücksichtigt werden? Gibt es rauchgasspezifische Kriterien für die Sicherung des Atemweges?*

<b>Empfehlung 10</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ein Inhalationstrauma sollte aufgrund des Unfallhergangs antizipiert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 11</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Das Vorliegen einer Verbrennung des Gesichtes, versengte Gesichts- und Nasenbehaarung, Ruß im Gesicht oder im Sputum sowie Zeichen der Atemwegsobstruktion (Stridor, Ödem, oropharyngeale Schleimhautschädigung) sollen als Anzeichen eines Inhalationstraumas gewertet werden.</b>	

Konsensstärke: starker Konsens (100%)
---------------------------------------

Klinische Anzeichen und Symptome können frühzeitig vorhanden sein oder sich erst im Verlauf entwickeln (Badulak 2018). Deshalb wird bei Hinweisen auf eine Rauchgasinhalation eine wiederholte Re-Evaluation der/die Patient\*in empfohlen (Dries 2013). Dies gilt insbesondere bei Traumata innerhalb eines geschlossenen Raumes, welche die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines mutmaßlichen Inhalationstraumas erhöhen (Deutsch 2018).

<b>Empfehlung 12</b>	
<b><i>Die Videolaryngoskopie kann neben der direkten Laryngoskopie als Diagnostikum eines Inhalationstraumas angewendet werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Neben den Aspekten des Atemwegsmanagements (Hossfeld 2015) kann die Videolaryngoskopie ebenfalls genutzt werden, um enorale / laryngeale Beteiligungen zu visualisieren (Sikora 2011).

*Frage: Ist die Verbrennungsklinik bei drohendem Atemwegsverlust immer das erste Ziel?*

<b>Empfehlung 13</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Bei präklinisch nicht lösbaren A-Problemen sollte die nächste für das Atemwegsmanagement geeignete Klinik nach Voranmeldung mit Nennung des akuten Problems adressiert werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Präklinische Notfälle unterliegen einer hohen Dynamik. Wenn daher einerseits die Etablierung eines definitiven Atemwegs (Intubation) notwendig und diese andererseits präklinisch erschwert ist, wird unter Ausschöpfung der örtlichen Protokolle eine Atemwegssicherung in der nächst geeigneten Klinik angeraten.

*Frage: Was sind supportive Maßnahmen zum Schutz des Atemweges vor kritischer Ödembildung?*

<b>Empfehlung 14</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Abschwellende Maßnahmen sollen frühzeitig implementiert werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 15</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Zur Vermeidung einer Überinfusion mit Gefahr der Gewebsödembildung soll präklinisch keine formelbasierte Flüssigkeitstherapie erfolgen</i></b>	
Konsensstärke: Konsens (93%)	

Eine frühzeitige Oberkörperhochlagerung von 20 – 45° kann Schwellungen im Bereich der Atemwege reduzieren und möglicherweise die Oxygenierung verbessern. Zusätzlich ist es sinnvoll weitere Maßnahmen zu vermeiden, die eine Atemwegsschwellung begünstigen. Diese sind beispielsweise nicht-zielführende Manipulationen an den Atemwegen und ungezielte Flüssigkeitsgaben (Fahad 2022; s Kapitel 6.4). Entsprechend der vorhandenen Evidenz ist eine Gabe von Kortison nicht sinnvoll (Deutsch 2018).

(B) Breathing and Ventilation – Atmung und ausreichende Ventilation

Frage: Gibt es verbrennungsspezifische / rauchgasspezifische Indikationen für die Beatmung?

<b>Empfehlung 16</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Neben den direkt thermischen Auswirkungen und den Auswirkungen der eingeatmeten Partikel einer Rauchgasinhalation sollen chemische und toxische Effekte evaluiert und frühzeitig behandelt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Indikationen für eine Beatmung gibt es keine weiteren spezifischen Indikationen für eine Beatmung.

Frage: Wie soll die Beatmung bei Inhalationstrauma erfolgen?

<b>Empfehlung 17</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Die Beatmung von Brandverletzten und Patient*innen mit Inhalationstrauma soll als lungenprotektive Beatmung entsprechend den Empfehlungen der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Verschlechterung“ erfolgen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Beatmung soll den aktuellen Empfehlungen zur invasiven Beatmung folgen **(DGA 2017a)**.

Frage: Was ist bezüglich eines Inhalationstraumas (inklusive Inhalationsvergiftung) zu beachten?

Empfehlung 18	Stand 2024, NEU
<b>Bei Verdacht auf eine Kohlenmonoxidvergiftung soll sofort mit einer 100%igen Sauerstoffinsufflation oder -beatmung begonnen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Neben der 100%igen Sauerstoffapplikation empfiehlt die Leitlinie „Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftungen“ (DIVI 2021) eine hyperbare Oxygenierung dann in Erwägung zu ziehen, wenn dadurch die Therapie relevanter Verbrennungs- oder Begleitverletzungen nicht verzögert wird. Zum Erreichen einer möglichst hohen inspiratorischen Sauerstofffraktion stehen Nicht-Rückatmungs-Masken mit hohem Sauerstofffluss, Nicht-Invasive Ventilation (DGP 2022) oder Nasal-High-Flow-Therapie mit 100%iger Sauerstoffzufuhr zur Verfügung.

Die S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung [https://register.awmf.org/assets/guidelines/040-012I\\_S2k\\_Diagnostik-Therapie-Kohlenmonoxidvergiftung\\_2021-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/040-012I_S2k_Diagnostik-Therapie-Kohlenmonoxidvergiftung_2021-11.pdf) verweist darauf, direkte thermische Schädigungen sowie chemische Irritationen der Bronchialschleimhaut und der damit gestörten mukoziliären Clearance durch Ruß sowie systemisch toxische Effekte einschließlich Kohlenmonoxid und Zyanid ([Querverweis Kapitel 9b: CO- und Zyanid-Intoxikation](#)) zu berücksichtigen. Präklinisch sind 8-Wellen-Pulsoxymeter zur Stützung der Verdachtsdiagnose einer CO-Intoxikation geeignet (Roth 2011, Ramponi 2023). Die Diagnose einer Kohlenmonoxidvergiftung basiert auf klinischen Symptomen und stattgehabter Exposition. Ein negativer CO-Hb Nachweis ermöglicht jedoch keinen Ausschluss einer Vergiftung, da der gemessene Anteil im Blut erheblich von der Kohlenmonoxidkonzentration im Gewebe differieren kann (DIVI 2021, Hampson 2012). Entsprechend empfehlen aktuelle Arbeiten bei Verdacht auf CO-Intoxikation auf Ischämiezeichen im EKG und auf klinische Zeichen der akuten Herzinsuffizienz zu achten. Dabei wird die Gabe von Hydroxocobalamin bei hochgradigem Verdacht auf eine

Zyanidvergiftung und gleichzeitig vorliegender persistierender hämodynamischer Instabilität von einigen Arbeitsgruppen angeregt (MacLennan 2015, Kaitlin 2020, Dépret 2019).

<b>Empfehlung 19</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Eine antibiotische Prophylaxe bei Patient*innen mit einem Inhalationstrauma soll nicht durchgeführt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Gabe einer prophylaktischen Antibiotika-Therapie aufgrund eines Inhalationstraumas ist weiterhin Gegenstand von Diskussionen. Bisher konnte kein signifikanter Nutzen festgestellt werden. Die Inzidenz von Lungenentzündungen und Letalität bleiben durch die prophylaktische Gabe von Antibiotika unbeeinflusst (Liodaki 2014).

### 8.3 (C) Circulation and haemorrhage Control – Kreislaufstabilisierung und Blutungskontrolle

*Frage: Wie erfolgt die Volumentherapie und Kreislauftherapie präklinisch?*

<b>Empfehlung 20</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Präklinisch sollte bei Erwachsenen 1000 ml innerhalb der ersten 2 Stunden nach Trauma verabreicht werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zur Vermeidung einer Überinfusion sollte präklinisch eine orientierende Volumenmenge bei Schwerbrandverletzten appliziert werden (Allison 2004). Für Erwachsene entspricht dies etwa 1000 ml innerhalb der ersten zwei Stunden nach Trauma.

<b>Empfehlung 21</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Präklinisch sollen Formeln zur Berechnung der Volumentherapie nicht angewendet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Anwendung formelbasierter Volumenberechnungen ist im präklinischen Setting fehlerbehaftet (Ashworth 2001). In einem Review wurden 7 Studien zur prähospitalen Volumentherapie unter Einschluss von 961 Patienten bewertet. Dabei erwiesen sich Formeln als ungeeignet für eine adäquate Therapie (Alsaqabi und Ahmed 2022). Formel, welche die verbrannte Körperoberfläche und das Gewicht berücksichtigen haben nur dann einen Stellenwert, wenn sich die präklinische Phase verzögert oder eine Erstversorgung außerhalb eines Verbrennungszentrums notwendig ist. (s. Kapitel 4 und 9.1).

<b>Empfehlung 22</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Zur Volumentherapie sollen balancierte, kristalloide Vollelektrolytlösungen eingesetzt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die präklinische Anwendung von kolloidalen Flüssigkeiten bei Verbrennungsverletzungen, die Art der kolloidalen Flüssigkeiten und die Relation kristalloidaler zu kolloidalen Flüssigkeiten bleiben weiterhin kontrovers diskutiert. Zu der Verwendung von kolloidalen Lösungen bei Verbrennungen in der Präklinik gibt es keine eindeutigen Empfehlungen (Cartotto 2017). Neuere Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Verabreichung chloridreicher Lösungen (z.B. Natriumchlorid 0,9 %) bei kritisch kranken Patienten mit einer höheren Inzidenz einer hyperchlorämischen Azidose und einer akuten Nierenschädigung verbunden ist (Soussi 2017).

<b>Empfehlung 23</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Wegen des hohen Risikos Schwerbrandverletzter, eine Hypothermie zu entwickeln, sollen vorgewärmte Flüssigkeitslösungen gegeben werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei Traumapatient\*innen kann Hypothermie unter anderem durch Umwelteinflüsse, iatrogen wie zum Beispiel durch die Verabreichung von nicht erwärmten Infusionslösungen oder durch einen Schock verursacht werden (EMSB 2021, Peng 1999, Singer 2010).

<b>Empfehlung 24</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Bei persistierender Hypotonie trotz ausreichender Volumengabe sollte Noradrenalin in der Präklinik bei Schwerbrandverletzten zur Anwendung kommen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Noradrenalin kann das Herzzeitvolumen durch Vasokonstriktion, Erhöhung des venösen Rückflusses und Stimulation der kardialen Pumpleistung steigern. Die Menge der zu verabreichenden Flüssigkeiten kann dadurch reduziert werden. Hierzu ist jedoch auf ein ausreichendes intravaskuläres Volumen ohne ausgeprägte Hypovolämie zu achten (Soussi 2018).

Frage: Welche iv Zugangswege und bevorzugte Punktionsorte sind empfohlen?

<b>Empfehlung 25</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die intravenösen Zugänge sollten, wenn möglich durch unverbrannte Haut gelegt werden. Es sollten zwei großlumige Venenverweilkanülen gelegt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Während des Transports oder bei Umlagerungen kann es zu akzidenteller Dislokation intravaskulärer Zugänge kommen. Daher sollten prähospital bei Schwerbrandverletzten zwei großlumige intravaskuläre Zugänge etabliert werden. Dies sollte nach Möglichkeit durch unverbrannte Haut erfolgen (EMSB 2021).

<b>Empfehlung 26</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Intraossäre Zugänge sollten frühzeitig bei fehlenden Alternativen erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der Verbrennungsschock ist ein sich innerhalb der ersten Stunden dynamisch entwickelnder Zustand, der durch eine rechtzeitig etablierte differenzierte Volumen- und ggf. Katecholamintherapie abgemildert werden kann (Soussi 2018). Um die Therapie zeitnah beginnen zu können, sollte bei fehlenden Alternativen frühzeitig der intraossäre Zugang erwogen werden (DGAI 2017b).

#### 8.4 (D) Disability – Neurologischer Status

Frage: Soll eine neurologische Untersuchung bei Brandverletzten erfolgen?

<b>Empfehlung 27</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Eine orientierende neurologische Untersuchung soll bei Brandverletzten erfolgen, um periphere und zentrale Nervenschädigungen zu erfassen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Neben der Beurteilung beider Pupillen und aller vier Extremitäten wird eine Einschätzung der kognitiven Wachheit nach AVPU-Schema oder nach Glasgow Coma Scale vorgenommen (EMSB 2021). Beeinträchtigungen können vorbestehend sein, sie können aber auch aufgrund des Unfallmechanismus, (medikamentöser/drogeninduzierter/toxischer) Vergiftung oder akuter innerer Ursache entstanden sein. Dies gilt insbesondere auch bei Stromunfällen, die daher einer raschen neurologischen Untersuchung bedürfen (Koumbourlis 2002).

#### 8.5 (E) Exposure / Environmental Control

Frage: Wie sollte die Exploration an der Einsatzstelle erfolgen?

<b>Empfehlung 28</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Eine umfassende Anamnese zum Unfallgeschehen soll erfolgen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Häufig sind nicht-medizinische Kräfte an der Rettung Schwerbrandverletzter beteiligt. Für den Kliniker ist hierbei insbesondere von Interesse

- ob der Brand in einem geschlossenen Raum stattfand?
- wie lange die mutmaßliche Expositionsdauer war?
- welche Art der thermischen Quelle vorlag? (z.B. Flamme / Wasserdampf / Verpuffung / Lichtbogen / Strom)
- welche Art Material brannte? (Rückschluss auf mögliche toxische Wirkung)

*Frage: Soll die Verbrennungswunde gekühlt werden?*

<b>Empfehlung 29</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Verbrennungen &gt; 10% VKOF sollen nicht gekühlt werden. Der Wärmeerhalt soll gewährleistet sein.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Im Ergebnis einer systematischen Literaturrecherche kamen Sutton und Wright (Sutton 2019) zu dem Ergebnis, dass Patient\*innen mit VKOF > 10% nicht mehr von einer Kühlung profitieren, häufiger hypotherm sind und einen längeren Krankenhausaufenthalt haben. Bei >15% VKOF stiegen ebenfalls Morbidität und Letalität sowie das Risiko der zusätzlichen Schädigung verbrannter Haut durch die applizierte Kälte. Auch die Arbeitsgruppe um Djärv und Goolsby (Djärv 2022) konnten in einer weiteren systematischen Literaturrecherche keinen Vorteil für eine Kühlung von Schwerbrandverletzten finden. Es fehlt an prospektiven und randomisierten Studien. Vielversprechende retrospektive Kohortenstudien, wie z.B. die von Harish et al an insgesamt 390 Patienten mit solitärem Verbrennungstrauma zeigen Hinweise einer signifikanten Reduktion der Verbrennungstiefe durch zeitlich begrenzte Kühlung (Harish 2019). Limitiert wird die Aussage der Studie durch die fehlende Definition des

Vergleichskollektivs. Daher kann die Studie bei der Leitlinienempfehlung nicht berücksichtigt werden.

*Frage: Was sind die Anforderungen an das präklinische Temperaturmanagement?*

<b>Empfehlung 30</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Im Rahmen der präklinischen Erstversorgung sollen Maßnahmen zur Erhaltung der Normothermie erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Hypothermie von Schwerbrandverletzten stellt einen wichtigen, prognostisch negativen Faktor für den Behandlungsverlauf dar (Singer 2010, Weaver 2014, Ziegler 2019). Die Hypothermie stellt hinsichtlich Morbidität und Letalität einen isolierten Risikofaktor für alle Traumapatient\*innen dar (Hostler 2013, Sherren 2014). Ein normothermer Zustand  $>36^{\circ}\text{C}$  hat dagegen einen positiven Einfluss auf das Gesamtüberleben. Bis zu 80 % aller Patient\*innen ab 15 % VKOF sind bei Aufnahme im Krankenhaus hypotherm.

Als Risikofaktor für eine Hypothermie gelten Analgosedierung und Beatmung (Weaver 2014, Lonnecker 2001, Ziegler 2019). Das Risiko der Entwicklung einer Hypothermie steigt mit zunehmender VKOF. Außerdem haben Patient\*innen mit drittgradigen Verbrennungen aufgrund des vollständigen Verlustes der Hautintegrität und Verlustes der Fähigkeit zur Thermoregulation ein erhöhtes Risiko, eine Hypothermie zu erleiden. Das Risiko der Entwicklung einer Hypothermie steigt ebenfalls mit zunehmendem Alter der Patient\*innen sowie zunehmendem Injury Severity Score (16 und mehr) (Singer 2010). Das Risiko der Entwicklung einer Hypothermie sinkt mit zunehmendem Körpergewicht (Schwellenwert  $> 90$  kg). Weniger schwere thermomechanische Kombinationsverletzungen (ISS 1-15) sind mit einer höheren Letalität assoziiert als ähnlich schwere Verbrennungsverletzungen ohne mechanisches Trauma oder als solitäre mechanische Traumata mit einem ISS zwischen 1 und 15 (Hawkins 2005).

<b>Empfehlung 31</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Insbesondere Patient*innen mit thermomechanischen Kombinationsverletzungen haben ein erhöhtes Risiko für eine Hypothermie und sollten auch in der Trauma-Versorgungskette wie auch in Trauma-Schockräumen gewärmt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Um Wärmeverluste zu detektieren ist bereits in der präklinischen Phase ein Thermomonitoring sinnvoll. Die Messung kann präklinisch z. B. über ein Ohrthermometer erfolgen. Wird der Rettungsdienst wegen eines Einsatzes mit Verdacht auf Schwerbrandverletzte alarmiert, sollte bereits auf dem Weg zum Einsatzort das Rettungsmittel vorgeheizt werden. Die Versorgungszeiten am Einsatzort sollten – auch in Sommermonaten – so kurz wie nötig gehalten werden, um ein Auskühlen zu vermeiden. In den Wintermonaten haben Schwerbrandverletzte ein erhöhtes Risiko, eine Hypothermie zu erleiden (Weaver 2014). Die Anlage steriler Verbände und die Verwendung von passiven Wärmefolien (Rettungsdecken gold/silber beschichtet) dienen der Hypothermieprophylaxe (Gille 2012). Aktive Einweg-Wärmedecken ermöglichen die Vermeidung eines weiteren Wärmeverlustes. Bei geplanter Sekundärzuweisung in ein Verbrennungszentrum und Erstversorgung in einem Trauma-Zentrum oder einer Intensivstation sollten alle Maßnahmen zum Wärmeerhalt ergriffen werden (u.a. Aufheizen der Räume, aktive Erwärmung über Konvektion, Konduktion und/ oder gewärmte Infusionslösungen).

*Frage: Wie erfolgt die präklinische Wundversorgung?*

<b>Empfehlung 32</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Trockene, sterile, non-adhäsive Verbände in der präklinischen Versorgung sind ein Bestandteil des Analgesie-Managements und sollen nach orientierender Beurteilung der Oberfläche frühzeitig angelegt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bereits die Vermeidung von Zugluft über der Verbrennungswunde wie zum Beispiel durch einen Wundverband trägt zu einer Reduktion des Wärmeverlustes und einer signifikanten Schmerzreduktion bei.

<b>Empfehlung 33</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Feuchte / nasse Verbände sind bei großflächigen Verbrennungen kontraindiziert und sollen nicht zur Anwendung kommen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Gel-getränkte oder feuchte Kompressen können den Wärmeverlust steigern, da sie durch Evaporation und das hypotherme Wundmaterial bei Anlage dem Körper Wärme entziehen (Mlak 2018).

*Frage: Welche Besonderheiten gibt es bei Stromunfällen?*

Bei der Erstversorgung steht der Eigenschutz im Vordergrund. Es gelten die allgemeinen Prinzipien der Erstversorgung, beschrieben in [Kapitel 6.1](#).

<b>Empfehlung 34</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Die Anamnese soll Unfallhergang, Höhe der applizierten Spannung, Stromart, Bewusstseinsstatus bei Auffinden, eventuellen Kreislauf- oder Atemstillstand umfassen sowie initiale EKG-Veränderungen berücksichtigen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei Verdacht auf einen Stromunfall sollte im EKG auf Arrhythmien geachtet und diese bei Kreislaufinstabilität nach Leitlinien therapiert werden. Weitergehende Informationen

bezüglich des therapeutischen Procederes additiv zu den bereits genannten Maßnahmen bei Verbrennungen finden sich in Kapitel 12.

*Frage: Welche Besonderheiten gibt es bei chemischen Verbrennungen?*

Chemische Verbrennungen sind selten. Verätzungen sind weitgehend vermeidbar und führen bei richtiger (Erst-)Behandlung zu einem guten Ergebnis (Akhtar 2015).

<b>Empfehlung 35</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Grundsätzlich soll bei Kontakt mit Säure oder Lauge die Kleidung des betroffenen Körperareals entfernt und die Haut gründlich mit Wasser gespült und dekontaminiert werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Präklinische Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verätzungen umfassen die sofortige Entfernung des chemischen Wirkstoffs, die Behandlung systemischer Nebenwirkungen und gegebenenfalls die Beachtung stoffspezifischer Besonderheiten. Für alle an Arbeitsplätzen vorhandenen Chemikalien müssen Sicherheitsdatenblätter vorliegen (Palao 2010).

<b>Empfehlung 36</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Diphoterine kann zur unmittelbaren Anwendung nach Verätzungen erwogen werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Es wird eine Spülung von mindestens 30 Minuten unter laufendem Wasser empfohlen, bis ein neutraler pH-Wert erreicht wird, wobei die Messung des pH-Wertes mit Teststreifen die Dokumentation einer ausreichenden Dekontamination ermöglichen kann (Palao 2010). Diphoterine scheint in der Anwendung sicher zu sein und könnte anderen Spüllösungen

überlegen sein. Allerdings ist eine sofortige Dekontamination unabdingbar, sodass auch andere Spüllösungen eingesetzt werden können, um die Behandlung insgesamt nicht zu verzögern (Alexander 2018). Weitere Informationen zu therapeutischen Optionen bei speziellen chemischen Verbrennungen finden sich in Kapitel 12.

Akhtar MS et al. Epidemiology and Outcome of Chemical Burn Patients Admitted in Burn Unit of JNMC Hospital, Aligarh Muslim University, Aligarh, Uttar Pradesh, India: A 5-year Experience. *J Fam Med Prim Care* 2015; 4: 106–109

Alexander et al. Chemical burns: Diphtherine untangled. *Burns* 2018; 44: 752-66

Allison K, Porter K. Consensus on the pre-hospital approach to burns patient management. *Injury*. 2004; 35: 734-738

Alsaqabi F, Ahmed Z. The Accuracy of Prehospital Fluid Resuscitation of Burn Patients: A Systematic Review. *Eur Burn J*. 2022; 3: 517-526

Arnoldo BD et al. Electrical Injuries: A 20-Year Review. *J Burn Care Rehabil* 2004; 25: 479-84

Ashworth HL et al. Treatment before transfer: the patient with burns. *Emerg Med J* 2001; 18: 349-51

Atiyeh BS, Hayek SN. Management of war-related burn injuries. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2010; 215: 1529-1537

Badulak JH et al. Defining the criteria for intubation of the patient with thermal burns. *Burns* 2018; 44: 531-38

Bartholomeusz H. Management of burns in the military. *ADF Health* 2001; 2: 46-50

Cancio LC. Initial Assessment and Fluid Resuscitation of Burn Patients. *Surg*

Clin North Am 2014; 94: 741-754

Cartotto R, Greenhalgh DG, Cancio C. Burn State of Science: Fluid Resuscitation. J Burn Care Res 2017; 3: e596-e604.

Cassiday TJ et al. Transfer time to a specialist burn service and influence on burn mortality in Australia and New Zealand: a multi-centre, hospital based retrospective cohort study. Burns 2015; 41: 735-741

Dépret et al. Association between hydroxocobalamin administration and acute kidney injury after smoke inhalation: a multicenter retrospective study. Crit Care 2019; 23: 421

Deutsch CJ et al. The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach. Burns 2018; 44: 1040-51

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): S1-Leitlinie Prähospitales Atemwegsmanagement (AWMF Registernummer 001-040), Version 1.0 (26.02.2019), verfügbar unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-040.html>. [Zugriff am 20.03.2024]

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin (DGAI a): S3 Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Verschlechterung (AWMF Registernummer 001-021) Version 1.0 (20.11.2017), verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021.html>. Zugriff am [20.03.2024]

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI b): S1 Leitlinie Die intraossäre Infusion in der Notfallmedizin (AWMF Registernummer 001-042) Version 1.0 (31.10.2017), verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-042.html>. Zugriff am [20.03.2024]

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI e.V.): S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung (AWMF Registernummer 040-012),

Version 1.0 (04.11.2021), verfügbar unter: <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/040-012.html>. Zugriff am [20.03.2024]

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP): S2k-Leitlinie Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz (AWMF Registernummer 020-004) Version 3.3 (30.12.2022), verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/020-004.html>. Zugriff am [20.03.2024]

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.1 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>. [Zugriff am 20.03.2024]

Djärv T et al. Duration of cooling with water for thermal burns as a first aid intervention: A systematic review. Burns 2022; 48: 251-62

Dries DJ, Endorf FW. Inhalation injury: epidemiology, pathology, treatment strategies. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2013; 21: 31-46

Eder PA et al. Prehospital Telemedical Emergency Management of Severely Injured Trauma Patients. Methods Inf Med 2018; 57: 231-242

EMSB Comitee of The Australian and New Zealand Burn Association Limited: Emergency Management of Severe Burns. In: Emergency Management of Severe Burns (EMSB) Course Manual, 19th edition, EMSB Comitee (Eds.), 2021

Garner JP, Jenner J, Parkhouse DA. Prediction of upper airway closure in inhalation injury. Mil Med 2005; 170: 677-682.

Gille J, Fischer H, Willms-Jones JC. Versorgung von Brandverletzten. Notfallmedizin up2date 2012; 7: 29-44

Gille J et al. Reducing the Indication for Ventilatory Support in the Severely Burned Patient: Results of a New Protocol Approach at a Regional Burn Center. J Burn Care Res. 2016; 37: e205-12

Guidelines des European Resuscitation Council, abrufbar unter: <https://cprguidelines.eu/>  
[Zugriff am 20.03.2024]

Hampson NB et al. Recommendations in the Diagnosis, Management, and Prevention of Carbon Monoxide Poisoning. Am J Respir Crit Care Med 2012; 186: 1095-101

Harish V, Li Z, Maitz PKM. First aid is associated with improved outcomes in large body surface area burns. Burns 2019; 45: 1743-48

Hawkins A. et al. The impact of combined trauma and burns on patient mortality. J Trauma 2005; 58: 284-88

Hossfeld B et al. Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a firstline device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. Eur J Anaesthesiol 2015; 32: 425-31

Hostler D et al. Admission temperature and survival in patients admitted to burn centers. J Burn Care Res 2013; 34: 498-506

Kaitlin A et al. Outcomes after the administration of hydroxocobalamin. Int J Burn Trauma 2020; 10: 231-36

Kauvar DS et al. Comparison of combat and non-combat burns from ongoing U.S. Military operations. J Surg Res 2006; 132: 195-200

Knapp, J, Venetz, P, Pietsch, U. In-cabin rapid sequence induction: Experience from alpine air rescue on reduction of the prehospital time. Anaesthesist 2021; 70: 609–13

Korwark A et al. Telemedical support for prehospital emergency medical service in severe emergencies: an open-label randomised non-inferiority clinical trial. Crit Care 2023; 27: 256

Koumbourlis AC. Electrical injuries. Crit Care Med 2002; 30: 424-30

Liodaki E et al. Prophylactic antibiotic therapy after inhalation injury. Burns 2014; 40: 1476-80

Lönnecker S, Schoder V. Hypothermia in patients with burn injuries: influence of prehospital treatment. Chirurg 2001; 72: 164-167

MacLennan L, Moiemmen N. Review Management of cyanide toxicity in patients with burns. Burns 2015; 41: 18-24

Mlcak RP, Buffalo MC, Jiminez CJ. Pre-hospital management, transportation and emergency care. In: Total Burn Care, Fifth edition, Herndon, DN (Eds), 2018. PP.58-65

Palao R et al. Chemical Burns: Pathophysiology and treatment. Burns 2010; 36: 119-129

Peng RY, Bondard FS. Hypothermia in traumapatients. J Am Coll Surg 1999; 188: 685–96

Ramponi G et al. The diagnostic accuracy of carbon monoxide pulse oximetry in adults with suspected acute carbon monoxide poisoning: a systematic review and meta-analysis. Front Med (Lausanne) 2023; 10: 1250845

Roth D et al. Accuracy of noninvasive multiwave pulse oximetry compared with carboxyhemoglobin from blood gas analysis in unselected emergency department patients. Ann Emerg Med 2011; 58: 74–9

Sherren PB et al. Lethal triad in severe burns. Burns 2014; 40: 1492-96

Sikora Ł et al. Odległe skutki oparzenia dróg oddechowych w wyniku wybuchu metanu [Long-term results of airways' injury after a methane explosion]. Otolaryngol Pol. 2011; 65: 33-9

Singer A. J. et al. The association between hypothermia, prehospital cooling, and mortality in burn victims. Acad Emerg Med 2010; 17: 456-59

Soussi S et al. Chloride toxicity in critically ill patients: What's the evidence? Anaesth Crit Care Pain Med 2017; 36: 125–30

Soussi S et al. Early Hemodynamic Management of Critically Ill Burn Patients. Anesthesiology 2018; 129: 583–89

Sutton D, Wright MD. Cooling for Thermal Burns: Clinical Effectiveness and Guidelines; CADTH Rapid Response Report: Summary with critical appraisal. Ottawa (ON): Canadian Agency on Drugs and Technologies in Health; 2019 Jan 17

Tammelin E, Handolin L, Söderlund T. Missed Injuries in Polytrauma Patients after Trauma Tertiary Survey in Trauma Intensive Care Unit. Scand J Surg 2016; 105: 241-47

Trupkovic T, Giessler G. Das Verbrennungstrauma. Teil 1: Pathophysiologie, präklinische Versorgung und Schockraummanagement. Anaesthesist 2008; 57: 898-907

Walker PF et al. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review. Crit Care 2015; 19: 351-363

Weaver MD et al. Risk factors for hypothermia in EMS-treated burn patients. Prehosp Emerg Care 2014; 18: 335-41

White CE, Renz EP. Advances in surgical care: Management of severe burn injury. Crit Care Med 2008; 36: s313-s324

Wolf SE et al. Comparison between civilian burns and combat burns from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. Ann Surg 2006; 243: 786-795

Ziegler B et al. Early hypothermia as risk factor in severely burned patients: A retrospective outcome study. Burns 2019; 45: 1895-900

## 9 Brandverletzzentren

### 9.1 Indikationen für die stationäre Behandlung in Zentren für Brandverletzte

Frage: Sollen Patienten mit bestimmten Kriterien in ein Brandverletzzentrum verlegt werden?

<b>Empfehlung 37</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Patienten, die folgende Kriterien erfüllen sollen in einem Brandverletzzentrum vorgestellt werden.</b>	
Konsensstärke: Konsens (93%)	

Die European Burn Association hat folgende Kriterien festgelegt, die eine Aufnahme in einem Brandverletzzentrum notwendig machen (EBA 2017):

- Thermische Verletzungen Grad 2 von 15 % und mehr Körperoberfläche
- Thermische Verletzungen Grad 3 von 10% und mehr Körperoberfläche
- Thermische Verletzungen an „komplizierter Lokalisation“: Gesicht/Hals, Hände, Füße, Ano-Genital-Region, Axilla, über großen Gelenken oder anderen komplizierte Lokalisationen
- Zirkuläre thermische Verletzungen
- Verätzungen durch Chemikalien
- Verletzungen durch elektrischen Strom inklusive Blitzschlag
- Inhalationstrauma in Verbindung mit äußeren Verbrennungen
- Brandverletzte mit Begleiterkrankungen oder Verletzungen (insbesondere thermomechanische Kombinationen), die die Behandlung erschweren

- Brandverletzte die eine spezielle psychotherapeutische, psychiatrische oder physische Mitbehandlung benötigen.
- Besonders junge Patienten (< 8 Jahre) und alte Menschen (> 60 Jahre)

Wichtig ist dabei zu betonen, dass auch Patienten, die diese Kriterien nicht erfüllen in einem Brandverletztzentrum angebunden werden können. Zusätzlich kann es initial schwierig sein, beispielsweise die Verbrennungstiefe (insbesondere die Unterscheidung zwischen Grad II und III) sowie das Verbrennungsausmaß und das Vorliegen von Begleitverletzungen oder Inhalationstraumata sicher einzuschätzen, sodass im Zweifel eine Einweisung in ein Schwerbrandverletztzentrum sinnvoll ist.

Frage: Soll eine Verlegung in ein Brandverletztzentrum immer direkt nach dem Trauma erfolgen?

<b>Empfehlung 38</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Die Verlegung eines Brandverletzten soll nicht immer direkt erfolgen. Abhängig vom Zustand des Patienten, von der Transportstrecke und dem Transportrisiko kann eine Erstversorgung in einem regionalen Traumazentrum mit Sekundärverlegung des Patienten sinnvoll sein.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

## 9.2 Voraussetzungen eines Zentrums für brandverletzte Erwachsene

Frage: Muss ein Brandverletztzentrum Kriterien erfüllen, die über die Anforderungen anderer Intensivstationen hinausgehen?

<b>Empfehlung 39</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Ein Brandverletztzentrum bedarf einer besonderen strukturellen Ausstattung, die der besonderen Situation von Brandverletzten (z.B. in Bezug auf Hygiene, Temperaturmanagement) Rechnung trägt.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die baulich/apparativen und personellen Anforderungen, die für die Behandlung Schwerbrandverletzter zu erfüllen sind, liegen über denen anderer Intensivstationen (EBA 2017), die für die Abrechnung der intensivmedizinischen Komplexbehandlung nach DRG 2015 zugelassen sind. Orientierend kann die Empfehlung zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) und hierbei die Stufe 2 herangezogen werden (DIVI 2022).

Die Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e.V. empfiehlt zur externen Qualitätssicherung eine regelmäßige Beteiligung an der jährlichen statistischen Datenerfassung im Verbrennungsregister der DGV sowie eine regelmäßige Teilnahme von Mitarbeitern der Verbrennungsteams an jährlichen Fortbildungsveranstaltungen (DAV, EBA, EMSB). Zusätzlich ist ein regelmäßiges Peer Review der Intensivstation des Brandverletztzentrums sinnvoll. Eine spezifische Zertifizierung der Zentren für Schwerbrandverletzte ist aktuell national nicht etabliert, wird aber angestrebt. Innerhalb Europas besteht die Möglichkeit einer Verifikation durch die European Burn Association.

### 9.2.1 Bauliche und apparative Ausstattung

Frage: Muss ein Brandverletztzentrum besondere bauliche und apparative Voraussetzungen erfüllen?

<b>Empfehlung 40</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ein Brandverletztzentrum soll besondere Voraussetzungen in Bezug auf die bauliche Struktur und die Ausstattung erfüllen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Entsprechend der Empfehlung 40 sind folgende bauliche und apparative Ausstattungen zu erfüllen:

- Personenschleuse, Material- und Bettenschleuse
- heizbarer Aufnahme- und Schockraum mit Vorhalten aller Geräte für Reanimation oder sofortige Intensivtherapie (Beatmungsgerät, Pulsoxymeter, hämodynamische Überwachung, Bronchoskopie, Ultraschall)
- direkt angegliedert eine Intensivbehandlungseinheit mit mind. 4 Betten mit Einzelzimmern.
- chirurgischer Behandlungs-/Verbandsraum mit der Möglichkeit der Hydrotherapie
- Operationssaal von mindestens 42 qm (orientierend) innerhalb der Brandverletztstation mit täglicher Operationsmöglichkeit. Zusätzlich soll dieser über „Laminar Airflow“ verfügen und ausreichend aufgewärmt werden können.
- Möglichkeit zur kontinuierlichen bakteriologischen Diagnostik sowie Surveillance, z.B. Teilnahme am Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS)
- Einrichtung zur kontinuierlichen Nierenersatztherapie
- Zugang zu einem Gewebelabor
- Fotodokumentation

### 9.2.2 Personelle Ausstattung der Brandverletztencentren

Frage: Sollen Brandverletztencentren besondere personelle Anforderungen erfüllen?

Empfehlung 41	Stand 2024,  NEU
<b>Brandverletztencentren sollen besondere personelle Anforderungen erfüllen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

### 9.2.3 Ärztliche Leitung

Entsprechend der Empfehlung 41 soll der Leiter/die Leiterin eines Zentrums für Brandverletzte eine mehrjährige Erfahrung in allen Aspekten der Brandverletztenmedizin haben. Er/Sie soll Facharzt/-ärztin für Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie, Facharzt/-ärztin für Chirurgie/Unfallchirurgie und Orthopädie oder Facharzt/Fachärztin für Anästhesiologie mit Zusatzbezeichnung „spezielle Intensivmedizin“ sein. Eine mindestens zweijährige Tätigkeit in verantwortlicher Position in einem Brandverletztencentrum ist vorzuweisen.

### 9.2.4 Ärztlicher Dienst

Entsprechend der Empfehlung 41 soll die 24h/7 Anwesenheit einer/s in der Verbrennungsmedizin erfahrenen Arztes/Ärztin im Zentrum gegeben sein. In der Kernarbeitszeit soll ein in der Verbrennungsmedizin erfahrener Arzt/Ärztin mit der Zusatzweiterbildung „Intensivmedizin“ auf der Verbrennungsintensivstation anwesend sein. Die 24-Stunden-Verfügbarkeit der fachärztlichen Versorgung (Anwesenheit innerhalb von 20-30 Min.) eines Facharztes/Fachärztin für Plastische und Ästhetische Chirurgie sowie eines Arztes mit Zusatzbezeichnung Handchirurgie soll gewährleistet sein.

### 9.2.5 Pflegedienst

Entsprechend der Empfehlung 41 soll im Rahmen eines Schichtdienstes minimal eine Pflegekraft für 2 Patientinnen/Patienten und Schicht zuständig sein. Eine ausreichende Überwachung intensivpflichtiger und/oder beatmeter Patienten ist in jedem Fall sicherzustellen. In besonderen Situationen (z. B. Isolation bei multiresistenten Keimen, Verbandswechsel in der Frühschicht) kann eine 1-zu-1-Betreuung notwendig sein.

### **9.2.6 Therapeuten**

Entsprechend der Empfehlung 41 soll zur Verhinderung von Folgeschäden eine multiprofessionelle Mitbehandlung u. a. durch Physio- und Ergotherapie (täglich) sowie Sprachtherapeuten/Logopäden erfolgen. Ein Sozialdienst zur Planung und Organisation der Weiterbehandlung soll vorgehalten werden.

### **9.2.7 Psychotherapeutische Mitbehandlung**

Entsprechend der Empfehlung 41 sollte eine psychotherapeutische Mitbehandlung arbeitstäglich etabliert sein.

### **9.2.8 Seelsorge**

Entsprechend der Empfehlung 41 sollte die Erreichbarkeit einer Seelsorge sichergestellt sein

### **9.2.9 Ethik-Komitee**

Entsprechend der Empfehlung 41 sollte die Einberufung eines klinischen Ethik-Komitees innerhalb von 24 Stunden möglich sein.

### **9.2.10 weitere Teammitglieder:**

Entsprechen der Empfehlung 41 sollten weitere kooperierende Fachdisziplinen, die nicht direkt zum Verbrennungsteam gehören vorhanden sein: Orthopädie und Unfallchirurgie, Herz-/Thoraxchirurgie, Neurochirurgie, Neurologie, Innere Medizin, HNO, Ophthalmologie, Urologie, Frauenheilkunde, Psychiatrie, Radiologie, Labormedizin, Mikrobiologie oder Infektiologie.

Literatur:

European Practice Guidelines for Burn Care – Fourth Edition 2017

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). Empfehlung zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen 2022. <https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/publikationen/intensivmedizin/230419-divi-strukturempfehlung-intensivstationen-langversion.pdf>

## 10 Schockraummanagement

Frage: Wo erfolgt die innerklinische Erstversorgung?

<b>Empfehlung 42</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Aufnahme von Patient*innen mit isoliertem schwerem Verbrennungstrauma sollte im Schockraum des Brandverletzententrums erfolgen. Werden Patient*innen in eine Klinik ohne Brandverletzentrum eingeliefert, soll die Erstversorgung im Schockraum der zentralen Notaufnahme erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 43</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Kombinationsverletzungen (z.B. thermomechanisches Trauma) soll die Übernahme und Erstversorgung im Schockraum der Notaufnahme erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei isolierten Brandverletzungen ermöglicht die Erstversorgung im Schockraum des Brandverletzententrums die zielgerichtete verbrennungsspezifische Diagnostik und Therapie ohne Verzögerung. Bei Vorliegen oder Verdacht auf traumatische Begleitverletzungen ist die unmittelbare Abklärung und Versorgung dringlicher Verletzungen durch das Trauma-Team im Trauma-Schockraum erforderlich, da diese häufig zeitkritischer in ihrer Behandlung sind. Der/die Verbrennungschirurg\*in ist anwesend und beteiligt sich interdisziplinär am Sekundärcheck und der Behandlungsplanung (DGU 2022). Verbrennungen, die keiner spezialisierten Versorgung in einem Brandverletzentrum

bedürfen und keine Indikation für eine Versorgung im Schockraum haben (DGU 2022), können auch in anderen für eine Wundversorgung geeigneten Räumen versorgt werden.

*Frage: Wie sollte die strukturierte Übergabe vom Rettungsdienst an das innerklinische Behandlungsteam erfolgen?*

<b>Empfehlung 44</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Zur strukturierten Übergabe von Patient*innen im Schockraum sollten etablierte Schemata und/oder Checklisten in Anwesenheit des kompletten Schockraumteams genutzt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei der Übergabe und Evaluation von Patient\*innen ist ein strukturiertes Vorgehen unter Nutzung etablierter Checklisten sinnvoll (Schacher 2019). Hierbei bieten sich für Übergaben z.B. das AT-MIST-Schema oder das ISBAR-Konzept an. Für die anschließende fokussierte Erst-Evaluation (Primary Survey) wird sowohl beim Trauma als auch bei der Verbrennung das (x)ABCDE-Schema (siehe Kapitel 6) empfohlen (ACS 2018; EMSB 2021). Im Rahmen einer zweiten Erfassungsrunde (Secondary Survey) kann der genaue Unfallmechanismus und weitere Daten, wie Allergien, Medikation, Impfstatus, Vorerkrankungen, Nüchternheit, Begleitumstände, strukturiert erfasst werden. Ein Beispiel für ein Tool zur strukturierten Erfassung ist das SAMPLER-Schema (ACS 2018, EMSB 2021).

Frage: Wie erfolgt die innerklinische Ersteinschätzung?

<b>Empfehlung 45</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die innerklinische Ersteinschätzung soll neben der Erfassung der Vitalfunktionen die körperliche Untersuchung des/der komplett entkleideten Patienten/ Patientin umfassen. Hierbei sollen Ruß- und Schmutzanhaftungen entfernt werden, um das Verbrennungsausmaß beurteilen zu können.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Beurteilung der verbrannten Körperoberfläche erfolgt am vollständig entkleideten Patienten inkl. der Entfernung von Ruß und ggf. eingebrannten Rückständen zusammen mit dem Debridement inkl. Desinfektion der Wunden. Das Verbrennungsausmaß und die Verbrennungstiefe werden mittels geeigneter, standardisierter Erfassungsinstrumente dokumentiert (z. B. Lund-Browder-Chart).

Frage: Welche apparative Diagnostik/ Überwachung ist im Schockraum indiziert?

<b>Empfehlung 46</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei allen Patient*innen soll im Schockraum ein Standardmonitoring mit EKG, Blutdruck und SpO<sub>2</sub> erfolgen. Bei Analgosedierung oder Narkose soll zusätzlich eine Kapnographie angewendet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 47</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei hämodynamischer Instabilität, Katecholaminbedarf oder erwartetem hohen Volumenbedarf sollte die Anlage von arteriellen und zentralvenösen Kathetern erfolgen inkl. einer Blutgasanalyse mit Lactat-, COHb- und MetHb-Bestimmung.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 48</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei intubierten Patient*innen sollte eine Bronchoskopie zur Beurteilung eines Inhalationstraumas erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Neben der Morbidität, kompromittierter Hämodynamik oder respiratorischer Insuffizienz machen häufig auch die verbrennungsbedingt eingeschränkten Zugangswege die Anlage von arteriellen und zentralvenösen Kathetern notwendig. Die Anlage durch verbrannte Hautareale birgt erhebliche potentielle Gefahren und ist daher nicht die erste Wahl. Ist diese allerdings nicht zu vermeiden, ist es sinnvoll, diese eng zeitlich zu begrenzen. Ein erweitertes hämodynamisches Monitoring, das vorausschauend unter Berücksichtigung der Verletzungsschwere etabliert wurde, erleichtert die Steuerung der Schocktherapie auf der Intensivstation.

Die diagnostische Bronchoskopie, idealerweise mit Fotodokumentation, kann bei intubierten Patient\*innen die Diagnose eines Inhalationstraumas sichern (Deutsch 2018; Walker 2015) und ermöglicht, grobe Verlegungen der Atemwege zu entfernen. Ein ausgiebiges Absaugen oder gar eine Lavage ist dabei aber nicht sinnvoll, um eine weitere Schädigung des Tracheo-Bronchialsystems zu vermeiden. Entsprechend ist bei respiratorisch stabilen, nicht intubierten Patient\*innen eine Bronchoskopie nicht indiziert.



Frage: Welche Behandlungsmaßnahmen sind in der innerklinischen Erstversorgung indiziert?

<b>Empfehlung 49</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Im Schockraum sollen erste chirurgische Maßnahmen erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 50</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Es sollten die Prinzipien der „Damage Control“ befolgt werden, um einer Destabilisierung des/der Patient*in vorzubeugen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 51</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Bei schwierigem Atemweg oder Risiko für die Entwicklung eines schwierigen Atemwegs kann die Tracheotomie bereits im Schockraum erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die chirurgische Erstversorgung im Schockraum wird im Kapitel 10 Chirurgische Therapie umfassend dargestellt. Die Escharotomie erfolgt bei zirkulären Verbrennungen im Stammbereich mit Beeinträchtigung der Atemmechanik unverzüglich, bei zirkulären Extremitätenverbrennungen mit beeinträchtigter Perfusion möglichst zeitnah. Weitere chirurgische Maßnahmen wie ein Debridement können bereits hier erfolgen, oder je nach lokaler Infrastruktur auch im Anschluss in einem Operationssaal, Verbrennungsbad oder Eingriffsraum. Hierbei werden dem Prinzip der „Damage Control“ entsprechend keine komplexen chirurgischen Maßnahmen durchgeführt, die zu einer Destabilisierung des/der

Patient\*in insbesondere der Hämodynamik, Gerinnung, Körpertemperatur und Säure-Base-Haushalt führen können (Breederveld 2009, DGU 2022).

Bei Verbrennungen im Hals-Gesichtsbereich, Inhalationstrauma oder aufgrund einer stark volumenbedürftigen Schockphase besteht das Risiko einer zunehmenden sekundären Schwellung der Atemwege, insbesondere durch die Entwicklung eines Gewebsödems in den ersten 24 bis 48 Stunden nach Trauma (Lund 1992). Hier kann je nach klinischer Einschätzung eine unmittelbare Tracheotomie zu Gunsten eines gesicherten Atemwegs indiziert sein (Vojvodic 2018). Im weiteren Verlauf kann eine frühe Tracheotomie ein schnelleres Weaning und frühzeitigere aktive Mobilisation ermöglichen (Smailes 2022).

*Frage: Wie kann die Homöostase aufrechterhalten werden?*

<b>Empfehlung 52</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Bereits im Schockraum soll mit der intensivmedizinischen Therapie der Schockphase begonnen und diese anschließend kontinuierlich fortgeführt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 53</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Um die Körpertemperatur aufrechtzuerhalten soll der Schockraum entsprechend vorgewärmt und zusätzliche Maßnahmen zur direkten Wärmezufuhr ergriffen werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Durch eine verzögerte Volumentherapie kam es in mehreren Beobachtungsstudien zu einer größeren Gesamtinfusionsmenge über die gesamte Schocktherapie (Rizzo 2022), so dass ein frühzeitiger Beginn zur hämodynamischen Stabilität und Vermeidung der Überinfusion beitragen kann. Bereits im kurzfristigen Verlauf im Schockraum nach Bestimmung des

Verbrennungsausmaßes und des Körpergewichts des Patienten ist eine erste formelbasierte Einschätzung der Infusionstherapie sinnvoll, wie für die Schocktherapie auf der Intensivstation in Kapitel 10.1 empfohlen (Gus 2021).

Abhängig vom Verbrennungsausmaß besteht die Gefahr einer Hypothermie. Um dieser zu begegnen, ist eine Anhebung der Raumtemperatur bedarfsorientiert sinnvoll, wobei sich klinisch die Möglichkeit zur Klimatisierung auf bis zu 36-37°C etabliert hat. Weitere Maßnahmen zum Erreichen bzw. Erhalt einer Normothermie (Körperkerntemperatur >36,0°C) sind z. B. angewärmte Infusion- und Spüllösungen, Wärmestrahler, Wärmematten oder die zeitliche Verkürzung der Schockraumphase..

### **Literatur:**

American College of Surgeons, Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support. In: ATLS Student Course Manual, 10th edition, American College of Surgeons (Eds); 2018

Breederveld RS, Kreis RW. Damage control in burn surgery. Br J Surg 2009;96(11):127-8

Deutsch CJ, et al. The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach. Burns. 2018;44(5):1040-1051

DGU 2022 S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>. Zugriff am 04.03.2022

EMSB Committee of The Australian and New Zealand Burn Association Limited: Emergency Management of Severe Burns. In: Emergency Management of Severe Burns (EMSB) Course Manual, 19th edition, EMSB Committee (Eds.), 2021

Gus E, Cleland H. Burn fluid resuscitation formulae: concept and misconception. Injury 2021; 52(4):780-781

Lund T, Onarheim H, Reed RK. Pathogenesis of edema formation in burn injuries. World J Surg 1992;16(1):2-9

Rizzo et al. Initial Results of the American Burn Association Observational Multicenter Evaluation on the Effectiveness of the Burn Navigator. J Burn Care Res 2022;43(3):728-34

Sánchez M et al. A protocol for resuscitation of severe burn patients guided by transpulmonary thermodilution and lactate levels: a 3-year prospective cohort study. Crit Care 2013;17:R176

Schacher et al. Strukturierte Übergabeprozesse in der Notaufnahme. Notfall Rettungsmed 2019;22(1):3-8

Smailes S et al. Early tracheostomy and active exercise programmes in adult intensive care patients with severe burns. Burns 2022;48(7):1599-1605

Vojvodic M et al. The Impact of Tracheostomy in Burns: An Institutional Experience. J Burn Care Research 2018; 39(Suppl1): S72

Walker PF et al. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review. Crit Care 2015; 19: 351

## 11 Anästhesie und Intensivmedizin

### 11.1 Die intensivmedizinische Therapie der Schockphase (Resuscitation)

*Frage: Welche Patient\*innen sollen eine verbrennungsspezifische Flüssigkeits- und Volumentherapie erhalten? Was ist das Ziel der Schocktherapie bei schweren Brandverletzungen?*

<b>Empfehlung 54</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ab &gt; 15 % VKOF soll eine gezielte, bedarfsorientierte Flüssigkeitssubstitution erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Beim Erwachsenen besteht ab einem Verbrennungsausmaß > 15 - 20 % VKOF infolge der Reduktion des Plasmavolumens die Gefahr der Entwicklung eines hypovolämisch-traumatischen Schocks (Trupkovic 2008, Latenser 2009, EBA 2017). Zusätzlich kann es insbesondere bei ausgedehnten Verbrennungen zu einer Myokarddepression mit einem Abfall des Herzzeitvolumens (HZV) kommen (Alvarado 2009). Ziel der Schocktherapie bei Brandverletzten ist ein ausreichendes Herzzeitvolumen zur Sicherstellung der Organperfusion.

Die Therapie des Verbrennungsschocks erstreckt sich über einen Zeitraum von 24 bis 48 Stunden und ist deshalb nicht mit der Therapie anderer Schockformen mit hohen Volumenverlusten vergleichbar. Insbesondere auch deshalb, weil die Volumensubstitution im Idealfall präventiv, d.h. ohne notwendigerweise manifesten Schock erfolgt.

*Frage: Wie soll die Flüssigkeits- und Volumentherapie bei Brandverletzten in der klinischen Phase kalkuliert begonnen werden?*

<b>Empfehlung 55</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Zur primären Kalkulation des Infusionsbedarfs während der Schockphase sollten Formeln verwendet werden. Eine primäre Berücksichtigung des Inhalationstraumas sollte im Rahmen der kalkulierten Initialtherapie nicht erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Geeignet sind die Parkland-Formel nach Baxter (4 ml/ kgKG/ % VKOF in 24 h) und die modifizierte Brooke-Formel (2 ml/ kgKG/% VKOF in 24 h). Die initiale Fördermenge ergibt sich daraus, dass die Hälfte der errechneten Menge innerhalb der ersten 8 Stunden (ab Unfallzeitpunkt) zu applizieren ist (Alvarado 2009).

Eine einfache Alternative stellt die „Rule of Ten“ dar. Die geschätzte VKOF (%) wird mit 10 multipliziert und ergibt die initiale Flüssigkeitsrate in ml/h, wobei für je 10 kg über 80 kg Körpergewicht 100 ml zu dieser Rate hinzuaddiert werden (Alvarado 2009).

Ein begleitendes Inhalationstrauma kann den Flüssigkeitsbedarf erhöhen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausprägung, kann dieser jedoch nicht vorhergesagt werden (Klose 2007).

Frage: Wie soll die Flüssigkeits- und Volumentherapie im Verbrennungsschock nach verschiedenen Infusionslösungen differenziert werden?

<b>Empfehlung 56</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Der Flüssigkeitsersatz in der Schockphase soll kristalloidbasiert erfolgen. Die Kristalloidtherapie soll mittels plasmaadaptierter (balancierter) Lösungen erfolgen. Ringeracetat ist für den initialen Flüssigkeitsersatz geeignet.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 57</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei hämodynamischer Instabilität unter angemessener Kristalloidtherapie oder übermäßigem Flüssigkeitsbedarf (orientierend: &gt; als mit der Parkland-Formel ermittelt) sollte die Gabe von Humanalbumin erwogen werden. HES soll bei Brandverletzten nicht verwendet werden. Die Gabe von Gelatine kann nicht empfohlen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die klassische Infusionslösung der Verbrennungsmedizin ist Ringerlaktat (Greenhalgh 2010). Aus verschiedenen Gründen wird Laktat als metabolisierbares Anion jedoch nicht mehr empfohlen (Zander 2009). Ringeracetat bietet gegenüber Laktat u. a. den Vorteil einer leberunabhängigen Verstoffwechselung unter geringerem Sauerstoffverbrauch mit verminderter Gefahr einer Reboundalkalose (Zander 2009). In einer klinischen Untersuchung zeigte sich Ringeracetat als geeignet für den initialen Flüssigkeitsersatz bei Schwerbrandverletzten (Gille 2014).

Der generelle Verzicht auf kolloidale Lösungen innerhalb der ersten 24 Stunden ist nicht gerechtfertigt. Die EBA-Guidelines sprechen sich für einen Verzicht auf Kolloide innerhalb der ersten 8 Stunden nach Trauma aus (EBA 2017). Laut Empfehlung der S3-Leitlinie „Intravasale Volumentherapie beim Erwachsenen“ sollte HES bei Intensivpatienten nicht verwendet werden. Hingegen können bei nicht ausreichender Therapie der Hypovolämie mit Kristalloiden allein darüber hinaus Gelatine und Humanalbumin zum Einsatz kommen (S3-Leitlinie

Intravasale Volumentherapie 2020). Zum Einsatz synthetischer Kolloide wie Hydroxyethylstärke (HES) und Gelatine liegen bei Brandverletzten nur wenige Untersuchungen vor. Gemäß den aktuellen Empfehlungen der European Burn Association gilt ihr Einsatz als unsicher (EBA 2017).

In einer Metaanalyse zur Anwendung von Humanalbumin innerhalb der ersten 24 Stunden nach Verbrennungstrauma konnte eine signifikante Reduktion von Kompartmentsyndromen und gastrointestinalen Komplikationen in der Albumingruppe gefunden werden. Signifikante Unterschiede in Bezug auf Letalität, renale und respiratorische Komplikationen ergaben sich nicht. Gemäß den Autoren ist die wissenschaftliche Evidenz aufgrund der großen Heterogenität der eingeschlossenen 8 Studien jedoch gering (Navickis 2016). In einer jüngeren Untersuchung konnte bei Applikation von Humanalbumin bereits zu Beginn der Schocktherapie ein verringerter Infusionsbedarf innerhalb der ersten 24 h (2.58 ml/kg/% VKOF) gezeigt werden (Blanco-Schweizer 2020). Der Verbrennungsschock weist insbesondere in Bezug auf die Inflammation und die Entwicklung des kapillären Lecks deutliche Parallelen zum septischen Schock auf. Bei septischen Patient\*innen wird empfohlen, eine Albuminkonzentration > 25 g/l aufrecht zu erhalten (Rehm 2019).

Der Einsatz von Frischplasma (GFP) als Volumenersatzmittel ist nicht indiziert (BÄK 2020). Frühzeitig auftretende Gerinnungsstörungen oder die Sicherstellung einer ausreichenden Blutgerinnung vor geplanter Frühnekrektomie können die Gabe legitimieren.

*Frage: Welchen Stellenwert haben vasoaktive Substanzen in der Behandlung des Verbrennungsschocks?*

<b>Empfehlung 58</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei persistierendem Schock sollte zur Herstellung eines ausreichenden Perfusionsdruckes Noradrenalin bevorzugt verwendet werden. Bei fortbestehender Hypoperfusion kann bei niedrigem Herzzeitvolumen Dobutamin erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der Einsatz von Vasopressoren ist vor allem in der Früh- bzw. Schockphase des Verbrennungstraumas aufgrund einer möglichen Reduktion der Hautdurchblutung mit

nachfolgender Progression der Verbrennungsnekrose kritisch zu sehen. Dagegen sind jedoch ein verminderter Perfusionsdruck in der Randzone mit konsekutiver Gewebhypoxie und eine unzureichende Organperfusion abzuwägen. Aussagekräftige klinische Studien existieren hierzu nicht. Unter der Voraussetzung einer exakten hämodynamischen Evaluation ist bei einer lebensbedrohlichen Hypotension trotz adäquater Infusionstherapie, der Einsatz von Vasopressoren, bevorzugt Noradrenalin, gerechtfertigt (EBA 2017, Soussi 2018). Zur Anwendung von Vasopressin und Analoga kann keine Aussage getroffen werden. Sollten trotz ausreichender Volumentherapie unter Vasopressorgabe die Zeichen einer Hypoperfusion infolge eines niedrigen Herzzeitvolumens persistieren, können Inotropika, bevorzugt Dobutamin, zur Anwendung kommen (EBA 2017).

*Frage: Anhand welcher Parameter kann die Schocktherapie bei Schwerbrandverletzten gesteuert werden?*

<b>Empfehlung 59</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die kalkulierte Schocktherapie soll rasch an die Bedürfnisse des/der Patienten*in angepasst werden. Die Patient*innen sollen dazu regelmäßig hinsichtlich einer möglichen unzureichenden Organperfusion evaluiert werden. Die Steuerung der Therapie sollte anhand von Zielparametern erfolgen. Eine Überinfusion soll vermieden werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach kalkuliertem Beginn soll innerhalb von 2 bis 3 Stunden eine rasche Anpassung an die individuellen Bedürfnisse des Patienten erfolgen (Gus 2021). Bei Hinweis auf eine unzureichende Organperfusion (Oligurie, Hypotonie, erhöhtes Laktat) wird in der aktuellen S3-Leitlinie der DGAI zur Intravasalen Volumentherapie die Überprüfung der Volumenreagibilität empfohlen (3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie 2020).. Sowohl eine unzureichende Flüssigkeitsgabe mit konsekutiver Organminderperfusion, als auch eine Überinfusion müssen vermieden werden (EBA 2017). Eine übermäßige Infusionstherapie ist mit einem schlechteren Outcome verbunden (Klein 2007, EBA 2017).

Es wird empfohlen, die Flüssigkeitstherapie mittels einer kontinuierlichen Infusion durchzuführen und auf Bolusgaben wegen der Gefahr einer Verstärkung der Ödembildung zu verzichten bzw. diese speziellen Indikationen (Hypotension) vorzubehalten (ISBI 2016).

Die Grundprinzipien der Therapiesteuerung entsprechen den Empfehlungen der S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie bei Erwachsenen (S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie 2020) unter Beachtung pathophysiologischer Besonderheiten Brandverletzter. Bei ausgedehnten Verbrennungen gelingt die Wiederherstellung des intravasalen Volumens aufgrund des kapillären Lecksyndroms innerhalb der ersten 24 Stunden nicht und ist daher nicht das Ziel der Infusionstherapie (Holm 2004, Gong 2017). Eine auf Normalisierung der Vorlastparameter ausgerichtete Therapie ist regelhaft mit einer Überinfusion verbunden (Holm 2004, Aboelatta 2013). Statische Vor- und Nachlastparameter korrelieren oft nicht mit der Gewebepерfusion und werden zur Vorhersage der Volumenreagibilität nicht empfohlen (EBA 2017). Vielmehr sollte das Konzept einer permissiven Hypovolämie verfolgt werden. In einer klinischen Untersuchung wurde ein niedriger ITBVI toleriert, solange ein Herzindex von wenigstens  $2,2 \text{ l/min/m}^2$  und eine Diurese von  $> 0,5 \text{ ml/kg/h}$  erreicht wurde. Die Autoren fanden im Vergleich zu mit der Parkland-Formel behandelten Patient\*innen eine reduzierte positive Flüssigkeitsbilanz und einen niedrigeren Multiorgandysfunktionsscore (Arlati 2007). Eine weitere prospektive Observationsstudie unter Einschluss von 132 Patient\*innen konnte eine erfolgreiche Schocktherapie auch unter subnormalen Vorlastparametern belegen (Sánchez-Sánchez 2013). Die Autoren schlussfolgern, dass eine Schocktherapie unter Berücksichtigung der Laktatspiegel auch unter niedriger Vorlast sicher ist und eine unnötige Flüssigkeitszufuhr vermeiden kann. Studien zeigten eine enge Korrelation zwischen Lactat bzw. negativem Basenexzess (BE) und der Mortalität (Holm 2000, Andel 2007, Cochran 2007, Herrero de Lucas 2020). In einer Registerstudie unter Einschluss von 569 Patient\*innen mit  $> 20 \%$  VKOF konnte für ein restriktives Infusionsregime im Vergleich zu einer an der Parkland-Formel orientierten Therapie eine verbesserte Überlebensrate gefunden werden (Daniels 2021).

Bei Notwendigkeit der Gabe von Katecholaminen empfiehlt die EBA zur differenzierten Therapie ein erweitertes hämodynamisches Monitoring (EBA 2017). Die Zielparameter der Hämodynamik sind hierbei an die besondere Situation des Brandverletzten anzupassen (Tabelle 1).

*Frage: Welchen Stellenwert hat die Blasendruckmessung in der Schockphase nach schwerer Brandverletzung?*

<b>Empfehlung 60</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei allen Verbrennungen &gt; 30 % VKOF oder einem Resuscitationsvolumen &gt; 250 ml/ kgKG/ erste 24 Stunden sollte die Messung des abdominellen Drucks (Blasendruckmessung) erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Diese Empfehlung folgt einem Review von Latenser unter Berücksichtigung der vorhandenen Literatur bei insgesamt sehr begrenzter Datenlage und geringer Evidenz (Latenser 2009). Ein hohes Infusionsvolumen ist mit dem Risiko der Erhöhung des abdominellen Drucks und konsekutivem abdominellen Kompartmentsyndrom (ACS) verbunden. In einer Vergleichsstudie von Oda et al. kam es bei Patienten mit Infusionsvolumen von > 300 ml/ kg zur Ausbildung eines abdominellen Kompartmentsyndroms (Oda 2006). Verschiedene Studien bei Nicht-Brandverletzten konnten zeigen, dass ein erhöhter intraabdomineller Druck bis 15 mmHg (ACS Grad 1) keinen negativen Einfluss auf das Outcome hat (Iyer 2014, Murphy 2018, Blaser 2019). Im Rahmen der Infusionstherapie ansteigende Drücke bis zu dieser Grenze können somit toleriert werden.

*Frage: Wie häufig sollte der Patient in der Schockphase nach Verbrennungen gewogen werden?*

<b>Empfehlung 61</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Das tägliche Wiegen der Patient*innen kann zur Beurteilung der Flüssigkeitsbilanz zumindest innerhalb der ersten Behandlungswoche empfohlen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Beurteilung der Flüssigkeitsbilanz ist aufgrund nicht exakt messbarer Wundverluste und mögliche operative Eingriffe schwierig. Das tägliche Wiegen der Patient\*innen kann in dieser Situation zur Einschätzung der Flüssigkeitsbilanz beitragen.

#### **Tabelle 4: Wichtige Ziel- und Steuerparameter einer adäquaten Flüssigkeitstherapie**

Diurese (0,3-) 0,5 ml/ kgKG/ h (bei Starkstromverbrennung 2 ml/ kgKG/ h)

Laktat < 2 mmol/ l, BE > -2 mmol/ l

Herzfrequenz < 110/ min

Arterieller Mitteldruck > 65 mmHg

ITBVI < 600-800 ml/ m<sup>2</sup>

Herzindex > 2,2-3,0 l/ min x m<sup>2</sup>

zentralvenöse Sättigung ScvO<sub>2</sub> > 70 %

Albumin > 25 g/ l

intraabdomineller Druck < 16 mmHg

(modifiziert nach Klose 2007, Sánchez-Sánchez 2014, ISBI Practice Guidelines Committee 2016, EBA 2017)

*Frage: Welchen Stellenwert hat Vitamin C in der Schocktherapie nach Verbrennung?*

<b>Empfehlung 62</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die hochdosierte Gabe von Vitamin C bei Verbrennungen &gt; 25 % VKOF kann erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die hochdosierte Gabe von Vitamin C erscheint zur Minderung des oxidativen Stresses und zur Verbesserung von Mikrozirkulationsstörungen und Aufrechterhaltung der endothelialen Barrierefunktion geeignet (Oudemans-van Straaten 2014). In klinischen Studien bei Brandverletzten ließen sich günstige Effekte hinsichtlich einer Verringerung der Infusionsmenge, eine verminderte Ödembildung, sowie eine verbesserte respiratorische Funktion mit verringerter Beatmungsdauer zeigen (Tanaka 2000, Kahn 2011). Die verwendete Dosis betrug 66 mg/ kg/ h über 24 Stunden. In einer retrospektiven Registerstudie unter Einschluss von 785 Brandverletzten ließ sich für eine Dosis > 10 g Vitamin C (appliziert innerhalb der ersten beiden Tage nach Trauma) eine Reduktion der Mortalität zeigen (Nakajima 2019).

Eine weitere Untersuchung fand hingegen keinen Effekt auf die Mortalität bei tendenziell erhöhter Rate an Nierenversagen (Lin 2018). Im Hinblick auf das pathophysiologische Konzept erscheint der Therapiebeginn nur innerhalb eines rationalen Zeitfensters nach Trauma (innerhalb von 6 Stunden) sinnvoll. Derzeit wird eine prospektiv randomisierte, multizentrische Studie zur Vitamin C Therapie durchgeführt (<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT04138394>).

Die widersprüchliche Datenlage erlaubt derzeit keine generelle Empfehlung für den Einsatz von Vitamin C. Die Anwendung kann in Anlehnung an das in den genannten Studien verwendete Behandlungsregime jedoch erwogen werden (s. Empfehlung 62).

*Frage: Besteht eine Indikation für Hydrocortison in der Schocktherapie nach Verbrennung?*

<b>Empfehlung 63</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei therapierefraktärem Schock kann die Gabe von low-dose-Hydrocortison erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Einige Studien konnten für den Einsatz von low-dose-Hydrocortison günstige Effekte in der Schockphase nach Verbrennungstrauma nachweisen. Huang und Kollegen fanden niedrigere Spiegel proinflammatorischer Zytokine (C-reactives Protein, TNF $\alpha$ , IL6 und IL8). Klinische Effekte waren eine verringerte Rate respiratorischer Infektionen und gastraler Ulcera, sowie eine verringerte Krankenhausverweildauer (Huang 2015). Venet und Mitarbeiter konnten in einer Placebo-kontrollierten, randomisierten Doppel-Blind-Studie einen geringeren Bedarf an Norepinephrin in der mit Hydrocortison behandelten Patientengruppe nachweisen (Venet 2015). In einer weiteren Studie ergab sich in der Therapiegruppe ein rascherer Abfall des Denver-Organ dysfunktionsscores und des SOFA-Scores. Zudem bildete sich eine initial beobachtete Proteinurie schneller zurück und der Infusionsbedarf sank. Die Autoren führten diesen Effekt vor allem eine stabilere Endothelfunktion mit geringer ausgeprägtem kapillären Leck zurück (de Leeuw 2016).

## 11.2 Beatmung und Inhalationstrauma

### 11.2.1 Beatmung

*Frage: Gibt es nichtinvasive oder invasive Beatmungsindikationen beim Brandverletzten, die von den üblichen Beatmungsindikationen eines/ einer Traumapatient\*in abweichen?*

<b>Empfehlung 64</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine prophylaktische orotracheale Intubation sollte bei Patient*innen erfolgen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Atemwegsverlegung durch ödematöse Schwellungen der Atemwege entwickeln werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine generelle Empfehlung zur orotrachealen Intubation bei Brandverletzungen besteht nicht. Individuell kann bei Brandverletzten eine orotracheale Intubation über die üblichen Empfehlungen für Traumapatienten hinaus indiziert sein (Desai 2020).

<b>Empfehlung 65</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine zirkuläre thorakale Verbrennung kann durch Restriktionen der Thorax- bzw. Abdominalwand eine vorübergehende kontrollierte mechanische Ventilation notwendig machen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Restriktion des zirkulär verbrannten Thorax / Abdomens kann zu einer unzureichenden Ventilation führen. In diesen Fällen ist akut eine mechanische Beatmung notwendig. In aller Regel kann durch die Escharotomie eine adäquate Ventilation der Lunge wiederhergestellt werden.

Frage: Wie sollen Patient\*innen mit thermischen Verletzungen beatmet werden?

Empfehlung 66	Stand 2024,  NEU
<b>Patient*innen mit thermischen Verletzungen sollen lungenprotektiv nach den Kriterien der Leitlinie „S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ beatmet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei 162 Patient\*innen mit schwerem thermischem Trauma lag in einer retrospektiven Studie die Inzidenz des ARDS bei 42 %. Das Auftreten eines ARDS war positiv mit der verbrannten Körperoberfläche und der Fläche der drittgradigen Verbrennungen korreliert (Cartotto 2016). Ein ARDS tritt bei Verbrennungspatient\*innen durch direkte thermische Schädigung des Respirationstraktes, durch ein systemisches Inflammationssyndrom oder durch extra- oder intrapulmonale Infektionen auf (Bittner and Sheridan 2023). Die Beatmung von Brandverletzten mit ARDS entspricht den Empfehlungen für nichtverbrannte Patient\*innen. Ein Tidalvolumen von 4 – 6 ml/ kgKG ist dabei die zentrale Zielgröße. Bei Brandverletzten kann es aufgrund des ausgeprägten Hypermetabolismus zu einem vermehrten Anfall von CO<sub>2</sub> kommen, welche eine Beatmung mit niedrigen Beatmungsvolumina durch eine relevante Hyperkapnie und respiratorische Azidose unmöglich machen kann (DGA 2017) (Bittner and Sheridan 2023). Eine vermehrte Patient-Ventilator-Dyssynchronie und ein Self-Induced-Lung-Injury sind dadurch ebenfalls möglich (Bittner and Sheridan 2023).

Frage: Wann sollte bei Patient\*innen mit thermischem Trauma eine Tracheotomie durchgeführt werden?

Empfehlung 67	Stand 2024,  NEU
<p><b>Bei intubierten und beatmeten Patient*innen mit hoher Wahrscheinlichkeit für eine prolongierte Beatmungsdauer / polongiertem Weaning ohne Option einer NIV und Patient*innen mit großflächigen Verbrennungswunden, die wiederholte operative Eingriffe mit entsprechender Atemwegssicherung notwendig machen, kann eine frühe Tracheotomie erwogen werden.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

Eine klare Evidenz für die Indikation und den Zeitpunkt einer Tracheotomie bei Brandverletzten existiert nicht. In einer kleineren randomisierten Studie von 2002 war eine frühe Tracheotomie nach durchschnittlich vier Tagen nach Trauma gegenüber einer späten Tracheotomie nach durchschnittlich 15 Tagen nicht mit einer Verbesserung des Outcome assoziiert (Saffle 2002). Die Patient\*innen in der nicht-tracheotomierten Gruppe konnten jedoch durchschnittlich früher extubiert werden. In einer großen retrospektiven japanischen Registerstudie bei Patient\*innen mit Verbrennungen, in der 94 Patient\*innen mit Tracheostomie mit 586 nicht-tracheostomierten Patient\*innen verglichen wurden, zeigte sich kein Unterschied in der 28-Tage-Letalität (Tsuchiya 2018). In einer aktuellen retrospektiven Studie war allerdings eine frühe Tracheotomie nach weniger als 10 Tagen im Vergleich mit einer späteren Tracheotomie mit positiven Effekten assoziiert. Dazu gehörten eine frühere aktive Physiotherapie, weniger Beatmungstage, eine geringere Krankenhausverweildauer und ein besser physischer Status bei Entlassung (Smailes 2022). Bei prolongiertem Weaning ohne Möglichkeit einer NIV sollte eine Tracheotomie erwogen werden (DGP 2019).

*Frage: Sollte die Tracheotomie perkutan oder plastisch-chirurgisch erfolgen?*

<b>Empfehlung 68</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Wahl des Verfahrens sollte sich nach den jeweiligen Indikationen und Kontraindikationen richten. Bei Patient*innen mit Verbrennungen soll insbesondere nach verbrennungsbedingten anatomischen Hindernissen (z.B. Atemwegsschwellung) gesucht werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der schwierige Atemweg und anatomische Hindernisse sind eine absolute Kontraindikation für die perkutane Tracheotomie (Klemm and Nowak 2018). Die perkutane Tracheotomie kann nach adäquater Patient\*innenselektionierung aber bei Traumapatient\*innen sicher durchgeführt werden (Decker 2016). In einer kleineren prospektiven Studie bei Brandverletzten hatten die perkutane Tracheotomie und die plastisch-chirurgische Tracheostomie vergleichbare Komplikationsraten (Smailes 2014). In einer retrospektiven Analyse der beiden Tracheotomieverfahren bei Brandverletzten mit Inhalationstrauma fand sich eine vergleichbare Sicherheit bei niedrigeren Kosten des perkutanen Verfahrens (Gravvanis 2005). Eine weitere retrospektive Studie fand bei 36 Patient\*innen ebenfalls keine unterschiedliche Komplikationsrate zwischen perkutaner und plastisch-chirurgischer Tracheotomie (Caruso 1997).

*Frage: Was ist beim Trachealkanülenmanagement und der Dekanülierung aus logopädisch/sprachtherapeutischer Sicht zu berücksichtigen?*

<b>Empfehlung 69</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Brandverletzten sollte ein frühzeitiges Trachealkanülenmanagement und eine strukturierte Dysphagietherapie in Kombination mit einer apparativen Diagnostik zur Beurteilung der Dekanülierungsfähigkeit durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Patient\*innen mit Inhalationstrauma, Verbrennungen im Kopf-/ Halsbereich, prolongierter endotrachealer Intubation und geblockter Trachealkanüle können eine reduzierte laryngeale Sensibilität, eine gestörte Motorik und strukturelle Veränderungen aufweisen. Dies kann zu einem reduzierten Speichel- und Bronchialsekretmanagement und zu einer reduzierten Schluck- und Schutzreflextriggerung und damit zu einem erhöhten Aspirationsrisiko führen (Clayton 2010, Rumbach 2012, Clayton 2020).

Durch ein frühzeitiges standardisiertes Trachealkanülenmanagement und eine strukturierte Dysphagietherapie durch Logopädie/Sprachtherapie kann die laryngeale Sensibilität und die Motorik des Schluckens verbessert und der Aspirationsgrad gesenkt werden (Heidler 2007, Ledl 2017, DGP 2019, Schwegler 2022). Darüber hinaus wird durch die Möglichkeit zu sprechen, die Lebensqualität erheblich verbessert. Die apparative Diagnostik FEES (Fiberendoskopische Evaluation des Schluckens) objektiviert die Dekanülierungsfähigkeit der Patient\*innen mit dem Ziel einer möglichst niedrigen Aspirationspneumonie- und Rekanülierungsrate (Lapa 2023, Ledl 2023). Das diagnostische und therapeutische Vorgehen gilt analog für Patient\*innen mit Hinweisen auf eine verletzungsbedingte Störung des Schluckvermögens (siehe Kapitel 10.3).

Frage: Wann benötigten Patient\*innen mit thermischen Verletzungen eine ECMO-Therapie?

<b>Empfehlung 70</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b>Die Indikation einer ECMO-Therapie bei Patient*innen mit therapierefraktärem Lungenversagen aufgrund eines Verbrennungstraumas oder eines Inhalationstraumas soll nach den üblichen Therapieindikationen für eine ECMO-Therapie gestellt werden. Die Therapie dieser Patient*innen soll in Zentren durchgeführt werden, die sowohl die Expertise in der Verbrennungsmedizin, als auch in der ECMO-Therapie besitzen.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

In einer aktuellen Metaanalyse hatten Patient\*innen, die aufgrund eines Verbrennungstraumas oder eines Inhalationstraumas ein therapierefraktäres Lungenversagen entwickelten und mittels ECMO therapiert wurden, eine Überlebensrate von 54%, was nur knapp über dem Wert für Nicht-Brandverletzten liegt (Nosanov 2017, Ng 2023).

In Fallserien konnten positive Effekte der ECMO-Therapie bei Brandverletzten mit ARDS beschrieben werden (Fouché 2023, Huang 2023). Eine kürzlich veröffentlichte Umfrage unter Nordamerikanischen Verbrennungszentren ergab zwar eine Nutzung einer ECMO-Therapie, bemängelte aber fehlende Evidenz, fehlende Protokolle in 60% der Zentren sowie einen mangelnden Erfahrungsaustausch v.a. im Umgang mit einem perioperativen Prozedere der Antikoagulation (Hebert 2022).

Aktuell existieren keine sicheren verbrennungsspezifischen Kriterien für die Indikation zu einer ECMO-Therapie. Es wird daher empfohlen sich an den Kriterien für Nicht-Brandverletzte zu orientieren (Tonna 2021).

### 11.2.2 Inhalationstrauma

Gemäß des Verbrennungsregisters der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin liegt der Anteil von Brandverletzten mit einem Inhalationstrauma seit 2015 zwischen 11,7 und 15,4% (DGV 2022). Ein Inhalationstrauma setzt eine Kaskade an pathologischen Mechanismen in Gang, die eine wesentliche Ursache für eine erhöhte Morbidität und Letalität darstellen (Enkhbaatar 2018). Dabei sind die Dauer der Rauchexposition, die Temperatur des eingeatmeten Gases und die Komposition Determinanten der Schwere der Verletzung (Kimura 1988). Thermische Schädigungen der oberen Atemwege können durch Schwellung zu einer akuten Atemwegsverlegung führen. Die Schädigung der unteren Atemwege oder des Lungenparenchyms durch Hitze, Partikel oder Brandgase führen zu einer Gasaustauschstörung durch Verlegung der unteren Atemwege, bronchiale Obstruktion und vermehrte bakterielle Infektionen. Sekundäre Lungenschädigungen treten bei großflächigen Verbrennungen durch das systemische Inflammations-Response Syndrom auf (Enkhbaatar 2018).

Frage: Wie soll ein Inhalationstrauma diagnostiziert werden?

<b>Empfehlung 71</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Das Inhalationstrauma ist in erster Linie eine klinische Diagnose und soll sich vornehmlich an klinischen Zeichen, ggf. gestützt durch einen bronchoskopischen Befund, orientieren.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Klinische Hinweise auf ein Inhalationstrauma sind Gesichtsverbrennungen, verbrannte Gesichtshaare, Verbrennungen der Mundschleimhaut, Ruß in Nase und Mund und rußhaltiges Sputum. Auch die genaue Anamnese bzgl. Örtlichkeit (geschlossener Raum, häusliches Umfeld, Arbeitsplatz/ Industrie) und Dauer der Rauchexposition und die Art (Rauch, Dampf oder Gase) kann die Diagnose erhärten.

Mittels Eine Bronchoskopie ermöglicht insbesondere die Einschätzung des tiefen Inhalationstraumas (gerötete Schleimhaut, Blasenbildung, Nekrosen) (Mosier 2012). Falls eine Bronchoskopie durchgeführt wird, ist die Gewinnung mikrobiologischer Proben sinnvoll. Die Aufnahmediagnostik beinhaltet in der Regel eine Röntgen-Thorax-Untersuchung.

Hinweise auf eine Inhalationsvergiftung (Kohlenmonoxidintoxikation, Zyanidintoxikation) ergeben sich aus klinischen Symptomen. Klinisch sind beide Arten der Vergiftung schwierig zu unterscheiden. Dabei differiert der Symptomkomplex auch mit dem Vorhandensein von Komorbiditäten. So können vorbestehende kardiovaskuläre oder pulmonale Erkrankungen aufgrund der Gewebshypoxie exazerbieren. Eine Zyanose besteht in aller Regel nicht.

Frage: Welche Laborparameter sind bei einem Inhalationstrauma zu beachten?

<b>Empfehlung 72</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die arterielle Blutgasanalyse mit Bestimmung von Kohlenmonoxid und Methämoglobin sollte initial durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine initiale Veränderung des Gasaustausches kann ein schweres Inhalationstrauma anzeigen. Dabei ist ein deutlich erniedrigter pH-Wert unter 7,2 im Zusammenhang mit einer Kohlenmonoxidintoxikation mit einer deutlichen Letalitätssteigerung vergesellschaftet (Hampson and Hauff 2008). Zur Diagnostik einer Kohlenmonoxidintoxikation ist die Bestimmung des Co-Hb mittels Blutgasanalyse sinnvoll (DGP 2021). Obwohl Kohlenmonoxid keine Lungenschädigung verursacht, korreliert der arterielle COHb Gehalt mit dem Schweregrad des Inhalationstraumas und sollte daher bei Aufnahme bestimmt werden (Clark 1981). Kohlenmonoxid und Methämoglobin sind Marker für eine stattgehabte Exposition gegenüber toxischen Rauchgasen und können Aufschluss über den Grad der Vergiftung geben (DIVI 2021). Methämoglobin gibt darüber hinaus ggf. Hinweise auf die Ursache von Vergiftungserscheinungen. So kann es unter Exposition gegenüber Nitriten, Nitrobenzolen oder Anilin zu einer vermehrten Bildung kommen. Auch durch Ingestion aufgenommene Gifte (z.B. Sulfonamide) oder angeborene Defekte der Methämoglobin-Reduktase lassen sich so differentialdiagnostisch erkennen.

Frage: Wie kann ein Inhalationstrauma nach dem Schweregrad klassifiziert werden?

<b>Empfehlung 73</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Aufgrund der Diversität und fehlenden klinischen Verbreitung von Klassifikationssystemen für das Inhalationstrauma können wir keine Empfehlung für oder gegen ein Beurteilungsverfahren geben.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Für die Klassifikation eines Inhalationstraumas sind diverse Scores entwickelt worden. Exemplarisch seien drei häufig verwendete Scores ohne präferentielle Wertung in alphabetischer Reihenfolge genannt:

- Ikonomidis et al's classification of endoscopic grade in inhalation injury (Ikonomidis 2012)

- Modifizierter Abbreviated Injury Score (AIS) nach Endorf und Gamelli (Endorf und Gamelli 2007)
- Radiologist's Score (RADS) (Park 2003)

Kein Score umfasst alle Parameter eines Inhalationstraumas. Zudem erfordern die visuellen Scores vom Untersucher eine gewisse Expertise, um sicher eine Einschätzung anhand der vorgegebenen Matrix geben zu können. Aufgrund von initialen starken Verrußungen kann zudem die Beurteilbarkeit der Schleimhäute eingeschränkt sein.

Beispiel für eine Schweregradeinteilung des Inhalationstraumas anhand des endobronchialen Befundes (Endorf und Gamelli 2007)

Grad	Kennzeichen
I	minimale, teils fleckige Schleimhautrötung und -schwellung
II	moderate Schleimhautrötung und –schwellung
III	schwere Entzündungsreaktion, Kontaktblutung der Schleimhaut
IV	Nekrose, Schleimhautablösung und Ulzeration

*Frage: In welcher Form und wie lange sollte ein Patient\*innen mit Inhalationstrauma ohne weitere Intensivindikation überwacht werden?*

<b>Empfehlung 74</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es sollte eine Überwachung für mindestens 24 Stunden erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ein Inhalationstrauma führt zu einer starken Zunahme der Lungendurchblutung und der Extravasation von Flüssigkeit. Diese Veränderungen treten zeitverzögert innerhalb der ersten 24 Stunden nach Inhalationstrauma auf (Herndon 1987). Daher sollten Patient\*innen mit vermutetem oder bestätigtem Inhalationstrauma für mindestens 24 Stunden überwacht

werden. Die Messung des extrazellulären Lungenwassers (ELW) kann die Diagnostik unterstützen (Herndon 1987).

*Frage: Hat das Inhalationstrauma einen Effekt auf den Flüssigkeitsbedarf?*

<b>Empfehlung 75</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Patient*innen mit schweren Verbrennungen und Inhalationstrauma sollte von einem erhöhten Volumenbedarf ausgegangen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die vorliegenden Studien zum Flüssigkeitsbedarf von Patient\*innen mit Verbrennungstrauma sowie Inhalationstrauma sind sämtlich retrospektiv, haben kleine Fallzahlen und folgten unterschiedlichen Volumenprotokollen (Deutsch 2018). Dennoch kann als Konsequenz aus der vorhandenen Datenlage ein gesteigerter Volumenbedarf nach Inhalationstrauma angenommen werden. Das Ausmaß des erhöhten Volumenbedarfs lässt sich nicht sicher abschätzen.

*Frage: Sollen Patient\*innen mit Inhalationstrauma mit inhalativ vernebeltem Heparin therapiert werden?*

<b>Empfehlung 76</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Therapie mit vernebeltem Heparin kann bei Inhalationstrauma erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ein Inhalationstrauma führt zu intrapulmonaler Endotheldysfunktion mit einer Koagulopathie und der Bildung von fibrinreichen Eiweißablagerungen. Die inhalative Therapie mit Antikoagulanzen erscheint daher sinnvoll. Eine systematische Übersichtsarbeit aus 19 Arbeiten kam 2014 zu dem Schluss, dass vernebelte Antikoagulanzen einen positiven Effekt auf das Überleben von Patient\*innen mit Inhalationstrauma haben könnten (Miller 2014).

Eine retrospektive Untersuchung konnte durch die Applikation von inhalativem Heparin eine Verkürzung der Beatmungsdauer zeigen (McGinn 2019). Zwei weitere Übersichtsarbeiten aus dem Jahr 2020 kamen zu dem Schluss, dass vernebeltes Heparin die Oxygenierung verbessern und die Beatmungsdauer verkürzen könnte (Lan 2020, Phelps 2020). Multizentrische Studien zu dieser Fragestellung existieren nicht.

*Frage: Welche weiteren Medikamente werden zur Therapie des Inhalationstraumas empfohlen?*

<b>Empfehlung 77</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Anwendung von inhalativem Stickstoffmonoxid (iNO) oder Iloprost kann bei Ventilations-Perfusions-Mismatch und daraus resultierender Oxygenierungsstörung erwogen werden. Steroide sollten aufgrund eines Inhalationstraumas nicht verabreicht werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Es existieren nur eine begrenzte Anzahl an kleineren Studien, die entweder keinen Überlebensvorteil (Adhikari 2007, Newsome 2017) oder einen Überlebensvorteil (Sheridan and Hess 2009) bei Anwendung von inhalativem Stickstoffmonoxid (iNO) oder Iloprost zeigen konnten. In allen Studien wurde jedoch festgestellt, dass die Anwendung mit einer Verbesserung der Oxygenierung assoziiert und sicher war.

Für die Applikation von Steroiden bei einem Inhalationstrauma konnte bislang kein Behandlungsvorteil gezeigt werden (Deutsch 2018). Demgegenüber gibt es Hinweise, dass die Anwendung mit einer Exazerbation von Infekten vergesellschaftet ist (Bartley 2009).

*Frage: Sollen Patient\*innen mit thermischem Trauma und einer Kohlenmonoxidintoxikation eine hyperbare Sauerstofftherapie erhalten?*

<b>Empfehlung 78</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine hyperbare Sauerstofftherapie kann bei Vorliegen schwerer Vergiftungssymptome (Azidose, Vigilanzminderung, respiratorische Insuffizienz) nach individueller Nutzen-Risikoabwägung in Einzelfällen erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ein Verbrennungstrauma geht gehäuft mit einer Kohlenmonoxidintoxikation einher. Kohlenmonoxid ist für etwa 50% der außerhospitalen Herz-Kreislaufstillstände bei Verbrennungspatient\*innen verantwortlich (Hoshino 2023). Bei Patient\*innen mit Kohlenmonoxidintoxikation wird die Atmung bzw. Beatmung mit 100% Sauerstoff unabhängig von der Sauerstoffsättigung über 6 Stunden bzw. bis zur Symptombefreiheit als zentrale Therapie empfohlen (DGP 2021). Die genannte Leitlinie weist ausdrücklich darauf hin, dass die Applikation von Sauerstoff über NIV/ CPAP, Masken oder HFNC erfolgen kann (DGP 2021). Die S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung empfiehlt ebenfalls die Applikation von Sauerstoff über dichtsitzende Masken, möglichst mit Demand-Ventil, oder über ein CPAP- oder NIV-System. Die Halbwertszeit des COHb kann durch einen PEEP von 5 – 12 cm H<sub>2</sub>O deutlich reduziert werden (DIVI 2021).

In der aktuellen S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung wird bei Anzeichen einer schweren Kohlenmonoxidvergiftung mit Azidose, respiratorischer Insuffizienz, Vigilanzstörung oder kardialer Ischämie die hyperbare Sauerstofftherapie mit einem „Sollte durchgeführt werden“ Grad empfohlen (DIVI 2021). Auf Patient\*innen mit zusätzlichem Verbrennungstrauma wird in den Leitlinien nicht explizit eingegangen. In der S3 Leitlinie Sauerstoff in der Akuttherapie des Erwachsenen ist die hyperbare Sauerstofftherapie für Patient\*innen mit schwerer Kohlenmonoxidintoxikation mit einer „Kann“-Empfehlung versehen (DGP 2021). Auf die Kombination aus Kohlenmonoxidintoxikation und Verbrennungstrauma wird auch in dieser Leitlinie nicht explizit eingegangen.

In der Hyperbarmedizin wird die Indikation einer hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO) bei Brandverletzten sehr zurückhaltend gestellt. Eine klinisch relevante Bildung von freien

Sauerstoffradikalen durch das Verbrennungstrauma und durch den hyperbaren Sauerstoff (Yamaguchi 1992) mit negativen Effekten auf Organfunktionen kann nicht ausgeschlossen werden. In einer retrospektiven Untersuchung war in 67 Patient\*innen mit einer Kombination aus Verbrennungstrauma und Inhalationstrauma eine hyperbaren Sauerstofftherapie mit einem schlechteren Outcome im Vergleich zu einer Therapie ohne HBO assoziiert (Nygaard und Endorf 2021). Insgesamt ist die Datenlage zu den Effekten der hyperbaren Sauerstofftherapie beim Verbrennungstrauma stark limitiert (Weitgasser 2021). Eine hyperbare Sauerstofftherapie ist in Deutschland nicht flächendeckend verfügbar und würde daher in vielen Fällen den Transport von Patient\*innen mit den entsprechenden Risiken bedeuten.

*Frage: Welche spezifischen Therapieoptionen ergeben sich bei einer Zyanidintoxikation?*

<b>Empfehlung 79</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Supportiv soll eine 100% Sauerstoffbeatmung / Insufflation mit hohem Fluss erfolgen. Bei schweren Vergiftungen kann Hydroxocobalamin als Antidot erwogen werden. Eine prophylaktische Gabe von Hydroxocobalamin soll nicht erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Als Antidot wird aufgrund seines Nebenwirkungsprofils von einer europäischen Expertengruppe insbesondere das Hydroxocobalamin empfohlen (Anseeuw 2013). Allerdings war in einer retrospektiven Studie die Gabe von Hydroxocobalamin bei Patient\*innen mit Zyanidintoxikation mit einer erhöhten Rate von Nierenschädigungen assoziiert und konnte die Überlebenswahrscheinlichkeit nicht erhöhen (Dépret 2019). Als Nebenwirkung färbt Hydroxocobalamin Körperflüssigkeiten, wodurch es zu Verfärbungen der Haut, des Blutes und des Urins kommen kann. Dies kann zu Fehlbestimmungen von Laboranalysen führen. Die Implementation von Protokollen für die laborchemische Analyse von Proben nach Hydroxycobalamingabe wird daher empfohlen (Dang 2021).

### 11.3 Ernährung und metabolische Therapie

Die Ernährung brandverletzter Patient\*innen erfolgt nach den allgemeinen Empfehlungen für Intensivpatient\*innen und orientiert sich an der jeweils aktuell gültigen Version der S2k-Leitlinie Klinische Ernährung (DEGEM 2019) unter Berücksichtigung pathophysiologischer Besonderheiten des/ der Brandverletzten.

Ab einer verbrannten Körperoberfläche von mehr als 15 – 20 % kommt es bei Brandverletzten nach der Akutphase zu einem prolongierten katabolen Hypermetabolismus mit resultierendem Mehrverbrauch an Energie und Substraten (Dickerson 2002, Rousseau 2013, Clark 2017). Dieser führt nicht nur zu Gewichtsverlust, Muskelabbau, verzögerter und gestörter Wundheilung, sondern auch zum Auftreten von schweren Infektionen bedingt durch eine Dysfunktion des Immunsystems (Yu 1999, Clark 2017). Die Veränderungen halten mitunter länger als ein Jahr nach dem Trauma an (Jeschke 2011, Chao 2015, Clark 2017).

Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen zur Ernährung und metabolischen Therapie können sinnvoll als „Metabolisches Bündel“ zusammengefasst werden (Taha 2019). Bezüglich der Details zu den empfohlenen Therapien (z.B. Dosierungen und Monitoring) wird auf das Positionspapier „Metabolisches Bündel“ des Arbeitskreises Intensivmedizin der DGV in der jeweils aktuellen Version verwiesen (Arbeitskreis Intensivmedizin DGV 2020).

Frage: Wie sollte die Ernährung des/der Brandverletzten erfolgen (oral, enteral, parenteral)? Wann sollte eine parenterale Ernährung erfolgen? Wann sollte die Ernährung begonnen werden?

<b>Empfehlung 80</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine enterale Ernährung sollte frühestmöglich, jedoch spätestens innerhalb der ersten 24 Stunden begonnen werden. Bei unzureichendem Erreichen des Kalorien- und Proteinziels sollte eine zusätzliche supplementäre parenterale Ernährung erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Wenn absehbar keine bedarfsdeckende orale Ernährung innerhalb der frühen Akutphase erreichbar ist, sollte eine enterale klinische Ernährungstherapie über eine nasogastrale Sonde innerhalb von 24 Stunden nach Aufnahme begonnen werden (Clark 2017, DEGEM 2019). Eine kombinierte parenterale Ernährung soll dann erfolgen, wenn das Kalorien- und Proteinziel über die enterale Ernährung nicht oder nur unzureichend erreicht wird. Die klinische Ernährung sollte anhand von Protokollen erfolgen und vor Beginn der Ernährungsstatus z. B. per Nutritional Risk Screening (Schütz 2005) abgeschätzt werden (DEGEM 2019).

*Frage: Welche Diagnostik ist aus logopädisch/sprachtherapeutischer Sicht vor der Oralisierung brandverletzter Patient\*innen erforderlich?*

<b>Empfehlung 81</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Vor der Oralisierung der Patient*innen sollte bei einem klinischen Verdacht auf eine Dysphagie ein standardisiertes Dysphagie-Assessment durch die Logopädie/Sprachtherapie erfolgen. Zur näheren Befundung der Dysphagie sollten instrumentelle Verfahren zur Verfügung stehen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Patient\*innen mit schwerer Brandverletzung haben ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Dysphagie. Die Inzidenz für das Vorliegen einer Dysphagie wurde in Untersuchungen mit 11 bis 28 % angegeben (Pavez 2019; Rumbach 2011). Patient\*innen mit Inhalationstrauma haben hierbei ein 16-fach höheres Risiko, eine Dysphagie zu entwickeln. Untersuchungen fanden eine Inzidenz von bis zu 90% im Vergleich zu 6% bei Brandverletzten ohne Inhalationstrauma (Clayton 2020; Rumbach 2011, Rumbach 2012).

Signifikante Prädiktoren sind laut den Australian & New Zealand Burn Association (ANZBA allied health guidelines) Verbrennungen > 18 % KOF, Kopf- und Halsverbrennungen, die Notwendigkeit einer Escharotomie, das Vorliegen eines Inhalationstraumas, die Notwendigkeit einer Aufnahme auf der Intensivstation und die Notwendigkeit einer maschinellen Beatmung (Rumbach 2011, Rumbach 2014).

Zur Befundobjektivierung bei Dysphagie bietet sich insbesondere die FEES als bettseitige Untersuchung auf der Intensivstation an (DGN 2020).

Frage: Welche Therapie ist bei gesicherter Dysphagie indiziert?

<b>Empfehlung 82</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Vorliegen einer Dysphagie sollte eine standardisierte Dysphagietherapie durch die Logopädie/ Sprachtherapie durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zur Behandlung der Dysphagie brandverletzter Patienten stehen aktuell keine spezifischen Behandlungsverfahren zur Verfügung. Vielmehr wird auf die bekannten Konzepte zur Behandlung neurogener Dysphagien wie der funktionellen Dysphagietherapie (FDT) (Bartolome 2022), manuelle Techniken und stimulierende Verfahren wie die facio-orale Trakttherapie (FOTT) (Nusser-Müller-Busch 2015) zurückgegriffen (DGN 2020). Clayton und Kollegen empfehlen darüber hinaus Bewegungsübungen und Dehnungen der orofacialen Strukturen zur Kontrakturprophylaxe (Clayton 2017).

Frage: Welches Kalorienziel sollte angestrebt werden?

<b>Empfehlung 83</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Soweit verfügbar, sollte die indirekte Kalorimetrie verwendet werden. Wenn keine Kalorimetrie zur Verfügung steht, sollte in der Akutphase der Energieumsatz bzw. das kalorische Ziel bei nicht adipösen kritisch kranken Patient*innen (<math>\text{BMI} &lt; 30 \text{ kg/m}^2</math>) mit 24 kcal/ kg aktuelles Körpergewicht/ Tag geschätzt werden. Der Kalorienbedarf sollte im Verlauf an den aktuellen Zustand der Patient*innen angepasst werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die DEGEM empfiehlt bei der Ernährungstherapie das Kalorien- und Protein-/ Aminosäurenziel in der Akutphase und die individuelle metabolische Toleranz zu berücksichtigen (DEGEM 2019). Entsprechend der Ernährungsleitlinien sollte die indirekte Kalorimetrie zur Bestimmung

des Energieumsatzes/ kalorischen Ziels eingesetzt werden. Alternativ kann der Energieumsatz bzw. das kalorische Ziel über die CO<sub>2</sub>-Produktionsrate (VCO<sub>2</sub>-Methode) ermittelt werden, wenn keine Kalorimetrie zur Verfügung steht (DEGEM 2019). Die aus dem Energieumsatz abgeleitete kalorische Zufuhr berücksichtigt nicht die endogene Energieproduktion im Rahmen der initialen Katabolie. Daher ist auf die metabolische Verträglichkeit der exogenen Energiezufuhr zu achten.

Hinsichtlich der Kalorienzufuhr wird eine sukzessive Steigerung empfohlen, um 75 % des gemessenen oder geschätzten Energieumsatzes (also des Kalorienziels) spätestens am Ende der frühen Akutphase zu erreichen. In der späten Akutphase wird die Ernährung entsprechend der individuellen metabolischen Toleranz weiter so gesteigert, dass bis zum Ende der Akutphase (4 – 7 Tage nach Beginn) 100 % des Kalorienziels erreicht werden (DEGEM 2019). Eine gültige Definition, wann das Ende der Akutphase bei Brandverletzten erreicht ist, existiert allerdings nicht. In der Rekonvaleszenz bzw. Rehabilitationsphase empfiehlt die DEGEM eine Steigerung der Energiezufuhr auf 36 kcal/ kg. Die Leitlinien zur klinischen Ernährung befürworten zudem die Nutzung von Protokollen. Komplexe Formeln zur Berechnung des Energieumsatzes werden hingegen nicht empfohlen (DEGEM 2019). Nachteil dieser Formeln ist die unzureichende Abbildung individueller Bedürfnisse im Hinblick auf den stark schwankenden Energiebedarf thermisch verletzter Patient\*innen. Eine Studie mit 46 verschiedenen Formeln zur Vorhersage des Kalorienbedarfs bei Brandverletzten ergab, dass keine dieser Formeln gut mit dem gemessenen Energieverbrauch korrelierte (Dickerson 2002). Das Erreichen des Kalorienziels ist aufgrund von Ernährungspausen infolge wiederholter operativer Prozeduren, Intoleranzen oder auch aufgrund Notwendigkeit verschiedener diagnostischer Verfahren oft schwierig. Eine klinische Untersuchung bei kritisch kranken Brandverletzten ergab einen durch das präoperative Nüchternheitsgebot bedingten Verlust von mehr als 50 % des Kalorienziels am Tag der Operation. Die Autoren empfehlen eine um das entstandene Defizit erhöhte Rate über einen Zeitraum von 5 Tagen postoperativ (Pham 2018). In einer kleinen Metaanalyse unter Einschluss von 4 Studien mit insgesamt 161 Patient\*innen mit Verbrennungen ergab sich für die intraoperative Fortsetzung der enteralen Ernährung keine erhöhte Rate an Aspirationen, Pneumonien und Wundinfektionen bei vergleichbarer Letalität. Im Rahmen einzelner Studien erhielten Patient\*innen mit intraoperativer enteraler Ernährung deutlich mehr Kalorien als normal nüchterne Patient\*innen. Aufgrund des überwiegend retrospektiven Studiendesigns und der geringen

Patientenzahl können derzeit jedoch keine Empfehlungen zur intraoperativen enteralen Ernährung ausgesprochen werden (Pham 2020). Eine Alternative könnte das Konzept der volumenbasierten Ernährung darstellen. Hierbei wird ein definiertes Tagesvolumen vorgegeben und die stündliche Laufrate (unter kontinuierlicher Substratinfusion) an mögliche Unterbrechungen der Nahrungszufuhr angepasst (DEGEM 2019). Eine jüngere Meta-Analyse konnte für dieses Konzept bei kritisch Kranken eine signifikant verbesserte Energie- und Proteinzufuhr zeigen, ohne dass ernährungsbedingte Komplikationen wie Diarrhoe, Erbrechen, gastrale Retention oder Intoleranz zunahmen (Wang 2023). Auch die intraoperative Fortsetzung einer bestehenden parenteralen Ernährung könnte zum Erreichen des Kalorienziels beitragen. Klinische Studien bei Brandverletzten existieren hierzu nicht.

Frage: Wie sollte die Zusammensetzung der einzelnen Komponenten der Ernährung (Zucker, Eiweiß, Fett) bei Brandverletzten sein?

<i>Empfehlung 84</i>	<i>Stand 2024, NEU</i>
<b>Die Ernährung von Patient*innen mit thermischen Verletzungen sollte kohlenhydrat- und proteinreich erfolgen. Für die Mehrheit der Patient*innen sollte eine tägliche Eiweißzufuhr von 1,5-2,0 g/ kg erzielt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Hinsichtlich der Zusammensetzung der Ernährung wird ein erhöhter Proteinanteil (1,5 – 2 g/ kg/ d) empfohlen (Rousseau 2013). Der Proteinkatabolismus ist das zentrale Problem des verbrennungsinduzierten Hypermetabolismus. Eine kohlenhydratreiche Diät kann im Vergleich zu einer fettreichen Ernährung die Muskelproteindegradation signifikant reduzieren (Hart 2003, Clark 2017). Andererseits kann eine Hyperglykämie den Proteinkatabolismus verstärken (Gore 2002). Einige Autoren empfehlen, bei der Kohlenhydratzufuhr eine Maximaldosis von etwa 7 g/ kg/ d nicht zu überschreiten, da eine Kohlenhydrat-Übersversorgung zudem u.a. zu Fettkonversion, Dehydratation und respiratorischen Problemen durch einen erhöhten Anfall von Kohlendioxid führt (Sheridan 1998, Wolfe 1998, Rodriguez 2011). Die DEGEM empfiehlt, eine Blutzuckerkonzentration von 10 mmol/ l (180

mg/ dl) nicht zu überschreiten und unterhalb einer Förderrate für Kohlenhydrate von 4 mg/ kg/ min zu bleiben (DEGEM 2019).

Für allgemeine Intensivpatienten wird ein kalorisches Kohlenhydrat-/Fett-Verhältnis von 70:30 bis zu 50:50 empfohlen. Die DEGEM empfiehlt, eine Förderrate für Kohlenhydrate von 4 mg/ kg/ min nicht zu überschreiten (DEGEM 2019). Die empfohlene Obergrenze der Fettapplikation von maximal 1,5 g/kg/d erscheint für Brandverletzte zu hoch. In mehreren Untersuchungen konnte für einen deutlich verringerten Fettanteil zumindest bei enteraler Ernährung günstige Effekte auf das Outcome nachgewiesen werden. Dazu zählten die Reduktion infektiöser Komplikationen (Pneumonie, Wundinfektion, Sepsis), eine verbesserte Wundheilung und verkürzte Krankenhausverweildauer (Übersicht bei Shields 2019). Anzumerken ist, dass in den Untersuchungen überwiegend Omega-6-Fettsäuren verwendet wurden (im Gegensatz zu in Deutschland in höherem Maße verwendeten Omega-3-Fettsäuren). Im angloamerikanischen Raum gibt es daher die Empfehlung, den Anteil der Lipide an der Energiezufuhr bei < 15% zu halten und bei kurzfristiger parenteraler Ernährung (bis 14 Tage) gänzlich auf Fette zu verzichten (Carson 2018). Im Hinblick auf die mangelnde Verfügbarkeit entsprechend komponierter Ernährungslösungen in Deutschland lässt sich diese Empfehlung nicht uneingeschränkt übertragen. Eine Absenkung des Lipidanteils kann über die Applikation der Einzelkomponenten erreicht werden, allerdings mit dem Nachteil, dass die Ernährung dann nicht bilanziert ist. Die aktuell noch gültigen ESPEN-Empfehlungen für Brandverletzte befürworten eine Reduktion des Fettanteils auf < 30% an Nicht-Protein-Kalorien ohne Überschreiten einer Glucoseförderrate von 5 mg/ kg/ min (Rousseau 2013). Es kann zumindest empfohlen werden, sich bezüglich der Lipidgabe an dem unteren Grenzwert von 0,7 g/ kg/ d der ESPEN-Guidelines zur Parenteralen Ernährung (Singer 2009) zu orientieren. Zusätzliche Lipidzufuhren, z.B. im Rahmen der Sedierung mit Propofol, sind zu berücksichtigen.

Glutamin hat einen positiven Einfluss auf das Immunsystems, die Darmfunktion- und integrität und weist mittelbar anti-oxidative und anti-inflammatorische Effekte auf. Eine aktuelle Meta-Analyse unter Einschluss von 7 RCTs und 328 brandverletzter Patient\*innen ergab für die Gruppe mit Glutamin Supplementation eine geringere Krankenhaussterblichkeit und Infektionsrate (Mortada 2022). Noch nicht eingeschlossen in diese Meta-Analyse wurde eine große prospektiv-randomisierte Multicenter-Studie unter Einschluss von 1200 Patient\*innen mit schweren Verbrennungen. Hier ließen sich keine günstigen Effekte auf das Outcome

finden (Heyland 2022), so dass unter Berücksichtigung dieser Daten keine Empfehlung für den Einsatz von Glutamin gegeben werden kann.

*Frage: Welche Mikronutrition sollte bei Brandverletzten erfolgen?*

<b>Empfehlung 85</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Im Rahmen der metabolischen Therapie sollen Defizite an Spurenelementen und Vitaminen ausgeglichen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei einer schweren Brandverletzung wird die zusätzliche Supplementation von Zink, Kupfer, Selen sowie Vitamin B1, C, D und E empfohlen (Berger 2008, Rousseau 2013, Clark 2017). Die Rationale sind potenziell günstige Effekte auf das Immunsystem, die Wundheilung sowie antioxidative Effekte, wobei es primär um den Ausgleich entstandener Defizite geht. Solange kein vollständiger Wundverschluss erreicht ist, bestehen Verluste an Kupfer, Selen und Zink fort (Berger 1992, Rousseau 2013, Taha 2019).

Brandverletzte haben zudem eine hohe Prävalenz eines Vitamin-D-Mangels. Neben der Steuerung des Calciumspiegels und damit des Knochenstoffwechsels wird Vitamin D eine wesentliche Rolle bei der Immunantwort, Zellproliferation einschließlich dermalen Zellen und dem Muskelstoffwechsel zugeschrieben (Rousseau 2015, Rech 2019). Eine retrospektive Untersuchung konnte für Patient\*innen mit bei Aufnahme erniedrigten Vitamin D-Spiegeln verlängerte Beatmungszeiten verbunden mit einer verlängerten Verweildauer sowie eine erhöhte Rate an Infektionen und Transplantatverlusten zeigen (Blay 2017). In einer prospektiven Multicenter-Studie unter Einschluss von 412 Patient\*innen mit thermischen Verletzungen war ein Mangel an Vitamin D mit einer höheren Rate an Infektionen und Nierenversagen mit Notwendigkeit der Nierenersatztherapie, weniger beatmungsfreien Tagen in den ersten 28 Tagen sowie einem vermehrten Bedarf an Vasopressoren verbunden (Garner 2022). Zur optimalen Dosis und den angestrebten Blutspiegeln kann derzeit keine Aussage getroffen werden (Rech 2019).

Die Datenlage erlaubt den Schluss, dass der Tagesbedarf gedeckt und darüber hinaus bestehende Defizite ausgeglichen werden sollen.

*Frage: Welche nicht-pharmakologischen und pharmakologischen Maßnahmen zur Beeinflussung des (Hyper-) Metabolismus gibt es?*

<b>Empfehlung 86</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es sollen Maßnahmen zur Modulation des Metabolismus insbesondere der Reduktion der Katabolie unter Einbeziehung nichtpharmakologischer und pharmakologischer Therapiekonzepte erfolgen. Die pharmakologische Therapie umfasst die Gabe von Propanolol und Insulin.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zu den nichtpharmakologischen Maßnahmen zählen die frühe, definitive chirurgische Versorgung der Verbrennungswunden, das Anheben der Umgebungstemperatur in den Neutralbereich für Schwerbrandverletzte, die frühe kohlenhydrat- und eiweißreiche enterale Ernährung sowie die intensive physiotherapeutische Beübung (Pereira 2005, Kaddoura 2017, Clark 2017).

Das synthetische Testosteron-Analogon Oxandrolon führt über die Bindung an intrazelluläre Androgenrezeptoren zur Stimulation der Proteinsynthese und zu Anabolismus. Über eine kompetitive Hemmung der Glukokortikoidrezeptoren besitzt Oxandrolon zusätzlich antikatabole Effekte (Miller 2009). In einer Metaanalyse unter Einschluss von 15 randomisierten kontrollierten Studien konnte unter Oxandrolon sowohl eine verkürzte Krankenhausverweildauer, eine verkürzte Heilung der Hautentnahmestellen mit Möglichkeit der Verkürzung des Zeitabstands zwischen zwei chirurgischen Eingriffen, als auch ein verringerter Gewichts- und Stickstoffverlust gefunden werden. In der rehabilitativen Phase war ebenfalls die Verweildauer verkürzt und der Verlust an Gewicht und fettfreier Körpermasse vermindert. Im Langzeitverlauf führte Oxandrolon zu einem zusätzlichen Anstieg der fettfreien Körpermasse nach 6 und 12 Monaten. Im Vergleich zu den Kontrollgruppen kam es zu keinen Unterschieden hinsichtlich der Leberfunktion. Eine erhöhte Rate an Leberversagen wurde nicht beobachtet. Die verwendete Dosierung betrug 20 mg/ d bzw. 0,2

mg/ kg/ d (Li 2016). Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Leitlinie wurde das Präparat in den USA vom Markt genommen, sodass Oxandrolon derzeit nicht mehr zur Verfügung steht. Die Beta-Rezeptorenblockade durch Propanolol kann den durch die posttraumatisch langanhaltend erhöhten Katecholaminspiegel gesteigerten myokardialen Sauerstoffverbrauch, ohne negativen Einfluss auf die Sauerstoffverwertung, reduzieren (Herndon 2001). Die Dosierung von Propanolol sollte so gewählt werden, dass eine Reduktion der Ausgangsherzfrequenz (nach Schockphase) um 15 – 20 % erreicht wird (Ali 2015, Lam 2022). In einer prospektiv-randomisierten Studie führte die Therapie mit Propanolol zu einer Verminderung des Blutverlustes während der Hauttransplantationen und verbesserte die Wundheilung. Patient\*innen in der Propranolol-Gruppe erhielten eine Dosis von  $3,3 \pm 3,0$  mg/ kg/ d für  $40 \pm 40$  Tage bei einem Therapiebeginn  $3 \pm 3$  Tage nach der Verbrennung (Ali 2015). In einer jüngeren prospektiv-randomisierten Untersuchung wurde in der Propranolol-Gruppe am 7. und 14. Tag ein niedrigerer Energieverbrauch im Ruhezustand beobachtet. Die vollständige Heilungszeit von Verbrennungen zweiten Grades und Entnahmestellen war in der Propranolol-Gruppe kürzer. Andere Outcome-Parameter unterschieden sich nicht. Die verwendete mittlere Dosierung betrug  $1.9 \pm 0.5$  mg/kg/d (Lam 2022).

Durch niedrig dosierte kontinuierliche Insulingabe konnte in klinischen Studien die Verringerung des Muskelkatabolismus, ein günstiger Einfluss auf den Muskelanabolismus und die Erhaltung der fettfreien Körpermasse, ohne gesteigerte hepatische Triglyceridproduktion, gezeigt werden (Sakurai 1995, Aarsland 1998, Ferrando 1999). Das potenzielle Risiko einer Hypoglykämie erfordert ein engmaschiges Monitoring der Blutzuckerspiegel (Clark 2017).

*Frage: Wie sollte das Monitoring der Ernährung und metabolischen Therapie erfolgen?*

<b>Empfehlung 87</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Ernährung und metabolische Therapie bei Patient*innen mit Verbrennungen sollte gemäß aktueller Leitlinien individuell durch ein geeignetes Monitoring überwacht werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

In einer Umfrage an 65 Brandverletzententren hinsichtlich des Monitorings der Ernährung waren die am häufigsten genannten Parameter Präalbumin (86 % der Zentren), das Körpergewicht (75 %), die Kalorienzahl (69 %), Serumalbumin (45,8 %), die Stickstoffbilanz (54 %) und Transferrin (16 %) (Graves 2009). Keine einzelne Methode ist universell zuverlässig oder anwendbar für die Ernährungsüberwachung. Clark und Kollegen empfehlen daher, das klinische Gesamtbild in die Bewertung einzubeziehen (Clark 2017).

Die derzeitige Datenlage erlaubt keine eindeutige Empfehlung zu Art und Frequenz des Monitorings spezifisch für Brandverletzte. Es sollten die aktuell gültigen Leitlinienempfehlungen zum Monitoring bei künstlicher Ernährung herangezogen werden (Hartl 2013, DEGEM 2019). Dazu zählt die Evaluation der Ernährungstherapie hinsichtlich des Erreichens der formulierten Zielwerte. Zu den im Rahmen der täglichen Routine zu evaluierenden Parametern im Rahmen der Ernährungstherapie gehören die Blutzuckerspiegel (bzw. Insulindosierungen) zum Ausschluss einer metabolischen Intoleranz, die Erfassung des Gastroresidualvolumens (im Sinne einer Verlaufskontrolle und Beurteilung der gastrointestinalen Toleranz) sowie die Kontrolle der Phosphatspiegel. Regelmäßige Spiegelbestimmungen bei Substitution von Mikronährstoffen sind sinnvoll.

#### 11.4 Prävention und Therapie infektiöser Komplikationen

*Frage: Welche Maßnahmen zur Prävention infektiologischer Komplikationen sollten bei Brandverletzten erfolgen?*

<b>Empfehlung 88</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die allgemeinen Hygieneregeln sollen eingehalten werden. Bei direktem Patientenkontakt sollte Schutzkleidung getragen werden. Die Wundversorgung soll aseptisch unter Verwendung antiseptischer Substanzen erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Als Ursache für Infektionen bei brandverletzten Patient\*innen spielt die Keimbesiedelung der Verbrennungswunden eine große Rolle, wobei es hier zu einem typischen zeitlichen Verlauf

kommt. Unmittelbar nach dem Trauma gelten die Verbrennungswunden im Allgemeinen als steril (Church 2006). Nach den ersten 48 Stunden beginnt die Rekolonisation der Wunden mit grampositiven Bakterien der normalen Hautflora (*Staphylococcus aureus*, koagulasenegative Staphylokokken) (Sharma 2007). Im weiteren Verlauf (> 5 Tage) beginnt die Kolonisation der Wunden mit gramnegativen Bakterien, einerseits durch endogene Transmission aus Darm und Lunge (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*), andererseits durch exogene Übertragung (*Pseudomonas aeruginosa*) (Herndon 2000, Erol 2004, Steinsträsser 2007). Dabei kann es bei Patienten mit einem entsprechenden Risiko zu einer frühzeitigen Kolonisation mit multiresistenten Keimen (MRE) kommen. Aufgrund möglicher Kontamination innerhalb der ersten Stunden nach dem Trauma ist jedoch auch bereits frühzeitig eine Kolonisation möglich. In einer retrospektiven Untersuchung ließen sich in etwa einem Drittel der innerhalb von 24 Stunden nach stationärer Aufnahme durchgeführten Abstriche pathologische Erreger nachweisen, wobei es sich in der Hälfte der Fälle um gram negative Erreger handelte (Park 2017). Die Kolonisation der Verbrennungswunden kann durch eine systemische Antibiotikaphylaxe nicht verhindert werden (Ugburo 2004, ISBI 2016).

Zu den Grundpfeilern der Prävention lokaler und systemischer Infektionen beim Verbrennungspatienten zählt die regelmäßige Wundversorgung mit Beurteilung der Verbrennungswunde auf Infektionszeichen und Anwendung einer topischen antiseptischen Therapie unter strikter Einhaltung hygienischer Standards. In einer Konsensuskonferenz unter Bewertung der verfügbaren Literatur wurde Polihexanid als Mittel der ersten Wahl bei der Lokalbehandlung von Verbrennungswunden empfohlen (Kramer 2018). Eine adäquate chirurgische Therapie der Verbrennung, mit dem Ziel eines frühen Wundverschlusses, kann die Infektionsrate senken (Rafla 2011). Ergänzende Informationen zur Lokaltherapie finden sich in Kapitel 11.2 dieser Leitlinie.

Frage: Welche Maßnahmen der Surveillance sollten bei Brandverletzten erfolgen?

Empfehlung 89	Stand 2024,  NEU
<b>Im Behandlungsverlauf sollten wiederholt, entweder in einem regelmäßigen Zeitintervall oder bei der Wundversorgung, Wundabstriche erfolgen. Ein Antibiotic stewardship sollte erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die mikrobiologische Charakterisierung der Keimflora auf den Wunden kann das Keimspektrum des Patienten charakterisieren und so beim Auftreten von Infektionen insbesondere der Wunden, aber auch bei Sepsis eine zielgerichtete kalkulierte antiinfektive Therapie ermöglichen, bis die Befunde aktueller mikrobiologischer Proben vorliegen. In einer Beobachtungsstudie waren 75 % der im Blut nachgewiesenen Erreger bei Sepsis zuvor auf den Wunden nachgewiesen worden (Kaita 2022). Dies scheint insbesondere bei gramnegativen Keimen und mit zunehmender Verbrennungsschwere und verbrennungsspezifischem Letalitätsrisiko häufiger zuzutreffen (Raz-Pasteur 2016).

In den ISBI Practice Guidelines wird ein Antibiotic Stewardship bei Schwerbrandverletzten empfohlen, wobei keine verbrennungsspezifischen Daten zum Nutzen vorliegen (ISBI 2016). Die Komplexität hinsichtlich Keimspektrum, Diagnose einer Infektion und Antibiotikadosierung lassen Antibiotic Stewardship gerade auch in diesem Patientenkollektiv sinnvoll erscheinen. Bezüglich der Implementierung und den klinischen Aufgabenbereichen wird auf die aktuelle S3-Leitlinie „Strategien zur Sicherung rationaler Antibiotika-Anwendung im Krankenhaus“ verwiesen (DGI 2018).

Gemäß gesetzlichen Vorgaben (§23 Abs. 4 IfSG) sind Krankenhäuser verpflichtet, nosokomiale Infektionen und das Auftreten von Krankheitserregern mit speziellen Resistenzen und Multiresistenzen zu erfassen und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Zudem ist der Antibiotikaverbrauch zu erfassen und unter Berücksichtigung der lokalen Resistenzsituation zu bewerten und sachgerechte Schlussfolgerungen zu ziehen (IfSG). Bezüglich des Antibiotikaverbrauchs liegen Vergleichsdaten für Brandverletztenzentren in Deutschland vor (Steinke 2019).

Die Erfassung nosokomialer Infektionen ist über Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) des Nationalen Referenzzentrums für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ) möglich.

*Frage: Soll bei Brandverletzten eine prophylaktische Antibiotikagabe erfolgen?*

<b>Empfehlung 90</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine Antibiotikaprophylaxe soll bei Patienten mit Verbrennungstrauma nicht durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine Cochrane Analyse aus dem Jahr 2013 ergab keinen nachweisbaren positiven Effekt einer prophylaktischen Antibiotikatherapie auf das Outcome bei Brandverletzten (Barajas-Nava 2013). Das Review umfasste 36 RCTs (2117 Patient\*innen). Die 11 Studien (645 Patient\*innen), die die topische Prophylaxe mit Silbersulfadiazin untersuchten, wurden in einer Metaanalyse zusammengefasst. Es ergab sich ein statistisch signifikanter Anstieg bei Infektionen der Verbrennungswunden im Zusammenhang mit Silbersulfadiazin im Vergleich zu Verbänden/ Hautersatz (OR = 1,87; 95 % KI: 1,09 bis 3,19, I<sup>2</sup> = 0 %). Die Anwendung von Silbersulfadiazin war zudem mit einem signifikant längeren Krankenhausaufenthalt verbunden (MD = 2,11 Tage; 95 %-KI: 1,93 bis 2,28). Die eingeschlossenen Studien wiesen allerdings ein hohes oder unklares Bias-Risiko auf.

Die systemische Antibiotikaprophylaxe bei konservativ behandelten Patienten wurde in drei Studien (119 Patient\*innen) untersucht. Hierbei ergaben sich keine Hinweise auf einen Effekt auf die Infektionsrate von Brandwunden. Systemische Antibiotika (Trimethoprim-Sulfamethoxazol) waren mit einer signifikanten Reduktion einer Pneumonie (nur eine Studie, 40 Patient\*innen, RR = 0,18; 95 % KI: 0,05 bis 0,72), aber nicht der Sepsis verbunden (zwei Studien, 59 Patient\*innen, RR = 0,43; 95 % KI: 0,12 bis 1,61).

Die perioperative systemische Antibiotikaprophylaxe hatte keinen Einfluss auf die Infektionsrate. Die selektive Dekontamination des Verdauungstrakts mit nicht resorbierbaren Antibiotika hatte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Infektionsrate (2 Studien, 140 Patient\*innen). Dagegen zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg der MRSA-Raten im

Zusammenhang mit der Anwendung von nicht resorbierbaren Antibiotika plus Cefotaxim im Vergleich zu Placebo (RR = 2,22; 95 %-KI: 1,21 bis 4,07). Ein Hinweis auf einen Unterschied in der Sterblichkeit oder den Sepsisraten bei lokaler antibiotischer Prophylaxe der Atemwege, im Vergleich zu Placebo, ergab sich nicht (eine Studie, 30 Patient\*innen).

Ein systematisches Review aus dem Jahre 2017 bestätigte im Wesentlichen diese Ergebnisse. Für die perioperative Antibiotikaprophylaxe konnte hier jedoch bei Spalthauttransplantationen eine Verringerung der Infektionsrate der transplantierten Haut gesehen werden. Für die Anwendung beim reinen chirurgischen Debridement wurde kein Vorteil nachgewiesen (Ramos 2017). Die aktuellen Empfehlungen der ISBI sehen im Hinblick auf Nutzen und Risiko keine Indikation für eine perioperative Antibiotikaprophylaxe (ISBI 2016).

Eine retrospektive Registerstudie konnte bei Brandverletzten, die innerhalb der ersten zwei Tage beatmet wurden, eine verringerte 28-Tage-Letalität für Patient\*innen mit Antibiotikaprophylaxe zeigen. Für nicht-beatmete Brandverletzte ergab sich kein Unterschied (Tagami 2016).

Eine liberale Antibiotikastrategie birgt das Risiko, durch eine großzügige Anwendung das Auftreten resistenter Bakterien, Antibiotika-assoziierte Diarrhoen, Infektionen durch *Clostridium difficile*, allergische Reaktionen sowie hepatische, renale oder Knochenmarkschäden zu begünstigen (Trupkovic 2012, ISBI 2016).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der antiinfektiösen Therapie bei Brandverletzten ist die Diagnose und topische Therapie von Wundinfektionen. Hierzu wird auf das Kapitel 11.2 verwiesen.

Frage: Welche diagnostischen Kriterien gelten für die Sepsis bei Brandverletzten?

Empfehlung 91	Stand 2024,  NEU
<p><b>Die Diagnosestellung einer Sepsis sollte prospektiv klinisch durch ein in der Behandlung Brandverletzter erfahrenes Team erfolgen. Hierbei sollten verschiedene Laborparameter und Scores berücksichtigt werden. Die Sepsis-3 Kriterien können in die Diagnosestellung einbezogen werden.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

Die Sepsis ist definiert als lebensbedrohliche Organdysfunktion, die durch eine fehlregulierte Wirtsantwort auf eine Infektion hervorgerufen wird (Singer 2016, PEG 2018). Die komplexen verbrennungsinduzierten Veränderungen mit Hyperinflammation und Hypermetabolismus führen zu einem systemischen inflammatorischen Immunantwort-Syndrom (SIRS) dessen klinisches Bild einer systemischen Infektion ähnelt (Nielson 2017, Yoon 2023). Zusätzlich bestehende Organfunktionsstörungen können in Zusammenhang mit dem schweren Trauma stehen. Das Erkennen einer Sepsis nach schwerer Brandverletzung ist daher schwierig.

Die Kriterien der American Burn Association (ABA) zur Definition der Sepsis (Greenhalgh 2007) zeigten in Studien keine ausreichende Korrelation mit einer Sepsis (Hogan 2012, Mann-Salinas 2013). Eine prospektive Untersuchung ergab für die Sepsis-3 Kriterien eine bessere prädiktive Aussage als für die ABA- und modifizierte ABA-Kriterien, erreichte jedoch keine für einen diagnostischen Standard ausreichende Genauigkeit (Yan 2018). In einer retrospektiven Untersuchung von Knuth und Kollegen erwiesen sich die Sepsis-3-Kriterien im Vergleich zu ABA- und modifizierte ABA-Kriterien als das zuverlässigste Screening-Tool zur Erkennung einer Sepsis vor der klinischen Diagnose (Knuth 2022). In einer aktuellen retrospektiven Untersuchung unter Einschluss von 1391 Patienten von Yoon und Kollegen zeigte sich für die Sepsis-3 Definition eine gute Korrelation mit der Erkrankungsschwere unter Berücksichtigung der Letalität. Die SIRS-Kriterien wiesen eine höhere Sensitivität (0,989, 95% Konfidenzintervall [CI]: 0,982–0,994) bei niedriger Spezifität (0,461, 95% CI: 0,381–0,543) auf, während qSOFA und die ABA-Kriterien eine höhere Spezifität (0,929, 95% CI: 0,876–0,964 bzw. 0,922, 95% CI: 0,868–0,959) und eine geringere Sensitivität (0,841, 95% CI: 0,819–0,861 bzw. 0,803, 95% CI:

0,779–0,825) für die Sepsis besaßen. Die Autoren schlussfolgerten, dass die SIRS-Kriterien aufgrund der höheren Sensitivität eine Sepsis besser anzeigen können (Yoon 2023).

Die aktuellen Guidelines der ISBI aus dem Jahr 2018 empfehlen für die Diagnose der Sepsis die Anwendung typischer klinischer Symptome mit stärkerer Ausprägung als bei anderen intensivmedizinischen Patientenkollektiven, ohne dabei konkrete Grenzwerte anzugeben. Zu den Kriterien für eine Sepsis gehören demnach Fieber oder Hypothermie, eine zunehmende Tachykardie, Tachypnoe, Verwirrtheit des Patienten, hämodynamische Instabilität oder Vasopressortherapie, ein erhöhter Volumenbedarf, Thrombozytopenie, negativer Basen-Exzess, Hyperglykämie und die Intoleranz einer enteralen Ernährung. Zusätzlich sind für die Diagnose mikrobiologische Keimnachweise, eine Infektionsquelle oder das klinische Ansprechen auf Antiinfektiva erforderlich (ISBI 2018).

Herkömmliche Infektionsindikatoren wie Körpertemperatur, Leukozytenzahl (WBC) und C-reaktives Protein haben sich als unspezifisch für die Diagnose einer Sepsis bei Brandverletzten erwiesen (Lavrentieva 2007, Murray 2007, Barati 2008, Jeschke 2013, Gille 2021).

In einer Meta-Analyse zum diagnostischen Wert von Procalcitonin in der Sepsis bei erwachsenen Brandverletzten unter Einschluss von 10 Studien und 704 Patienten betrug die Sensitivität 0,67 (95 % KI: 0,48–0,81) und die Spezifität 0,87 (95 % KI: 0,72–0,95). Die diagnostische Odds Ratio (DOR) ergab 13,70 (95 % KI: 5,72–32,82) bei einer AUROC von 0,85 (95 % KI: 0,82–0,88). Die Autoren betrachten Procalcitonin als einen nützlichen Biomarker für die Frühdiagnose einer Sepsis, sehen jedoch die Notwendigkeit der Kombination mit anderen diagnostischen Indizes, um die Sensitivität und Spezifität weiter zu verbessern (Chen 2021). Verschiedene Untersuchungen konnten zudem zeigen, dass aufgrund des zeitlich verzögerten Anstiegs ist der Nutzen des Procalcitonins in der Frühphase einer Sepsis limitiert ist (Gille 2019, Gille 2021).

In einer aktuellen Metaanalyse unter Einschluss von 28 Studien und 1517 Brandverletzten wurden verschiedene Biomarker in der Sepsis untersucht. Procalcitonin war mäßig sensitiv (73 %) und spezifisch (75 %), C-reaktives Protein war sensitiver (86 %), aber wenig spezifisch (54 %). Die Leukozytenzahl (WBC) hatte eine geringe Sensitivität (47 %) und eine mäßige Spezifität (65 %). Für weitere Biomarker ließ sich aufgrund der geringen Studienanzahl keine Aussage treffen (Li 2022).

Zusammenfassend gibt es derzeit keinen allgemein akzeptierten Goldstandard für die Diagnose einer Sepsis bei Brandverletzten (Greenhalgh 2017, Yan 2018, Dvorak 2020). Die

existierenden Diagnosekriterien waren in bisherigen, teils widersprüchlichen Untersuchungen der klinischen Diagnose eines in der Verbrennungsmedizin erfahrenen Arztes nicht überlegen (Dvorak 2020). Aufgrund der guten Korrelation der Sepsis-3 Kriterien mit der Prognose der Sepsis können diese auch im Kontext mit Brandverletzungen angewendet werden. Zu berücksichtigen ist, dass gemäß der aktuellen Deutschen Kodierrichtlinien die Kodierung einer Sepsis den Kriterien der Sepsis-3-Definition unterliegt (InEK 2023).

*Frage: Wie sollte die Therapie einer Sepsis bei Brandverletzten erfolgen?*

<b>Empfehlung 92</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Therapie der Sepsis soll gemäß aktuellen Leitlinien und Standards erfolgen. Besonderheiten Brandverletzter sollen berücksichtigt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Therapie der Sepsis erfolgt nach den aktuellen Leitlinien in der Intensivmedizin (DSG 2018, Evans 2021) unter besonderer Berücksichtigung aktueller Konzepte der antiinfektiven Therapie einschließlich optimierter Therapiestrategien der Pharmakodynamik (PD) und Pharmakokinetik (PK) unter Beachtung der PK/ PD-Indizes (PEG 2018). Dies betrifft gleichermaßen die Behandlung anderer Infektionen wie Pneumonie und Harnwegsinfekten. Aufgrund der hohen Prävalenz einer wund-assoziierten Sepsis schließt die Erregersuche auch die Gewinnung von Wundabstrichen ein. Im Fall der Diagnose einer systemischen Infektion ist unverzüglich eine medikamentöse antiinfektive Therapie einzuleiten. Gemäß den aktuellen Empfehlungen sollte die intravenöse Gabe eines Breitspektrum-Antibiotikums spätestens innerhalb einer Stunde nach Diagnosestellung der Sepsis oder des septischen Schocks erfolgen (Evans 2021). Die Wahl des Antibiotikums richtet sich nach dem zu erwartenden Keimspektrum und berücksichtigt die Ergebnisse einer regelmäßigen Surveillance der Verbrennungswunde (Trupkovic 2012, Coban 2012, Stanojic 2018). Die Therapie ist im Verlauf täglich neu zu evaluieren. Dies beinhaltet die konsequente Deeskalation nach Eingang der mikrobiologischen Befunde bzw. auch die Beendigung der Therapie (ISBI 2016, PEG 2018). Die Zeitdauer der Antibiotikatherapie ist so kurz wie möglich zu halten, da die prolongierte

Anwendung die Resistenzentwicklung fördert (Stanojic 2018). Die Fokussanierung bei wundassoziiierter Sepsis ist ein unabdingbarer Bestandteil der antiinfektiven Therapie, da Antibiotika nur schlecht in die Wundgebiete diffundieren und ihre alleinige Anwendung die Entwicklung multiresistenter Bakterien begünstigt (Ugburo 2004, ISBI 2016).

Besondere Aufmerksamkeit verdient die veränderte Pharmakokinetik der Antibiotika im Rahmen der Verbrennungskrankheit (Trupkovic 2012). In diesem Kontext erscheint ein therapeutisches Drugmonitoring (TDM) sinnvoll. Erste klinische Untersuchungen weisen auf einen möglichen Benefit hin (Patel 2012, Fournier 2018, Alshaer 2023).

Der rationale Einsatz von Antibiotika ist aufgrund der Gefahr der Resistenzentwicklung und des langen Behandlungsverlaufes insbesondere bei Brandverletzten erforderlich. Hinsichtlich Maßnahmen zur Verminderung der Resistenzentwicklung und der Ausbreitung resistenter Mikroorganismen existieren Empfehlungen der Paul-Ehrlich-Gesellschaft (PEG 2018).

## **11.5 Schmerztherapie und Analgosedierung**

Die Schmerztherapie und Analgosedierung orientiert sich an der S3-Leitlinie Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin (DGAi 2020) in ihrer jeweils gültigen Form. In dieser Leitlinie findet sich ein spezielles Kapitel für brandverletzte Patient\*innen. Daneben ist die S3 Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen (DGAi 2021) unter Beachtung pathophysiologischer Besonderheiten des Brandverletzten (Verbrennungskrankheit) zu berücksichtigen.

Verbrennungsschmerzen gehören zu den stärksten traumatischen Schmerzen und stellen häufig die Hauptbeschwerden bei Patient\*innen mit Verbrennungen dar. Die Intensität korreliert nicht immer mit dem Verbrennungsausmaß. Die Therapie ist oft schwierig, da der Schmerz durch multiple Komponenten beeinflusst wird und das Muster im zeitlichen Verlauf variiert (Tengvall 2010). Ziel der Schmerztherapie ist die suffiziente Ausschaltung von Hintergrund- und Durchbruchschmerzen, neuropathischer Schmerzen und Juckreiz, des mit der Mobilisation assoziierten Schmerzes sowie die stressfreie Toleranz aller notwendigen Prozeduren (z.B. Verbandswechsel) unter schnellstmöglicher Wiedererlangung der Koordination.

Mögliche Folgen unzureichend behandelter Schmerzen sind Angst, mangelnde Compliance bei Wundpflege und Mobilisation, höhere Morbidität und längere Verweildauer (Wundheilungsstörungen), Schmerzchronifizierung, neuropathische Schmerzsyndrome (Parästhesien, Allodynie, Hyperalgesie, Dysaesthesien), Depression, delirante Syndrome, ein erhöhtes Risiko eine posttraumatische Belastungsstörung zu entwickeln (20-45 % der Patient\*innen) und Suizidalität nach der Krankenhausentlassung (Dauber 2002, Gregoretti 2008, Tengvall 2010, Yuxiang 2012). Zu den schmerzverstärkenden Faktoren zählen Depression, Angst, eine akute Belastungsstörung, Störung des Tag-Nacht-Rhythmus, Zukunftssorgen und Schlafstörungen (Girtler 2011).

*Frage: Was sind die Grundprinzipien der Schmerztherapie bei Brandverletzten?*

<b>Empfehlung 93</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Zur Schmerztherapie bei Brandverletzten soll ein multimodales Konzept bestehend aus Analgetika, Adjuvantien und nicht-pharmakologischen Maßnahmen angewendet werden. Die Schmerzintensität sollte regelmäßig (z.B. 8-stündlich) und standardisiert mittels eindimensionaler Schmerzskalen erfasst werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Es wird ein Sedierungs- und Analgesieziel für Patient\*innen individuell festgelegt und dieses regelmäßig überprüft, dokumentiert sowie an neue Bedingungen angepasst. Zur Erfassung der Schmerzintensität ist bei wachen Patient\*innen die Numerische Rating Skala (NRS-V) der Visuellen Analog- (VAS) und der Verbal Rating Skala (VRS) vorzuziehen (DGAI 2020). Für Patient\*innen mit eingeschränkter Vigilanz oder Analgosedierung eignet sich die Behavioural Pain Scale (BPS) (DGAI 2020).

Frage: Welche Analgetika kommen zum Einsatz?

<b>Empfehlung 94</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Basis der Schmerztherapie bei Brandverletzten bilden Nichtopioide ggf. in Kombination mit schwachen oder stark wirksamen Opioiden. Es gibt keine Präferenz für ein bestimmtes Analgetikum oder eine Kombination von Analgetika.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

NSAR, COX-2 Hemmer und Metamizol haben eine gleich gute Analgesiequalität und sollen laut Leitlinie der DGAI dem schwächer wirksamen Paracetamol vorgezogen werden (DGAI 2021). Alle üblichen Opioide sind anwendbar. Ein eindeutiger Vorteil ergibt sich für keine Einzelsubstanz, obgleich in jüngster Zeit substanzspezifische Unterschiede hinsichtlich der Effektivität bei Verbrennungsschmerzen diskutiert werden (Emery 2020). Probleme der Opioidtherapie sind die Entwicklung einer Opioidtoleranz, die opioidinduzierte Hyperalgesie und gastrointestinale Motilitätsstörungen (Abdi 2002). Zur Therapie opioidbedingter Nebenwirkungen stehen Antiemetika und Laxantien zur Verfügung. Bei der medikamentösen Schmerztherapie sind Veränderungen der Pharmakokinetik und -dynamik durch die Verbrennungskrankheit zu beachten (Gregoretti 2008).

Frage: Welche Co-Analgetika kommen bei Brandverletzten zum Einsatz?

<b>Empfehlung 95</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Als Co-Analgetika im Rahmen eines multimodalen Konzeptes können bei Patienten*innen mit thermischen Verletzungen Gabapentinoide (Gabapentin, Pregabalin), analgetisch wirksame Antidepressiva (Amitryptilin, SSNRI) und <math>\alpha</math>2-Agonisten (Clonidin, Dexmedetomidin) eingesetzt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

In Studien konnte für Gabapentin ein Vorteil hinsichtlich der Senkung des Opioidverbrauches und der Schmerzintensität (Cuignet 2007, Jones 2019) sowie geringere neuropathische Schmerzen (Gray 2008) nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse ließen sich allerdings in einer doppel-blind, placebo-kontrollierten Studie nicht bestätigen (Wibbenmeyer 2014). Im Kontext der perioperativen Schmerztherapie haben Gabapentinoide keinen Stellenwert (DGAI 2021), die Indikation ergibt sich bei neuropathischen Schmerzphänomenen (Gray 2011, Romanowski 2020).

Die enge Beziehung zwischen Depression und Schmerz rechtfertigt den Einsatz von Antidepressiva. Besonders geeignet erscheinen analgetisch wirksame Antidepressiva. In einer prospektiv randomisierten Studie unter Einschluss von 46 Patient\*innen ließ sich bei zusätzlicher Gabe von Duloxetin eine Verringerung der Schmerzintensität zeigen (Najafi 2019). Für  $\alpha$ 2-Agonisten konnte ein sedierender und in Kombination mit Analgetika auch schmerzreduzierender Effekt gezeigt werden. Es besteht daher eine Empfehlung als Co-Analgetikum in der Intensivmedizin (DGAI 2020). Eine Meta-Analyse bezüglich der Anwendung von Dexmedetomidin ergab hinsichtlich des Prozeduren-assoziierten Schmerzes bei Brandverletzten keinen Effekt bei jedoch verbesserter Sedierung (Asmussen 2013).

*Frage: Welche weiteren medikamentösen Methoden bzw. Verfahren können eingesetzt werden?*

<b>Empfehlung 96</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ketamin kann zur Minderung der sekundären Hyperalgesie und zur Reduktion eines hohen Opioidbedarfs bei Brandverletzten erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 97</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Gabe von Lidocain kann im Zusammenhang mit prozeduralen/ perioperativen Schmerzen erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 98</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Regionalanästhesieverfahren können zur Schmerztherapie, insbesondere im Rahmen chirurgischer Prozeduren erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Aufgrund der Kreislaufstabilität und der weitgehend unbeeinträchtigten Funktion des Magen-Darm-Traktes ist Ketamin zur Analgesie und prozeduraler Analgosedierung Schwerbrandverletzter geeignet (Gregoretti 2008, Brennan 2019, DGAI 2020). In einem älteren systematischen Review unter Einschluss von vier Studien und 67 Patient\*innen zeigte sich unter intravenöser Ketaminapplikation nach unter experimentellen Bedingungen standardisiert zugefügter kleinflächiger 1. bis 2a-gradiger Verbrennung eine Verringerung der sekundären Hyperalgesie im Vergleich zur alleinigen Opioid-Analgesie. Unter der Kombinationstherapie von Ketamin und Morphin ließen sich sogenannte Windup-Schmerzphänomene vollständig beherrschen (McGuinness 2011). Diese Schmerzphänomene zeichnen sich durch Hyperalgesie und Hypersensitivität aus. Die aktuelle DAS-Leitlinie empfiehlt auf Basis dieser Untersuchungen die Gabe von Ketamin bei Brandverletzten zur Minderung der sekundären Hyperalgesie und zur Reduktion eines hohen Opioidbedarfs (DGAI 2020). Gemäß den aktuell gültigen Leitlinien der American Burn Association (ABA) sollte Ketamin für die prozedurale Sedierung in Betracht gezogen werden (Romanowski 2020).

Lidocain in verschiedenen Präparationen (lokal, infiltrativ) kann zur Schmerzlinderung beitragen und kann zum Verbandswechsel und bei Hauttransplantationen eingesetzt werden (Desai 2014). Die Datenlage bezüglich der intravenösen Applikation ist widersprüchlich. Eine

prospektive, doppelblinde, randomisierte Crossover-Studie bei 45 Patient\*innen zeigte für Lidocain im Vergleich zu Placebo keine relevante Verbesserung der Analgesie während Verbandswechseln (Wasiak 2011). Die aktuelle DAS-Leitlinie von 2020 sprach sich daher gegen die intravenöse Gabe von Lidocain im Rahmen der Therapie des Verbrennungsschmerzes aus (DGAi 2020). Hingegen ließ sich in einer neueren prospektiven Doppel-blind-Studie unter Einschluss von 19 Patient\*innen bei intravenöser Infusion in der frühen Behandlungsphase ein opioidsparender Effekt ohne relevante Nebenwirkungen nachweisen (Abdelrahman 2020). Die aktuellen ABA-Empfehlungen empfehlen die Applikation lediglich zweitrangig bei mit üblicher Medikation nicht ausreichend beherrschbaren Schmerzen (Romanowski 2020). Gemäß der aktuellen S3 Leitlinie „Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen“ kann eine Lidocain-Infusion zur Behandlung von postoperativen Schmerzen erwogen werden. Der Einsatz von Lidocain als i.v. Analgetikum stellt einen Off-Label Use dar und ist aufklärungspflichtig (DGAi 2021).

Die Regionalanästhesie zur Behandlung von Verbrennungsschmerzen hat das Potenzial für eine verbesserte Schmerzlinderung, eine erhöhte Zufriedenheit der Patient\*innen und die Reduzierung des Opioidbedarfs sowie einer möglichen Prävention neuropathischer Schmerzen mit einem guten Nutzen-Risiko-Profil (Romanowski 2020). Aussagekräftige klinische Studien existieren bislang dazu nicht.

Bei Anwendung von Kathetertechniken ist aus Gründen der Infektionsprävention auf einen ausreichenden Abstand der Punktionsstelle zu den Verbrennungswunden zu achten. Die häufige bakterielle Besiedelung der Verbrennungswunden mit dem Risiko septischer Komplikationen erfordert eine engmaschige Kontrolle der Insertionsstellen (Sheckter 2021).

*Frage: Gibt es bevorzugte Verfahren zur Analgosedierung bei Brandverletzten?*

<b>Empfehlung 99</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es gibt derzeit keine hinreichende Evidenz, ein bestimmtes Verfahren der Analgosedierung bei Schwerbrandverletzten zu präferieren.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Im Rahmen der Analgosedierung (sowohl auf der Intensivstation als auch periprozedural, z.B. bei Verbandswechseln) sind alle in der Intensivmedizin üblichen Medikamente einsetzbar. Die Empfehlungen der S3-Leitlinie Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin (DAS-Leitlinie 2020) gelten auch für Brandverletzte.

Frage: Welche Methoden der nicht-medikamentösen Schmerztherapie gibt es?

<b>Empfehlung 100</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Spezielle psychologische Techniken wie die Vermittlung von Bewältigungsstrategien (Entspannungstechniken), Hypnosetherapie und kognitive Verhaltenstherapie sowie Verfahren der Virtuellen Realität und Methoden der Musiktherapie können eingesetzt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 101</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Physikalische Behandlungsverfahren sollen als Elemente der Schmerztherapie angewendet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die ausreichende Kommunikation des Analgesiekonzeptes und der geplanten Prozeduren bilden die Basis der nichtmedikamentösen Schmerztherapie.

Gemäß einer systematischen Übersichtsarbeit von Scheffler et al. zu nicht-pharmakologischen Interventionen zur Behandlung prozeduraler Schmerzen stellen Methoden auf der Basis von Virtueller Realität (VR) und Hypnose die wirksamsten Methoden dar (Scheffler 2018). Zu beachten sind hygienische Aspekte bei Mehrfachverwendung.

Eine Meta-Analyse zum Einsatz der virtuellen Realität im Rahmen der Wundversorgung unter Einschluss von 18 Studien zeigte bei zusätzlicher VR-Behandlung im Vergleich zu einer Standardtherapie eine Verbesserung der Schmerzsymptomatik (SMD = -0,49; 95 % KI [-0,78, -0,15]; I<sup>2</sup> = 41 %). In die Meta-Analyse fanden sowohl Studien bei Erwachsenen, als auch Kindern Eingang (Czech 2022). Im klinischen Alltag sind VR-Systeme bislang wenig etabliert und durch finanzielle Aspekte limitiert.

In mehreren Untersuchungen ließen sich günstige Effekte einer Musiktherapie in Bezug auf Schmerzen nachweisen. In einer Metaanalyse unter Einschluss von 10 RCTs mit insgesamt

1061 Patient\*innen zeigte sich eine statistisch signifikante Reduktion von Schmerzen, Angst und verbesserte Entspannung (Monsalve-Duarte 2022). Eine weitere Metaanalyse konnte diese Ergebnisse bestätigen. Zusätzlich ergaben sich Opioid-sparende Effekte und eine allgemein verbesserte mentale Kondition (Wu 2022).

*Frage: Welche Therapieoptionen des verbrennungs-assoziierten Pruritus gibt es?*

<b>Empfehlung 102</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b>Zur medikamentösen First-line-Therapie des verbrennungs-assoziierten Pruritus sollten Antihistaminika verwendet werden. Bei Patient*innen, die durch Antihistaminika nicht ausreichend therapiert sind, sollte eine Therapie mit Gabapentinoiden (Gabapentin, Pregabalin) erfolgen. Sofern wundbedingt möglich, sollte eine lokale Therapie mittels Narbenmassage durchgeführt werden.</b></p> <p><b>Die Stärke des Pruritus sollte quantifiziert werden. Dazu können herkömmliche numerische oder visuelle Analogskalen verwendet werden.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

Der verbrennungsassoziierte Pruritus tritt früh im Behandlungsverlauf auf und kann nach Abschluss der Wundheilung über Jahre persistieren (Gauffin 2015, Kuipers 2015). Die Inzidenz wird mit 80-100 % beziffert (Zachariah 2012). Zur Therapie des verbrennungsassoziierten Pruritus stehen medikamentöse, topische und physiotherapeutische Maßnahmen und psychotherapeutische Interventionen zur Verfügung (Richardson 2014).

Zu den medikamentösen Therapieoptionen zählen Antihistaminika (H1-Rezeptorantagonisten) der ersten (z. B. Hydroxyzine, Diphenhydramin) und zweiten Generation (z. B. Cetirizin), H2-Rezeptorantagonisten und Gabapentinoide. Die Studienlage weist auf einen eher unzureichenden Effekt der Antihistaminika und einen Vorteil der Gabapentinoide hin. In einer Untersuchung mit Antihistaminika der ersten Generation ließ sich nur in 20 % eine vollständige Remission und in 60 % ein partieller Effekt erzielen (Vitale 1991). In einer Meta-Analyse wurden die therapeutischen Effekte von Gabapentinoiden, Doxepin und Lokalanästhetika untersucht. Drei randomisierte kontrollierte Studien zeigten, dass die

Verwendung von Gabapentinoiden im Vergleich zu Placebo oder Antihistaminika mit einer signifikanten Verbesserung der mittleren VAS um 2,96 verbunden war. Vier Studien untersuchten die topische Gabe von Doxepin. Dabei zeigte sich eine Verbesserung der mittleren VAS um 1,82. Allerdings ließ sich bei Ausschluss zweier Studien mit hohem Bias-Risiko kein Effekt mehr nachweisen. Die Autor\*innen schlussfolgern, dass Gabapentinoide vorteilhaft bei der Behandlung des Verbrennungsassoziierten Juckreizes sind. Für die Effektivität einer Lokalbehandlung mit Doxepin fehlen hinreichende Beweise. Aufgrund der begrenzten Datenlage konnte für topische Lokalanästhetika keine Aussage getroffen werden (McGovern 2021).

Die Massagebehandlung der betroffenen Areale hat sich in Studien als effektiv zur Pruritusbehandlung erwiesen (Field 2000, Cho 2014).

## **11.6 Besonderheiten im perioperativen Management von Brandverletzten**

Das perioperative Management bei Patient\*innen mit thermischen Verletzungen hält einige Besonderheiten bereit, welche bereits präoperativ antizipiert und in die Planung der Operation einzubeziehen sind. Besonders charakteristisch sind ein hoher Blut- und Flüssigkeitsverlust direkt von Beginn der OP an und eine hohe Gefahr für eine Hypothermie. Je ausgedehnter die Brandverletzungen, umso mehr Konsequenzen ergeben sich bezüglich des anästhesiologischen Managements. Außerdem ist bei diesen Eingriffen die Verzahnung mit der laufenden intensivmedizinischen Therapie besonders eng, und es kann sinnvoll sein, bestimmte intensivmedizinische Therapien wie z.B. die Ernährungstherapie auch intraoperativ fortzuführen (Limper 2021).

Das perioperative Management setzt daher eine enge interprofessionelle Zusammenarbeit aller behandelnden Fachdisziplinen voraus. Dabei gilt es, patientenbezogene und OP-organisatorische Aspekte aufeinander abzustimmen. Wie auch bei operativen Eingriffen nicht-brandverletzter Patient\*innen gelten hierbei die gemeinsame Vereinbarung des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten (BDA) und des Berufsverbandes der Deutschen Chirurgen (BDC) zur Zusammenarbeit bei der operativen Patientenversorgung (BDA 2016) sowie die gemeinsamen Empfehlungen der DGAI, DGCH und DGIM zur präoperativen

Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen (DGAi 2017).

*Frage: Was ist bei der Planung und Vorbereitung der operativen Versorgung Brandverletzter zu beachten?*

<b>Empfehlung 103</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Planung der operativen Versorgung soll interdisziplinär erfolgen. Die Zeit zwischen Planung und OP soll ausreichen, um festgelegte Ziele zu erreichen (z. B. präoperatives Vorwärmen der Patient*innen). Pathophysiologische Besonderheiten der Verbrennungskrankheit, aktuelle medizinische Probleme der/des Patientin/en sowie organisatorische und logistische Aspekte sollen berücksichtigt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 104</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Operation sollte zeitlich und bezüglich des Umfangs (zu operierende Fläche) im Vorfeld geplant und limitiert werden. Ein enzymatisches Debridement sollte in die Abschätzung des OP-Ausmaßes mit einbezogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der Operationszeitpunkt sollte unter der Voraussetzung einer abgeschlossenen initialen kardiopulmonalen Stabilisierung, beispielsweise nach durchgemachtem Verbrennungsschock (in der Regel nach ca. 24 Stunden) interdisziplinär festgelegt werden. Infektiologische Aspekte, insbesondere Kreislaufinstabilität, pulmonale Komplikationen und ein kompromittierter Gerinnungsstatus, z. B. im Rahmen einer Sepsis, sind zu berücksichtigen. Farny und Kollegen empfehlen, die OP-Dauer und das Ausmaß der zu exzidierenden Verbrennungsfläche zu limitieren, um übermäßige Blutverluste zu vermeiden (Farny 2018). In einer retrospektiven Kohortenstudie von Ziolkowski und Kollegen unter Einschluss von 1111 Brandverletzten wurden 2171 Operationen analysiert. Die Operationszeit war hierbei mit der Inzidenz sowohl

einer Hypothermie als auch von infektiösen (RR 1,5; 1,2 – 1,9,  $p < 0,0004$ ) und nicht-infektiösen Komplikationen (RR 2,3; 1,3 – 4,1,  $p < 0,0066$ ) assoziiert. Im Ergebnis der Untersuchung empfehlen die Autoren, wo immer möglich eine zeitliche Beschränkung von Verbrennungsoperationen auf höchstens vier Stunden (Ziolkowski 2017). Unter Berücksichtigung des Allgemeinzustands der/des Brandverletzten und des intraoperativen Verlaufs halten wir eine Limitierung der zu nekrektomierenden Fläche auf 20 % KOF und/ oder eine Begrenzung der OP-Dauer auf maximal vier Stunden für sinnvoll.

Die unmittelbare präoperative Patientenübergabe findet in direkter Rücksprache mit den vorbehandelnden Ärzten\*innen und Pflegepersonal statt. Hierbei werden neben der aktuellen Anamnese (Unfallmechanismus, Behandlungsverlauf, Neben-/Verlaufsd Diagnosen, aktuelle Krankheits-/Verletzungsphase) potentielle Besonderheiten hinsichtlich der Narkoseführung und der anstehenden operativen Versorgung (z.B. geplanter Eingriff, voraussichtliche OP-Dauer, zu erwartender Blutverlust, intraoperativer Wechsel der Patientenlage, erforderliche mikrobiologische Diagnostik z. B. Gewebeproben für die Pathologie, sowie postoperatives Procedere) besprochen. Bei infizierten Wunden sind ein erhöhtes Blutungsrisiko und die Gefahr einer perioperativen Bakteriämie zu berücksichtigen. Auf die perioperative Antibiotikagabe wird in Kapitel 10.4 dieser Leitlinie eingegangen.

Eine praktische Handlungsempfehlung stellt das SBAR-Konzept dar (DGAI 2022). Um die Einhaltung der perioperativen Sicherheitsstandards und die Verfügbarkeit der erforderlichen Ressourcen sowie die Aufgabenverteilung und Verantwortlichkeiten zu regeln, werden perioperative Checklisten, wie beispielsweise der „Sicherheits-Checkliste Chirurgie“ der DGCH empfohlen (Haynes 2009, WHO 2009).

Das intraoperative Basismonitoring, bestehend aus EKG-Ableitung, nicht-invasiver Blutdruckmessung, Pulsoxymetrie und Kapnographie entspricht den allgemeinen Anforderungen an einen anästhesiologischen Arbeitsplatz. Je nach Umfang und Dauer der Operation sowie Zustand des Patienten werden die Anlage weiterer Katheter (zentraler Venenkatheter, arterieller Katheter), ein erweitertes hämodynamisches Monitoring sowie ein Monitoring der Diurese, der Körpertemperatur, sowie regelmäßige Laborkontrollen (Blutgasanalysen, Blutbild, Gerinnungsdiagnostik) empfohlen (Anderson 2014). Aufgrund der veränderten Pharmakodynamik für Muskelrelaxanzien empfehlen Bittner und Kollegen ein neuromuskuläres Monitoring (Bittner 2015). In Abhängigkeit von der Dynamik des intraoperativen Verlaufs ist eine regelmäßige Rücksprache zwischen Chirurgie und

Anästhesiologie über den aktuellen Allgemeinzustand des/ der Patienten\*in (u.a. Kreislaufsituation, Transfusionsbedarf, Temperaturverlauf) und daraus resultierende Maßnahmen notwendig.

*Frage: Welche besonderen Probleme sind perioperativ zu erwarten?*

<b>Empfehlung 105</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Besondere Aufmerksamkeit sollte auf Aspekte des Atemwegsmanagements und der Kreislauftherapie, Blutungskomplikationen und das Wärmemanagement gerichtet sein. Die Wirkung der üblicherweise im Rahmen der Narkose verwendeten Medikamente ist nicht sicher vorhersehbar.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei Gesichtsverbrennungen bzw. anliegenden Gesichtsverbänden, Ödemen und/ oder Kontrakturen im Kopf-/ Halsbereich muss mit einem erschwerten Atemwegsmanagement gerechnet werden. Die Indikation für eine elektive fiberoptische Wachintubation ist zu prüfen. Ein möglicherweise erhöhtes Aspirationsrisiko, beispielsweise aufgrund einer Störung der gastrointestinalen Motilität infolge einer Sepsis oder eines intestinalen Ödems nach erfolgter Volumentherapie erfordert eine kritische Evaluation der Indikationen für eine „Ileuseinleitung“ (Gille 2010, Bittner 2015).

Die peri-/ intraoperative Infusionstherapie wird mit einer balancierten Vollelektrolytlösung bevorzugt unter Verwendung laktatfreier Lösungen durchgeführt. Zusätzlich zum Grundbedarf und den operationsbedingten Verlusten ist der evaporative Flüssigkeitsverlust über die nicht mehr von Haut bedeckten Wundflächen zu berücksichtigen. Bei Kreislaufinstabilität ist Norepinephrin das Katecholamin der Wahl.

Die Wirkung der im Rahmen der Narkose verwendeten Medikamente ist wegen einer akuten Nierenschädigung (als Folge von Hypotension, Myoglobinurie, Sepsis, Gabe potentiell nephrotoxischer Medikamente) und akut reduzierten Leberfunktion (Phase-I-Metabolisierung vermindert, Phase-II-Metabolisierung gesteigert) verändert. Weitere Einflussfaktoren können erniedrigte Plasmaeiweiße (Erhöhung der freien Medikamentenfraktion) oder eine mögliche

Hypovolämie sein (Gille 2010, Anderson 2014, Bittner 2015). Das Verbrennungstrauma führt zu Denervationsphänomenen (Vermehrung und Alteration der Azetylcholinrezeptoren der quergestreiften Muskulatur). Der Bedarf an nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien ist daher erhöht (Sicherheitsreserve der neuromuskulären Synapse). Depolarisierende Muskelrelaxanzien (Succinylcholin) können zu einer ausgeprägten Hyperkaliämie führen und dürfen daher nur in der Frühphase nach Verbrennungstrauma eingesetzt werden. Der Einsatz ab 24 Stunden nach dem Trauma sollte vermieden werden. Die Empfehlungen zur Dauer des Verzehrs schwanken zwischen 21 Tagen bis zu einem Jahr nach Verbrennungstrauma (Anderson 2014, Woodson 2018). Der Opioidbedarf ist infolge einer Toleranzentwicklung bei repetitiver Anwendung häufig deutlich erhöht (Gille 2010, Bittner 2015). Der Einsatz von Lachgas ist nicht kontraindiziert, sollte aber bei Intensivpatienten mit häufigen Wiederholungsnarkosen unterbleiben (Diffusion in luftgefüllte Hohlräume mit negativer Beeinflussung der Magen-Darm-Funktion, irreversible Oxidation von Vitamin B12) (Gille 2010).

Bei der operativen Versorgung Brandverletzter kann es insbesondere im Rahmen der Nekrektomie zu einem erheblichen Blutverlust kommen. Zudem besteht die Gefahr einer perioperativen Hypothermie.

*Frage: Wie sollte das perioperative Transfusions- und Gerinnungsmanagement erfolgen?*

<b>Empfehlung 106</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Im Rahmen der operativen Versorgung der Verbrennungswunden sollten sämtliche blutsparende Maßnahmen ausgeschöpft werden und ein vorausschauendes Transfusionsregime erfolgen. Die perioperative Gabe von Tranexamsäure sollte erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Perioperative Blutverluste während der Wundexzision sind schlecht abzuschätzen, da keine effektive Quantifizierung möglich ist. Visuelle Schätzungen des Blutverlusts korrelieren eher mit der Größe der Exzision, als mit dem tatsächlichen Blutverlust, wobei dieser wiederum

nicht gut mit dem Ausmaß der Exzision korreliert. Die Blutverluste sollten daher so exakt wie möglich gemessen werden (Muniz Castro 2018). Schätzungen zum intraoperativen Blutverlust gehen von 2,6 bis 3,4 % des Blutvolumens pro 1 % exzidierte Körperoberfläche aus (Bittner 2015). Es wird die Bereithaltung eines Erythrozytenkonzentrats pro 2,5 % nekrektomierter Körperoberfläche empfohlen (Limper 2021). Eine retrospektive Untersuchung von Farny et al. ergab einen Blutverlust von 0,8 ml/ cm<sup>2</sup> nekrektomierter und transplantierte Haut (Farny 2018). Die Verluste treten häufig sehr rasch und kontinuierlich schon von Beginn der Operation an auf. Zwischen dem 2. und 16. Tag nach Verbrennungstrauma ist der relative Blutverlust aufgrund der Wunddurchblutung am ausgeprägtesten (Limper 2021). Eine Verlustkoagulopathie führt zu einer weiteren Steigerung des intraoperativen Transfusionsbedarfes (Anderson 2014). Gemäß der aktuellen Querschnittsleitlinie ist bei massiven Blutungen die Entscheidung zur Erythrozytentransfusion auf der Basis von hämodynamischen und metabolischen Parametern, Symptomen der Anämie sowie unter Berücksichtigung des stattgehabten und noch zu erwartenden Blutverlustes zu treffen. Als Zielbereich für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten werden hier Hämoglobin-Werte von 7 bis 9 g/ dl (4,3 bis 5,6 mmol/ l) empfohlen (BÄK 2020). Allerdings sollte der weitere OP-Verlauf im Hinblick auf den Blutverlust antizipiert werden. Das Warten auf das Erreichen eines niedrigen Hämoglobin-Wertes vor einer Transfusion birgt aufgrund der Dynamik des Blutverlustes das Risiko einer kritischen Anämie verbunden mit einer Koagulopathie. Die Entscheidung zur Bluttransfusion wird daher zusätzlich von der Rate des Blutverlustes bestimmt (Curinga 2011).

Bei zu spät initiierte Gerinnungstherapie besteht unter alleiniger Kristalloidgabe die Gefahr einer Verdünnungskoagulopathie, welche durch Hypothermie und Azidose verstärkt werden kann. Aufgrund der häufig großflächigen Wunden sind manifeste Gerinnungsstörungen besonders problematisch. Gemäß der aktuellen Querschnittsleitlinie besteht die Indikation zur Transfusion von Therapeutischem Plasma (bei schwerem, akutem Blutverlust vorzugsweise in Kombination mit Gerinnungsfaktorenkonzentraten) in der *Vermeidung* einer Verdünnungskoagulopathie sowie zur Stillung der Blutung durch eine suffiziente Behandlung oder Prophylaxe mikrovaskulärer Blutungen. Therapeutisches Plasma soll daher bei schwerem akutem Blutverlust unter Berücksichtigung des Volumenstatus bzw. Volumenmonitorings frühzeitig zusammen mit Erythrozytenkonzentraten in einem festen Verhältnis von 1:1 bis 1:2 transfundiert werden (BÄK 2020). Die Verfügbarkeit von Thrombozytenkonzentraten ist

rechtzeitig zu prüfen. Die prophylaktische Gabe wird bei größeren operativen Eingriffen und Eingriffen mit hohem Blutungsrisiko unmittelbar präoperativ bei Thrombozytenzahlen  $< 50.000/\mu\text{l}$  empfohlen. Bei Patient\*innen mit mikrovaskulären Blutungen werden postoperativ Thrombozytengaben bis zum Erreichen der Blutstillung empfohlen. Es werden dann Thrombozytenzahlen von  $50.000/\mu\text{l}$  bis  $100.000/\mu\text{l}$  angestrebt (BÄK 2020).

Zusammenfassend ist im Interesse der Prävention einer kritischen Anämie und Verdünnungs- und Verlustkoagulopathie sowie der Vermeidung weiterer nachteiliger Faktoren wie z.B. einer Azidose infolge von Mikrozirkulationsstörungen im unmittelbar perioperativen Setting ein Transfusionsregime mit vorausschauender Gabe von Erythrozytenkonzentraten und therapeutischem Plasma sinnvoll (Anderson 2014, Bittner 2015). Dieses Vorgehen erscheint auch dahingehend gerechtfertigt, dass negative Effekte der Bluttransfusion auf das Outcome nicht in Zusammenhang mit perioperativen Transfusionen, sondern mit Transfusionen auf der Intensivstation gesehen wurden (Palmieri 2006).

Neben dem Transfusionsmanagement gilt es, eine Azidose und eine Hypokalziämie auszugleichen. Zur Beantwortung gezielter Fragestellungen stehen weiterführende Untersuchungen wie Thrombozytenfunktionstests und die Thrombelastographie zur Verfügung (Pidcock 2015). Die Anwendung von rFVIIa bei schweren, nicht beherrschbaren Blutungskomplikationen wurde auch für Brandverletzte beschrieben (Johansson 2007).

Eine jüngere Metaanalyse unter Einschluss von 8 Studien zum perioperativen Einsatz von Tranexamsäure bei Brandverletzten ergab eine Verringerung des Blutverlustes (mittlere Differenz  $-192,44\text{ ml}$ ; 95 %-KI =  $-297,73$  bis  $-87,14$ ;  $p = 0,0003$ ), ein geringeres Verhältnis zwischen Blutverlust und VKOF (mittlere Differenz  $-7,31$ ; 95 %-KI =  $-10,77$  bis  $-3,84$ ;  $p = 0,0001$ ), einen geringeren Blutverlust pro behandelter Flächeneinheit (MD =  $-0,59$ ; 95 %-KI =  $-0,97$  bis  $-0,20$ ;  $P = 0,003$ ) sowie eine geringere Anzahl an Patient\*innen, die intraoperativ eine Transfusion erhielten (Risikodifferenz (RD) =  $-0,16$ ; 95 %-KI =  $-0,32$  bis  $-0,01$ ;  $p = 0,04$ ). Darüber hinaus gab es keine Unterschiede hinsichtlich des Auftretens venöser Thromboembolien (VTE) und der Letalität (Fijany 2023). Ein mögliches Regime für die Gabe von Tranexamsäure besteht in der präoperativen intravenösen Gabe von  $10\text{ mg/kg}$  gefolgt von einer kontinuierlichen Infusion ( $1\text{ mg/kg/h}$ ) über die Zeitdauer der Operation (Tapping 2022). Die topische Gabe von Tranexamsäure im Rahmen des Debridements der Verbrennungswunde erscheint ebenfalls eine Option (Tang 2012). Daten zur Effektivität liegen jedoch bislang nicht vor. Die perioperative Gabe von Tranexamsäure ab einem erwarteten

Blutverlust > 500 ml, unabhängig von der Art der Chirurgie, hat inzwischen einen hohen Empfehlungsgrad (UK Royal Colleges 2022).

Chirurgische Maßnahmen zur Reduktion des perioperativen Blutverlusts sind beispielsweise das Anlegen einer Blutsperre, die elektrische Blutstillung, die umgehende Auflage Epinephrin-getränkter Tücher auf die bereits nekrektomierten Flächen, die subkutane Unterspritzung der Spenderareale mit einer Epinephrin-haltigen Lösung und die Verwendung hämostyptischer Wundauflagen (Sterling 2018).

*Frage: Wann ergibt sich die Indikation zur Bluttransfusion auf der Intensivstation?*

<b>Empfehlung 107</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Auf der Intensivstation sollen bei Brandverletzten die gleichen Transfusionstrigger wie für andere kritisch kranke Patienten angewendet werden. Eine Normovolämie sollte unabhängig von einer Transfusion sichergestellt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine prospektive Multicenter Studie untersuchte ein restriktives (Hämoglobin 4,3 - 5 mmol/ l, 7 - 8 g/ dl) im Vergleich zu einem liberalen (6,2 - 6,8 mmol/ l, 10-11 g/ dl) Transfusionsregime. Eingeschlossen wurden 345 Brandverletzte mit > 20 % VKOF. Das restriktive Transfusionsregime führte zu einer Halbierung der Blutproduktgabe. Mortalität, Organdysfunktion und die Rate an Blutstrominfektionen waren in beiden Patientenkollektiven vergleichbar (Palmieri 2017). Eine andere Studie verglich einen Transfusionstrigger von < 5 mmol/ l (8 g/ dl) mit < 6,2 mmol/ l (10 g/ dl) im Routinelabor. Die Anwendung der restriktiven Transfusionsstrategie hatte keinen negativen Einfluss auf das Outcome, führte jedoch zu erheblich geringerem Transfusionsbedarf mit damit verbundener Reduktion der Behandlungskosten (Salehi 2021). In einer weiteren Untersuchung bei Brandverletzten war die Gabe von allogenen Blutprodukten mit einer erhöhten Infektionsrate und thromboembolischen Morbidität sowie einem längeren Krankenhausaufenthalt assoziiert (Kaserer 2020). In einer retrospektiven Multicenter-Studie korrelierte die Anzahl der Transfusionen auch nach Adjustierung an die Verbrennungsschwere mit der Letalität und der

Infektionsrate. Die Autoren schlussfolgerten, dass sich die Applikation von Blutprodukten streng nach dem physiologischen Bedarf richten sollte (Palmieri 2006). Korrespondierend ergibt sich entsprechend der aktuellen Querschnittsleitlinie der BÄK die Indikation zur Bluttransfusion aus einer klinisch relevanten Anämie (BÄK 2020).

Frage: Wie sollte das intraoperative Wärmemanagement erfolgen?

<b>Empfehlung 108</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Intraoperativ sollten bei Brandverletzten Maßnahmen des Wärmeerhalts wie Schutz vor Auskühlung durch Beeinflussung der Umgebung (Wärmeisolation, erhöhte Raumtemperatur, angewärmte Infusions- und Spüllösungen sowie bei maschinell beatmeten Patienten minimal flow) und andererseits Methoden zum aktiven Erwärmen des Patienten durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der Wärmeerhalt beginnt bereits mit der OP-Planung und dem interdisziplinären Festsetzen der Therapieziele. Ein Ziel-Temperatur-Management mittels Vorwärmen ermöglicht, dass die Patient\*innen bereits vor Transport in den OP eine entsprechende Körperkerntemperatur erreichen. Bei schwerstverbrannten Patient\*innen kann z. B. eine Körperkerntemperatur von 38,5 °C angestrebt werden, um den Hypermetabolismus zu reduzieren (Mertin 2022). Interventionen zur Vermeidung einer unbeabsichtigten präoperativen Auskühlung während des Patiententransports in den OP-Bereich beinhalten physikalische Maßnahmen wie die Abdeckung der Patient\*innen und die Vermeidung bzw. enge zeitliche Begrenzung von Zugluft oder des Aufenthaltes in kalten Räumen wie Transportgängen und Warteräumen.

Um in der Erwachsenen Chirurgie nicht-brandverletzter Patient\*innen eine ausgeglichene Wärmebilanz allein durch eine Erhöhung der OP-Saaltemperatur zu erzielen, muss diese mehr als 26°C betragen (DGAI 2019). Durch die Zerstörung der Hautbarriere unterliegen Brandverletzte einem höheren Risiko für eine Hypothermie. Die OP-Saaltemperatur sollte daher nach unserer Einschätzung > 28 °C liegen. Intraoperativ sollte der/ die Brandverletzte bestmöglich zugedeckt werden. Ein konvektives Luftwärmeverfahren (hierbei wird die Luft durch ein Gebläse erwärmt und über einen Schlauch in eine spezielle Patientendecke geleitet) und/ oder eine konduktive Wärmung (mittels Heizmatten) sind anzustreben. Ferner sollten Infusionen, Blutprodukte und Spüllösungen vorgewärmt sein. Eine kontinuierliche Temperaturmessung wird empfohlen (Trojan 2021). Die Etablierung von Ösophaguswärmern wurde bei analgosedierten und intubierten/ tracheotomierten Brandverletzten beschrieben

(Furrer 2023), auch wenn diese Katheter nur einen relativ geringen Beitrag zur Wärmebilanz liefern können (Kalasbail 2018). In der S3 Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie“ wird für spezielle Fällen auch die Anlage eines intravenösen wärmeregulierenden Katheters empfohlen (DGAI 2019). Eine Interaktion des Ösophaguswärmers (Limper 2022).

Die Raumtemperatur der nachsorgenden Organisationseinheit sollte bis zum Erreichen der Normothermie bei  $> 26^{\circ}\text{C}$  liegen. Infrarotstrahler oder alternative Devices können zusätzlich eingesetzt werden.

## Literatur

Aarsland A et al. Insulin therapy in burn patients does not contribute to hepatic triglyceride production. J Clin Invest 1998, 101: 2233-9.

Abdelrahman I et al. Lidocaine infusion has a 25% opioid-sparing effect on background pain after burns: A prospective, randomised, double-blind, controlled trial. Burns 2020; 46: 465-471.

Abdi S, Zhou Y. Management of pain after burn injury. Curr Opin Anaesthesiol 2002; 15: 563-7.

Aboelatta Y, Ahmed Abdelsalam A. Volume Overload of Fluid Resuscitation in Acutely Burned Patients Using Transpulmonary Thermodilution Technique. J Burn Care Res 2013;34:349–354

Adhikari NK et al. Effect of nitric oxide on oxygenation and mortality in acute lung injury: systematic review and meta-analysis. BMJ 2007; 334 (7597): 779.

Ali A et al. Propranolol attenuates hemorrhage and accelerates wound healing in severely burned adults. Crit Care 2015; 19: 217.

Alshaer M et al. Experience with Implementing a Beta-lactam Therapeutic Drug Monitoring Service in a Burn Intensive Care Unit: A Retrospective Chart Review. J Burn Care Res 2023; 44:121-128.

Alvarado R et al. Burn resuscitation. Burns 2009; 35: 4-14.

Andel D et al. Base deficit and lactate: early predictors of morbidity and mortality in patients with burns. Burns 2007; 33: 973-8.

Anderson TA, Fuzaylov G. Perioperative Anesthesia. Management of the Burn Patient. Surg Clin N Am 2014; 94: 851–861

Anseeuw K et al. Cyanide poisoning by fire smoke inhalation: a European expert consensus. European Journal of Emergency Medicine 2013; 20(1): 2-9.

Arbeitskreis Intensivmedizin der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV). Positionspapier „Metabolisches Bündel“ 2020. Verfügbar unter: [https://verbrennungsmedizin.de/files/dgv\\_files/pdf/positionspapier/Positionspapier%20Metabolisches%20B%C3%BCndel\\_V1.3.pdf](https://verbrennungsmedizin.de/files/dgv_files/pdf/positionspapier/Positionspapier%20Metabolisches%20B%C3%BCndel_V1.3.pdf) (Zugriff am 26.12.2023)

Arlati S et al. Decreased fluid volume to reduce organ damage: a new approach to burn shock resuscitation? A preliminary study. Resuscitation 2007; 72: 371-8.

Asmussen S et al. A metaanalysis of analgesic and sedative effects of dexmedetomidine in burn patients. Burns 2013; 39: 625-31.

Barajas-Nava LA et al. Antibiotic prophylaxis for preventing burn wound infection. Cochrane Database Syst Rev 2013; 6:CD008738.

Barati M et al. Comparison of WBC, ESR, CRP and PCT serum levels in septic and non-septic burn cases. Burns 2008; 34: 770-774.

Bartley AC, Edgar DW, Wood FM. Pharmaco-management of inhalation injuries for burn survivors. Drug Des Devel Ther 2009; 2: 9-16.

Bartolome G, Schröter-Morasch H. Schluckstörungen. Interdisziplinäre Diagnostik und Rehabilitation. 2022, 7. Aufl. Urban & Fischer GmbH: München

Berger MM et al. Cutaneous zinc and copper losses in burns. Burns 1992; 18: 373e80.

Berger MM, Raffoul W, Shenkin A. 'Practical guidelines for nutritional management of burn injury and recovery' —A guideline based on expert opinion but not including RCTs. Burns 2008; 34: 141-143.

Berufsverband Deutscher Anästhesisten (BDA). Zusammenarbeit bei der operativen Patientenversorgung. Vereinbarung des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten und des Berufsverbandes der Deutschen Chirurgen. *Anästh Intensivmed* 2016; 57: 213-215

Bittner EA et al. Acute and Perioperative Care of the Burn-injured Patient. *Anesthesiology* 2015; 122:448–64

Bittner E, Sheridan R. Acute Respiratory Distress Syndrome, Mechanical Ventilation, and Inhalation Injury in Burn Patients. *Surg Clin North Am* 2023; 103(3): 439-451.

Blanco-Schweizer P et al. Resuscitation with albumin using BET formula keeps at bay fluid administration in burned patients. An observational study. *Burns* 2020; 46: 860-867

Blaser AR et al. The Incidence, Risk Factors, and Outcomes of Intra-Abdominal (IROI) Study Investigators. Incidence, Risk Factors, and Outcomes of Intra-Abdominal Hypertension in Critically Ill Patients - A Prospective Multicenter Study (IROI Study). *Crit Care Med* 2019; 47:535–542

Blay B et al. Low vitamin D level on admission for burn injury is associated with increased length of stay. *J Burn Care Res* 2017; 38: e8–e13.

Brennan PG et al. Intravenous Ketamine as an Adjunct to Procedural Sedation during Burn Wound Care and Dressing Changes. *J Burn Care Res* 2019; 40: 246-250.

Bundesärztekammer (BÄK). Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten (2020). Verfügbar unter: [https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf-Ordner/MuE/QuerschnittsLeitlinien\\_BAEK\\_zur\\_Therapie\\_mit\\_Blutkomponenten\\_und\\_Plasma\\_derivaten-Gesamtnovelle\\_2020.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/MuE/QuerschnittsLeitlinien_BAEK_zur_Therapie_mit_Blutkomponenten_und_Plasma_derivaten-Gesamtnovelle_2020.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Cambiaso-Daniel J et al. Treatment of Infection in Burn patients. In: *Total Burn Care*, Fifth edition, Herndon DN (Eds). 2018. p. 93

Carson JS et al. Nutritional Needs and Support for the burned patient. In *Total Burn Care*. Fifth Edition, Herndon, DN (Eds), 2018. p. 287-300

Cartotto R et al. The Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) in mechanically ventilated burn patients: An analysis of risk factors, clinical features, and outcomes using the Berlin ARDS definition. *Burns* 2016; 42(7): 1423-1432.

Caruso DM et al. Rationale for 'early' percutaneous dilatational tracheostomy in patients with burn injuries. *J Burn Care Rehabil* 1997; 18(5): 424-428.

Chao T et al. Skeletal muscle protein breakdown remains elevated in pediatric burn survivors up to one-year post-injury. *Shock*. 2015; 44:397–401.

Chen Z, Turxun N, Ning F. Meta-analysis of the diagnostic value of procalcitonin in adult burn sepsis. *Adv Clin Exp Med* 2021; 30: 455–463.

Cho YS et al. The effect of burn rehabilitation massage therapy on hypertrophic scar after burn: a randomized controlled trial. *Burns* 2014; 40: 1513-20.

Church D et al. Burn Wound Infections. *Clin Microbiol Rev* 2006; 19: 403–434.

Clark CJ, Campbell D, Reid WH. Blood carboxyhaemoglobin and cyanide levels in fire survivors. *Lancet* 1981; 1 (8234): 1332-1335.

Clark A et al. Nutrition and metabolism in burn patients. *Burns Trauma*. 2017; 5: 11.

Clayton N, Kennedy P, Maitz P. The severe burns patient with tracheostomy: Implications for management of dysphagia, dysphonia and laryngotracheal pathology. *Burns* 2010; 36(6), 850–855.

Clayton NA, Ward EC, Maitz PK. Intensive swallowing and orofacial contracture rehabilitation after severe burn: A pilot study and literature review. *Burns* 2017; 43(1), e7–e17.

Clayton N et al. Influence of Inhalation Injury on Incidence, Clinical Profile and Recovery Pattern of Dysphagia Following Burn Injury. *Dysphagia* 2020; 35(6): 968-977.

Coban YK. Infection control in severely burned patients. *World J Crit Care Med* 2012; 1: 94-101.

Cochran A et al. The relationship of serum Lactate and Base Deficit in Burn Patients to Mortality. *J Burn Care Res* 2007; 28: 231-40.

Cuignet O et al. Effects of gabapentin on morphine consumption and pain in severely burned patients. *Burns* 2007; 33: 81-6.

Curinga G et al. Red blood cell transfusion following burn. *Burns* 2011; 37: 742-752

Czech O et al. Virtual reality intervention as a support method during wound care and rehabilitation after burns: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Med* 2022; 68: 102837.

Dang S et al. Hydroxocobalamin interference in routine laboratory tests: Development of a protocol for identifying samples and reporting results from patients treated with Cyanokit (TM). *Clin Biochem* 2021; 91: 31-38.

Daniels M et al. Is the Parkland formula still the best method for determining the fluid resuscitation volume in adults for the first 24 hours after injury? — A retrospective analysis of burn patients in Germany. *Burns* 2021; 47: 914-921.

Dauber A et al. Chronic persistent pain after severe burns: a survey of 358 burn survivors. *Pain Med* 2002; 3: 6-17.

de Leeuw K et al. Effect and mechanism of hydrocortisone on organ function in patients with severe burns. *J Crit Care* 2016; 36: 200-206.

Decker S et al. Percutaneous dilatational tracheostomy (PDT) in trauma patients: a safe procedure. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2016; 42(5): 605-610.

Deisz R et al. Operative Therapie und Intensivmedizin bei Schwerbrandverletzten – Teil 2: Grundzüge der Weiterversorgung. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2013; 48: 18–26.

Dépret F et al. Association between hydroxocobalamin administration and acute kidney injury after smoke inhalation: a multicenter retrospective study. *Crit Care* 2019; **23**(1): 421.

Desai C et. al. Effectiveness of a topical local anaesthetic spray as analgesia for dressing changes: a double-blinded randomised pilot trial comparing an emulsion with an aqueous lidocaine formulation. *Burns* 2014; 40: 106-12

Desai SR, Zeng D, Chong SJ. Airway management in inhalation injury: a case series. *Singapore Med J* 2020; 61(1): 46-53.

Deutsch CJ et al. The diagnosis and management of inhalation injury: An evidence based approach. Burns 2018; 44(5): 1040-1051.

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der DGAI, DGCH und DGIM. Anästh Intensivmed 2017; 58: 349-364.

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz (AWMF-Nr. 001 – 021), 2017. verfügbar unter [001-021l S3 Invasive Beatmung 2017-12.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-021l_S3_Invasive_Beatmung_2017-12.pdf) ([awmf.org](https://register.awmf.org)) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): S3 Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie - Aktualisierung (2019). Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-018l S3 Vermeidung perioperativer Hypothermie 2019-08.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-018l_S3_Vermeidung_perioperativer_Hypothermie_2019-08.pdf) (Zugriff am 18.12.2023).

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie bei Erwachsenen. 2020. AWMF-Nr. 001 – 020. Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l S3 Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene 2020-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l_S3_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene_2020-10.pdf) (Zugriff am 07.02.2023)

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): S3-Leitlinie Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin (DAS-Leitlinie), (AWMF-Registernummer 001 – 012), (2020). Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-012l S3 Analgesie-Sedierung-Delirmanagement-in-der-Intensivmedizin-DAS 2021-08.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-012l_S3_Analgesie-Sedierung-Delirmanagement-in-der-Intensivmedizin-DAS_2021-08.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): S3-Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen (AWMF Registrier-Nummer 001-025), Version: 4.1\_2021 (2021). Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-025l S3 Behandlung-akuter-perioperativer-posttraumatischer-Schmerzen 2022-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-025l_S3_Behandlung-akuter-perioperativer-posttraumatischer-Schmerzen_2022-11.pdf) (Zugriff am 08.02.2023)

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI): Strukturierte Patientenübergabe in der perioperativen Phase – das SBAR-Konzept (2022). Verfügbar unter:

<https://www.dgai.de/alle-docman-dokumente/entschliessungen-vereinbarungen/1908-strukturierte-patientenuebergabe-in-der-perioperativen-phase-das-sbar-konzept/file.html>

Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DEGEM). S2k-Leitlinie Klinische Ernährung in der Intensivmedizin, 2019. AWMF-Nr. 073-004. Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/073-004l\\_S2k\\_Klinische-Ernaehrung-Intensivmedizin\\_2019-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/073-004l_S2k_Klinische-Ernaehrung-Intensivmedizin_2019-11.pdf) (Zugriff am 06.02.2023).

Deutsche Gesellschaft für Infektiologie e.V. (DGI): S3- Leitlinie Strategien zur Sicherung rationaler Antibiotika-Anwendung im Krankenhaus (AWMF-Registernummer: 092/001) – update 2018. Verfügbar unter [https://www.antibiotic-stewardship.de/fileadmin/media/initiative/Langfassung\\_der\\_Leitlinie\\_Strategien\\_zur\\_Sicherung\\_rationaler\\_Antibiotika-Anwendung\\_im\\_Krankenhaus.pdf](https://www.antibiotic-stewardship.de/fileadmin/media/initiative/Langfassung_der_Leitlinie_Strategien_zur_Sicherung_rationaler_Antibiotika-Anwendung_im_Krankenhaus.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN): S1-Leitlinie Neurogene Dysphagie (AWMF-Nr. 030-111), 2020. Verfügbar unter [https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-111l\\_Neurogene-Dysphagie\\_2020-05.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-111l_Neurogene-Dysphagie_2020-05.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP). Sk2-Leitlinie Prolongiertes Weaning (AWMF-Nr. 020-015), 2019. verfügbar unter [020-015l\\_S2k\\_Prolongiertes Weaning 2019 09 1.pdf \(awmf.org\)](https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-015l_S2k_Prolongiertes_Weaning_2019_09_1.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP). S3-Leitlinie Sauerstoff in der Akuttherapie beim Erwachsenen. (AWMF-Nr. 020-021), Kurzversion 1.0 (2021), verfügbar unter [020-021k\\_S3\\_Sauerstoff-in-der-Akuttherapie-beim-Erwachsenen\\_2021-11\\_2.pdf \(awmf.org\)](https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-021k_S3_Sauerstoff-in-der-Akuttherapie-beim-Erwachsenen_2021-11_2.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). S2k-Leitlinie Diagnostik und Therapie der Kohlenmonoxidvergiftung (AWMF-Nr. 040-012), 2021. Verfügbar unter [https://register.awmf.org/assets/guidelines/040-012l\\_S2k\\_Diagnostik-Therapie-Kohlenmonoxidvergiftung\\_2021-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/040-012l_S2k_Diagnostik-Therapie-Kohlenmonoxidvergiftung_2021-11.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV). Jahresbericht 2022 - für den Zeitraum Jan. bis Dez. 2021. Verbrennungsregister der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin. Verfügbar unter

[https://verbrennungsmedizin.de/files/dgv\\_files/pdf/jahresbericht/Jahresbericht%202022%20gesamt.pdf](https://verbrennungsmedizin.de/files/dgv_files/pdf/jahresbericht/Jahresbericht%202022%20gesamt.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Deutsche Sepsis Gesellschaft e. V. (DSG): S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge (AWMF-Registernummer: 079 – 001), Langversion 3.1 – 2018. Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/079-001l\\_S3\\_Sepsis-Praevention-Diagnose-Therapie-Nachsorge\\_2020-03\\_01.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/079-001l_S3_Sepsis-Praevention-Diagnose-Therapie-Nachsorge_2020-03_01.pdf) (Zugriff am 18.12.2023)

Dickerson RN et al. Accuracy of predictive methods to estimate resting energy expenditure of thermally-injured patients. J Parenter Enteral Nutr 2002; 26:17–29.

Dvorak JE, Ladhani HA, Claridge JA. Review of Sepsis in Burn Patients in 2020. Surg Infect (Larchmt) 2021; 22: 37-43.

Emery MA, Eitan S. Drug-specific differences in the ability of opioids to manage burn pain. Burns 2020; 46: 503-513.

Endorf FW, Gamelli RL. Inhalation injury, pulmonary perturbations, and fluid resuscitation. J Burn Care Res 2007; 28(1): 80-83.

Enkhbaatar P et al. The pathophysiology of inhalation injury. In: Total Burn Care, Fifth edition, Herndon, DN (eds), 2018. p. 174-183

Erol S et al. Changes of microbial flora and wound colonization in burned patients. Burns. 2004; 30: 357–61.

European Burn Association (EBA). European Practice Guidelines for Burn Care, Version-4-2017-1 (2017). Verfügbar unter: <https://www.euroburn.org/wp-content/uploads/EBA-Guidelines-Version-4-2017.pdf> (Zugriff am 18.12.2023)

Evans L et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. Intensive Care Med 2021; 47: 1181-1247.

Farny B et al. Estimation of blood loss during adult burn surgery. Burns 2018; 44: 1496-1501

Ferrando AA et al.: A submaximal dose of insulin promotes skeletal muscle protein synthesis in patients with severe burns. Ann Surg 1999; 229: 11-8.

Field T et al. Postburn itching, pain, and psychological symptoms are reduced with massage therapy. J Burn Care Rehabil 2000; 21: 189-93.

Fijany AJ et al. Tranexamic acid in burn surgery: A systematic review and meta-analysis. Burns 2023; 49; 6: 1249-1259

Fitzwater J et al. The risk factors and time course of sepsis and organ dysfunction after burn trauma. J Trauma. 2003; 54: 959-66.

Fouché TW et al. Extracorporeal membrane oxygenation utilization in burn patients with severe acute respiratory distress syndrome. Burns 2023; 49(1): 244-246.

Fournier A et al. Impact of Real-Time Therapeutic Drug Monitoring on the Prescription of Antibiotics in Burn Patients Requiring Admission to the Intensive Care Unit. Antimicrob Agents Chemother 2018; 62: e01818-17.

Fransén J et al. Surveillance of antibiotic susceptibility in a Swedish Burn Center 1994-2012. Burns 2016; 42: 1295-303

Furrer F et al. Perioperative targeted temperature management of severely burned patients by means of an oesophageal temperature probe. Burns 2023; 49: 401-407.

Garner K et al. A multicenter study analyzing the association of vitamin D deficiency and replacement with infectious outcomes in patients with burn injuries. Burns 2022; 48: 1319 – 1324. doi.org/10.1016/j.burns.2021.10.020.

Gauffin E et al. Prevalence and prediction of prolonged pruritus after severe burns. J Burn Care Res 2015; 36: 405-13.

Gille J, Fischer H. Anästhesie in besonderen operativen Bereichen: Trauma -Verbrennung. In: Anästhesie konkret. Hokema F, Kaisers UX (Eds.), 2010.

Gille J et al. Safety of resuscitation with Ringer's acetate solution in severe burn (VoITRAB) – an observational study. Burns 2014; 40: 871-880.

Gille J et al. Evaluation of MR-proANP and copeptin for sepsis diagnosis after burn injury. J Crit Care 2019; 52:149-155.

Gille J et al. The predictive role of Interleukin 6 in burn patients with positive blood cultures. *Int J Burn Trauma* 2021; 11: 123-130.

Girtler R, Gustorff B. Schmerztherapie bei Verbrennungen. *Anaesthesist* 2011; 60: 243-250.

Gong C et al. The variation of hemodynamic parameters through PiCCO in the early stage after severe burns. *J Burn Care Res* 2017; 38: e966-e972.

Gore DC et al. Hyperglycaemia exacerbates muscle protein catabolism in burn-injured patients. *Crit Care Med* 2002; 30: 2438-2442.

Graves C, Saffle J, Cochran A. Actual burn nutrition care practices: an update. *J Burn Care Res*. 2009; 30: 77–82.

Gravvanis AI et al. Percutaneous versus Conventional Tracheostomy in Burned Patients with Inhalation Injury. *World J Surg* 2005; 29(12): 1571-1575.

Gray P, Williams B, Cramond T. Successful use of gabapentin in acute pain management following burn injury: a case series. *Pain Med* 2008; 9: 371-6.

Gray P et al. Pregabalin in severe burn injury pain: a double-blind, randomised placebo-controlled trial. *Pain* 2011; 152: 1279-88.

Greenhalgh D et al. American Burn Association Consensus Conference to define Sepsis and Infection in Burns. *J Burn Care Res* 2007; 28: 776-790.

Greenhalgh DG. Burn resuscitation: The results of the ISBI/ABA survey. *Burns* 2010; 36: 176-182.

Greenhalgh DG. Defining sepsis in burn patients: still a long way to go. *J Burn Care Res* 2017;38: e990–1.

Gregoret C et al. Analgo-Sedation of Patients with Burns outside the Operating Room. *Drugs* 2008; 68: 2427-43.

Gus E, Cleland H. Burn fluid resuscitation formulae: Concept and misconception. *Injury* 2021; 52: 780-781

Halstead FD et al. A systematic review of quantitative burn wound microbiology in the management of burns patients. *Burns* 2018; 44: 39-56.

Hampson NB, Hauff NM. Risk factors for short-term mortality from carbon monoxide poisoning treated with hyperbaric oxygen. Crit Care Med 2008; 36(9): 2523-2527.

Hart DW et al. Effects of early excision and aggressive enteral feeding on hypermetabolism, catabolism, and sepsis after severe burn. J Trauma. 2003; 54: 755–61.

Hartl WH et al. S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) in Zusammenarbeit mit der GESKES und der AKE: Besonderheiten der Überwachung bei künstlicher Ernährung. Aktuel Ernährungsmed 2013; 38: e90–e100.

Haynes AB et al. A Surgical Safety Checklist to Reduce Morbidity and Mortality in a Global Population. N Engl J Med 2009; 360: 491-9.

Hebert S et al. The Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation in Severely Burned Patients: A Survey of North American Burn Centers. J Burn Care Res 2022; 43(2): 462-467.

Heidler MD. Rehabilitation schwerer pharyngo-laryngo-trachealer Sensibilitätsstörungen bei neurologischen Patienten mit geblockter Trachealkanüle. Neurol Rehabil 2007; 13 (1): 3 – 14

Herndon DN et al. Extravascular lung water changes following smoke inhalation and massive burn injury. Surgery 1987; 102(2): 341-349.

Herndon DN, Lal S. Is bacterial translocation a clinically relevant phenomenon in burns? Crit Care Med 2000; 28: 1682-3.

Herndon DN. Reversal of Catabolism by Beta-Blockade After Severe Burns, N Engl J Med 2001; 345: 1223-1229.

Herrero de Lucas E et al. Lactate and lactate clearance in critically burned patients: usefulness and limitations as a resuscitation guide and as a prognostic factor. Burns 2020; 46: 1839-1847

Heyland DK et al. A Randomized Trial of Enteral Glutamine for Treatment of Burn Injuries. N Engl J Med 2022; 387: 1001- 1010.

Hogan BK et al. Correlation of American Burn Association Sepsis Criteria with the presence of bacteremia in burned patients admitted to the Intensive Care Unit. J Burn Care Res 2012; 33: 371-378.

Holm C et al. Haemodynamic and oxygen transport responses in survivors and non-survivors following thermal injury. Burns 2000; 26: 25-33.

Holm C et al. A clinical randomized study on the effects of invasive monitoring on burn shock resuscitation. Burns 2004; 30: 798-807.

Hoshino T, Enomoto Y, Inoue Y. Characteristics of patients resuscitated after burn related out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2023; 184: 109692.

Huang G et al. Low dose of glucocorticoid decreases the incidence of complications in severely burned patients by attenuating systemic inflammation. J Crit Care 2015; 30: 436.

Huang CH et al. Extracorporeal Life Support for Severely Burned Patients with Concurrent Inhalation Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome: Experience from a Military Medical Burn Center. Injury 2023; 54(1): 124-130.

IfSG. Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG) § 23 Nosokomiale Infektionen; Resistenzen; Rechtsverordnungen durch die Länder. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/\\_23.html](https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/_23.html) (Zugriff am 18.12.2023)

Ikonomidis C et al. Standardizing the diagnosis of inhalation injury using a descriptive score based on mucosal injury criteria. Burns 2012; 38(4): 513-519.

InEK – Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus. Deutsche Kodierrichtlinien 2023. Verfügbar unter: <https://www.g-drg.de/media/files/deutsche-kodierrichtlinien-2023/g-drg/deutsche-kodierrichtlinien-2023-endversion-a4-pdf> (Zugriff am 18.12.2023).

International Society of Burn Injury (ISBI). ISBI Practice Guidelines Committee. ISBI Practice Guidelines for Burn Care, Part 1. Burns 2016; 42: 953-1021

International Society of Burn Injury (ISBI) Practice Guidelines Committee. ISBI Practice Guidelines for Burn Care. Part 2. Burns 2018; 44:1617-1706.

Iyer D et al. Early screening to identify patients at risk of developing intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. Acta Anaesthesiol Scand 2014; 58:1267–1275

Jeschke MG et al. Long-term persistence of the pathophysiologic response to severe burn injury. PLoS One 2011; 6: e21245.

Jeschke MG et al. Can we use C-reactive protein levels to predict severe infection or sepsis in severely burned patients? Int J Burns Trauma 2013; 3: 137-43.

Johansson PI et al. Recombinant FVIIa decreases perioperative blood transfusion requirement in burn patients undergoing excision and skin grafting—Results of a single centre pilot study. Burns 2007; 33: 435 – 440.

Jones LM et al. Pregabalin in the reduction of pain and opioid consumption after burn injuries: A preliminary, randomized, double-blind, placebo-controlled study. Medicine (Baltimore) 2019; 98: e15343.

Kaddoura I et al. Burn injury: Review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns. Ann Burns Fire Dis 2017; 30: 95-102.

Kalasbail P et al. Heating and Cooling Rates with an Esophageal Heat Exchange System. Anesthesia and analgesia 2018; 126: 1190-1195.

Kahn S, Beers R, Lentz C. Resuscitation After Severe Burn Injury Using High-Dose Ascorbic Acid: A Retrospective Review. J Burn Care Res 2011; 32: 110-117.

Kaita Y et al. Epidemiology of bloodstream infections and. surface swab cultures in burn patients. Acute Med Surg 2022; 9: e752

Kaserer A et al. Transfusion of allogeneic blood products is associated with an increased infection rate and thromboembolic morbidity and a longer hospital stay in severely burned patients. Burns 2020; 46: 1083-1090.

Klein M et al. The association between fluid administration and outcome following major burn. Ann Surg 2007; 245: 622-8.

Klemm E, Nowak A. Kompendium Tracheotomie und Atemwege. 2018. Springer.

Klose R. Thermisches Trauma. 24. Erg.-Lfg. 2007. In: Eckart, Forst, Burchardi (Hrsg.): Intensivmedizin 2004 Ecomed Landsberg/ Lech XIII-3, 1-35.

Kimura R et al. Increasing duration of smoke exposure induces more severe lung injury in sheep. *J Appl Physiol* 1988; 64(3): 1107-1113.

Knuth CM et al. Evaluating sepsis criteria in detecting alterations in clinical, metabolic, and inflammatory parameters in burn patients. *Shock* 2022; 58: 103-110.

Kramer A et al. Consensus on Wound Antisepsis: Update 2018. *Skin Pharmacol Physiol* 2018; 31: 28–58.

Kuipers HC et al. Itch in burn areas after skin transplantation: patient characteristics, influencing factors and therapy. *Acta Derm Venereol* 2015; 95: 451-6.8c

Ladhani HA, Yowler CJ, Claridge JA. Burn Wound Colonization, Infection, and Sepsis *Surg Infect (Larchmt)* 2021; 22: 44-48.

Lam NN, Khanh PQ, An NH. The use of propranolol in adult burn patients: Safety and outcome influence. *Burns* 2022; 48: 767-773.

Lan X et al. Nebulized heparin for inhalation injury in burn patients: a systematic review and meta-analysis. *Burns Trauma* 2020; 8: tkaa015.

Lapa R. Flexible endoskopische Beurteilung des Schluckakts in der Neurologie. *Nervenarzt* 2023; 94: 664–675

Latenser BA. Critical care of the burn patient: The first 48 hours. *Crit Care Med* 2009; 37: 2819-2826

Lavrentieva A et al. Inflammatory markers in patients with severe burn injury: What is the best indicator of sepsis? *Burns* 2007; 33:189-194.

Ledl C, Ullrich YY. Occlusion of Tracheostomy Tubes Does Not Alter Pharyngeal Phase Kinematics but Reduces Penetration by Enhancing Pharyngeal Clearance: A Prospective Study in Patients with Neurogenic Dysphagia. *Am J Phys Med Rehabil* 2017; 96(4): 268–272.

Ledl C, Frank U, Ullrich YY. Trachealkanülen(TK)-Management, TK-Weaning und Versorgungsaspekte in der Dysphagietherapie. *Nervenarzt* 2023; 94: 694–701

Lee KS et al. Variation in definitions of burn wound infection limits the validity of systematic review findings in burn care: A systematic review of systematic reviews. *Burns* 2022; 48: 1-12.

Li H et al. The efficacy and safety of oxandrolone treatment for patients with severe burns: A systematic review and meta-analysis. *Burns* 2016; 42: 717-27.

Li AT et al. Biomarkers for the Early Diagnosis of Sepsis in Burns. Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Surgery* 2022; 275: 654-662.

Limper U, Wappler F. Anästhesie in der Verbrennungschirurgie. In: Referenz Anästhesie, Zacharowski K, Marx G (Eds.) 2021. p. 887-896.

Limper U et al. Does an esophageal heat exchange system influence the reliability of transpulmonary thermodilution? *J Crit Care* 2022; 68: 48-49.

Lin J et al. High-Dose Ascorbic Acid for Burn Shock Resuscitation May Not Improve Outcomes. *J Burn Care Res* 2018; 39

Mann EA et al. Comparison of mortality associated with sepsis in the burn, trauma, and general intensive care unit patient: a systematic review of the literature. *Shock* 2012; 37: 4–16.

Mann-Salinas EA et al. Novel predictors of sepsis outperform the American Burn Association sepsis criteria in the burn intensive care unit patient. *J Burn Care Res* 2013; 34: 31-43.

McGinn KA et al. Nebulized Heparin With N-Acetylcysteine and Albuterol Reduces Duration of Mechanical Ventilation in Patients With Inhalation Injury. *J Pharm Pract* 2019; 32(2): 163-166.

McGovern C et al. Neuropathic agents in the management of pruritus in burn injuries: a systematic review and meta-analysis. *Trauma Surg Acute Care Open* 2021; 6: e000810

McGuinness SK et al. A systematic review of ketamine as an analgesic agent in adult burn injuries *Pain Med* 2011; 12: 1551-1558.

McSherry T et al. Randomized, Crossover Study of Immersive Virtual Reality to Decrease Opioid Use During Painful Wound Care Procedures in Adults. *J Burn Care Res* 2018; 39: 278-285.

Mertin V et al. Current understanding of thermo(dys)regulation in severe burn injury and the pathophysiological influence of hypermetabolism, adrenergic stress and hypothalamic regulation-a systematic review. *Burns Trauma* 2022; 10: tkac031.

Miller JT, Btaiche IF. Oxandrolone Treatment in Adults with Severe Thermal Injury. *Pharmacotherapy* 2009; 29: 213-226.

Miller AC, Elamin EM, Suffredini AF. Inhaled anticoagulation regimens for the treatment of smoke inhalation-associated acute lung injury: a systematic review. *Crit Care Med* 2014; 42(2): 413-419.

Monsalve-Duarte S et al. Music therapy and music medicine interventions with adult burn patients: A systematic review and meta-analysis. *Burns* 2022; 48: 510-521.

Mortada H et al. The effects of Glutamine Supplementation on Reducing Mortality and Morbidity among Burn Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JPRAS Open* 2022; 35:6-17.

Mosier MJ et al. Predictive value of bronchoscopy in assessing the severity of inhalation injury. *J Burn Care Res* 2012; 33(1): 65-73.

Muniz Castro J et al. How does blood loss relate to the extent of surgical wound excision? *Burns* 2018; 44: 1130-1134.

Murphy PB et al. Intra-abdominal hypertension is more common than previously thought: A prospective study in a mixed medical-surgical ICU. *Crit Care Med* 2018; 46:958–964.

Murray CK et al. Evaluation of white blood cell count, neutrophil percentage, and elevated temperature as predictors of bloodstream infection in burn patients. *Arch Surg* 2007; 142: 639–64.

Najafi A, Zeinali Nejad H, Nikvarz N. Evaluation of the analgesic effects of duloxetine in burn patients: An open-label randomized controlled trial. *Burns* 2019; 45: 598-609.

Nakajima M et al. Effect of high-dose vitamin C therapy on severe burn patients: a nationwide cohort study. *Critical Care* 2019; 23:407

Navickis RJ, Greenhalgh DG, Wilkes MM. Albumin in Burn Shock Resuscitation: A Meta-Analysis of Controlled Clinical Studies. *J Burn Care Res* 2016; 37: e268–e278.

Newsome AS et al. Effect of inhaled iloprost on gas exchange in inhalation injury. *Burns Open* 2017; 1(2): 49-53.

Ng EST. The Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation for Burns: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Asaio J* 2023; 69(1): e7-e13.

Nielson CB et al. Burns: Pathophysiology of Systemic Complications and Current Management. *J Burn Care Res* 2017; 38: e469-e481.

Nosanov LB et al. A National Perspective on ECMO Utilization Use in Patients with Burn Injury. *J Burn Care Res* 2017; 39(1): 10-14.

Nusser-Müller-Busch R. Die Therapie des Facio-Oralen-Trakts: F.O.T.T. nach Kay Coombes. 2015. 4. Aufl. Springer: Heidelberg

Nygaard RM, Endorf FW. Hyperbaric Oxygen and Mortality in Burns With Inhalation Injury: A Study of the National Burn Repository. *J Burn Care Res* 2021; 42(5): 900-904.

Oda J et al. Resuscitation fluid volume and abdominal compartment syndrome in patients with major burns. *Burns* 2006; 32: 151-4.

Öncül O et al. Nosocomial infection characteristics in a burn intensive care unit: analysis of an eleven-year active surveillance. *Burns* 2014; 40: 835-41

Oudemans-van Straaten H, Spoelstra-de Man A, de Waard MC. Vitamin C revisited. *Critical Care* 2014; 18: 460.

Palmieri TL et al. American Burn Association Burn Multicenter Trials Group Effect of blood transfusion on outcome after major burn injury: A multicenter study. *Crit Care Med* 2006; 34:1602–1607

Palmieri TL et al. Transfusion Requirement in Burn Care Evaluation (TRIBE): A Multicenter Randomized Prospective Trial of Blood Transfusion in Major Burn Injury. *Ann Surg* 2017; 266(4):595-602.

Park MS et al. Assessment of severity of ovine smoke inhalation injury by analysis of computed tomographic scans. *J Trauma* 2003; 55(3): 417-427; discussion 427-419.

Park H et al. Early pathogenic colonisers of acute burn wounds: A retrospective review. *Burns* 2017; 43: 1757-1765

Patel BM et al. Therapeutic drug monitoring of beta-lactam antibiotics in burns patients--a one-year prospective study. *Ther Drug Monit* 2012; 34:160-4.

Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V. (PEG): S2k Leitlinie Kalkulierte parenterale Initialtherapie bakterieller Erkrankungen bei Erwachsenen – Update 2018. (AWMF-Nr. 082-0062), aktualisierte Version, erstellt am 25. Juli 2019. Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/082-0062\\_S2k\\_Parenterale\\_Antibiotika\\_2019-08-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/082-0062_S2k_Parenterale_Antibiotika_2019-08-abgelaufen.pdf) (Zugriff am 18.12.2023).

Pavez RA, Martinez MP. Dysphagia in the burn patient: Experience in a National Burn Reference Centre. *Burns* 2019; 45(5), 1172–1181.

Pereira C et al. Post burn muscle wasting and the effects of treatments. *Int J Biochem Cell Biol* 2005; 37: 1948-61.

Pham CH et al. How long are burn patients really NPO in the perioperative period and can we effectively correct the caloric deficit using an enteral feeding "Catch-up" protocol? *Burns* 2018; 44: 2006 – 2010.

Pham CH et al. Evaluating the Safety and Efficacy of Intraoperative Enteral Nutrition in Critically Ill Burn Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Burn Care Res* 2020; 41: 841-848.

Phelps MK. Nebulized Heparin for Adult Patients With Smoke Inhalation Injury: A Review of the Literature. *J Pharm Technol* 2020; 36(4): 130-140.

Pidcock HF et al. Acute Blood Loss during Burn and Soft Tissue Excisions: An Observational Study of Blood Product Resuscitation Practices and Focused Review. *J Trauma Acute Care Surg* 2015; 78: 39–47.

Rafla K, Tredget EE. Infection control in the burn unit. *Burns* 2011; 37: 5–15.

Ramos G et al. Systemic antimicrobial prophylaxis in burn patients: a systematic review, *Journal of Hospital Infection* 2017; 97: 105-14

Raz-Pasteur A et al. Do wound cultures give information about the microbiology of blood cultures in severe burn patients? *Ann Plast Surg* 2016; 76: 34–9.

Rech MA et al. Vitamin D in burn-injured patients. Review. *Burns* 2019; 45: 32-41.

Rehm M et al. State of the art in fluid and volume therapy. *Anaesthesist* 2019; 68 (Suppl 1):S1–S14.

Richardson C, Upton D, Rippon M. Treatment for wound pruritus following burns. *J Wound Care* 2014; 23: 227-8, 230, 232-3.

Rodriguez NA et al. Nutrition in burns: Galveston contributions. *J Parenter Enteral Nutr.* 2011; 35: 704–14.

Romanowski KS et al. Guidelines on the Management of Acute Pain in the Adult Burn Patient: A Review of the Literature, a Compilation of Expert Opinion, and Next Steps. *J Burn Care Res* 2020; 41: 1129-1151.

Rousseau AF et al. ESPEN endorsed recommendations: nutritional therapy in major burns. *Clin Nutr* 2013; 32: 497-502.

Rousseau AF et al. Effects of cholecalciferol supplementation and optimized calcium intakes on vitamin D status, muscle strength and bone health. *Burns* 2015; 41: 317-325.

Rumbach AF et al. Incidence and predictive factors for dysphagia after thermal burn injury: A prospective cohort study. *J Burn Care Res* 2011; 32(6), 608–616.

Rumbach AT et al. Physiological characteristics of dysphagia following thermal burn injury. *Dysphagia* 2012; 27(3), 370–383.

Rumbach AF et al. Clinical progression and outcome of dysphagia following thermal burn injury: A prospective cohort study. *J Burn Care Res* 2012, 33(3), 336–346.

Rumbach AF et al. Validation of predictive factors of dysphagia risk following thermal burns: A prospective cohort study. *Burns* 2014; 40(4), 744–750.

Saffle JR. Early tracheostomy does not improve outcome in burn patients. *J Burn Care Rehabil* 2002; 23(6): 431-438.

Salehi SH, Daniali M, Motaghi P, Momeni M. The best strategy for red blood cell transfusion in severe burn patients, restrictive or liberal: A randomized controlled trial. *Burns* 2021; 47: 1038-1044.

Sánchez-Sánchez M et al. Evaluation of a protocol for resuscitation in burn patients. Crit Care 2014; 18: 430.

Sakurai Y et al. Stimulation of muscle protein synthesis by long-term insulin infusion in severely burned patients. Ann Surg, 222: 283-97, 1995.

Scheffler M et al. Efficacy of nonpharmacological interventions for procedural pain relief in adults undergoing burn wound care: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Burns 2018; 44:1709–1720.

Schütz TL, Valentini L, Plauth M. Screening auf Mangelernährung nach den ESPEN-Leitlinien 2002. Aktuel Ernaehr Med 2005; 30: 99-103

Schwegler H. In sicheren Schritten Richtung Dekanülierung. Mit Patientenbeispielen. 2022. Schulz Kirchner. 4. Aufl.

Sharma BR. Infection in patients with severe burns: causes and prevention thereof. Infect Dis Clin North Am 2007; 21: 745-59.

Sheckter CC et al. Techniques and strategies for regional anesthesia in acute burn care—a narrative review. Burns Trauma 2021; 9: tkab015

Sheridan RL et al. Maximal parenteral glucose oxidation in hypermetabolic young children: a stable isotope study. J Parenter Enteral Nutr. 1998; 22: 212–6.

Sheridan RL, Hess D. Inhaled nitric oxide in inhalation injury. J Burn Care Res 2009 30(1): 162-164.

Shields BA et al. High-Carbohydrate vs High-Fat Nutrition for Burn Patients. Nutr Clin Pract. 2019;0:1–7

Singer P et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Intensive Care  
Clinical Nutrition 2009; 28 (4): 387–400

Singer M et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). JAMA 2016, 315: 801-815.

Smailes ST et al. Percutaneous dilational and surgical tracheostomy in burn patients: incidence of complications and dysphagia. Burns 2014; 40(3): 436-442.

Smailes S et al. Early tracheostomy and active exercise programmes in adult intensive care patients with severe burns. *Burns* 2022; 48(7): 1599-1605.

Snell JA et al. Clinical review: the critical care management of the burn patient. *Crit Care* 2013.; 17: 241.

Soussi S et al. Early Hemodynamic Management of Critically Ill Burn Patients. *Anesthesiology* 2018; 129: 583–9

Stanojcic M, Vinaik R, Jeschke MG. Status and Challenges of Predicting and Diagnosing Sepsis in Burn Patients. *Surg Infect (Larchmt)* 2018; 19: 168-175.

Steinke B et al. Antibiotikaverbrauch auf einer Intensivstation für Schwerbrandverletzte. *Handchir Mikrochir plast Chir* 2019; 51: 102-110.

Steinsträsser L et al. Typical bacteria in an intensive care burn unit in severely burned patients and their importance with regard to mortality: retrospective study. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2007; 39: 338–44.

Sterling JP, Heimbach DM. Hemostasis in burn surgery—A review. *Burns* 2011; 37: 559-565.

Tagami T et al. Prophylactic Antibiotics May Improve Outcome in Patients With Severe Burns Requiring Mechanical Ventilation: Propensity Score Analysis of a Japanese Nationwide Database. *Clin Infect Dis* 2016; Jan 1; 62(1): 60-6.

Taha H et al. A 'metabolic bundle' including Oxandrolone in optimising the metabolic Status of Severely Burn Injured Patients: a retrospective analysis of the first 50 Patients. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW* 2019; 8: Doc17.

Tanaka H et al. Reduction of resuscitation fluid volumes in severely burned patients using ascorbic acid administration: a randomized, prospective study. *Arch Surg* 2000; 135: 326-31

Tang YM, Chapman TW, Brooks P. Use of tranexamic acid to reduce bleeding in burns surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012; 65: 684–686.

Tapking C et al. Tranexamic acid reduced blood transfusions in acute burn surgery: A retrospective case-controlled trial. *Burns* 2022; 48: 522-528.

Tengvall O, Wickman M, Wengström Y. Memories of pain after burn injury – the patient's experience. J Burn Care Res 2010; 31: 319-27.

Tonna JE et al. Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). ASAIO J 2021; 67(6): 601-610.

Trojan S, Limper U, Wappler F. Zieltemperaturkontrolle beim Patienten mit Verbrennungen. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2021; 56: 356-365.

Trupkovic T, Giessler G. Das Verbrennungstrauma. Teil 1: Pathophysiologie, präklinische Versorgung und Schockraummanagement. Anaesthesist 2008; 57:898-907.

Trupkovic T et al. Antimikrobielle Therapie bei Patienten nach Verbrennungstrauma. Anaesthesist 2012; 61: 249-258.

Tsuchiya A et al. Tracheostomy and mortality in patients with severe burns: A nationwide observational study. Burns 2018; 44(8): 1954-1961.

Ugburo AO et al. An evaluation of the role of systemic antibiotic prophylaxis in the control of burn wound infection at the Lagos University Teaching Hospital. Burns 2004; 30: 43–8.

UK Royal Colleges Tranexamic Acid in Surgery Implementation Group, Grocott MPW et al. Tranexamic acid for safer surgery: the time is now. British J Surgery 2022; 109: 1182-1183.

Venet F et al. Low-dose hydrocortisone reduces norepinephrine duration in severe burn patients: a randomized clinical trial. Crit Care 2015; 9: 21. doi:10.1186/s13054-015-0740-0.

Vitale M, Fields-Blache C, Luterman A. Severe itching in the patient with burns. J Burn Care Rehabil 1991; 12: 330-3.

Walker PF et al. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review. Crit Care 2015; 19: 351.

Wang L et al. Optimizing enteral nutrition delivery by implementing volume-based feeding protocol for critically ill patients: an updated meta-analysis and systematic review. Crit Care 2023; 27:173

Wasiak J et al. Adjuvant use of intravenous lidocaine for procedural burn pain relief: A randomized double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Burns* 2011; 37: 951 – 957.

Weitgasser L et al. Update on hyperbaric oxygen therapy in burn treatment. *Wien Klin Wochenschr* 2021; 133(3-4): 137-143.

WHO Guidelines for Safe Surgery 2009. *Safe Surgery Saves Lives*. Geneva: World Health Organization; 2009.

Wibbenmeyer L et al. Gabapentin is ineffective as an analgesic adjunct in the immediate postburn period. *J Burn Care Res* 2014; 35: 136-42.

Wolfe RR. Maximal parenteral glucose oxidation in hypermetabolic young children. *J Parenter Enteral Nutr* 1998; 22: 190.

Woodson LC et al. Anesthesia for Burned Patients. In: *Total Burn Care*. Fifth Edition, Herndon DN (Eds), 2018. p. 131

Wu T et al. Optimal timing and effect of music therapy in patients with burn injuries: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Burns* 2022; 48: 1069-1078.

Yamaguchi KT et al. Measurement of free radicals from smoke inhalation and oxygen exposure by spin trapping and ESR spectroscopy. *Free Radic Res Commun* 1992; 16(3): 167-174.

Yan J et al. Sepsis criteria versus clinical diagnosis of sepsis in burn patients: A validation of current sepsis scores. *Surgery* 2018; 164:1241-1245.

Yoon J et al. Comparative Usefulness of Sepsis-3, Burn Sepsis, and Conventional Sepsis Criteria in Patients With Major Burns. *Crit Care Med* 2018; 46: e656-e662.

Yoon J et al. Validation of Sepsis-3 using survival analysis and clinical evaluation of quick SOFA, SIRS, and burn-specific SIRS for sepsis in burn patients with suspected infection. *PLoS One* 2023; 18: e0276597.

Yu YM et al. The metabolic basis of the increase of the increase in energy expenditure in severely burned patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1999; 23: 160-168.

Yuxiang L et al. Burn patients' experience of pain management: a qualitative study. Burns 2012; 38: 180-6.

Zachariah JR et al. Post burn pruritus--a review of current treatment options. Burns 2012; 38: 621-9

Zander R. Anforderungen an einen optimalen Volumenersatz. Anästh Intensivmed 2009; 50: 348-357.

Ziolkowski N et al. The impact of operative time and hypothermia in acute burn surgery. Burns 2017; 43: 1673–1681.

## 12 Chirurgische Therapie

Die chirurgische Therapie von Verbrennungen orientiert sich an der Tiefe der Verbrennung, der Lokalisation, dem Gesamtausmaß sowie am Allgemeinzustand des Patienten. Bei ausgedehnten Verbrennungen ist sie die einzig ursächliche Therapie der Verbrennungserkrankung und muss daher in enger Abstimmung mit dem intensivmedizinischen Vorgehen erfolgen.

Ziel der chirurgischen Therapie ist die Entfernung verbrannter Hautschichten bei gleichzeitig möglichst weitgehendem Erhalt vitaler Haut. Dabei ist es wichtig, eine möglichst schmerzarme Behandlung, zügige, zeitgerechte und ungestörte Wundheilung und eine narbenarme, möglichst narbenfreie Abheilung zu erreichen.

Die chirurgische Therapie bedarf einer exakten Planung und muss in der Regel nicht als Notfalloperation erfolgen. Wenn möglich ist es vielmehr notwendig, den Patienten/der Patientin über die notwendige Behandlung, mögliche Alternativen, Risiken und Komplikationen der einzelnen Therapieverfahren aufzuklären.

### 12.1 Escharotomie

*Frage: Wann soll eine Escharotomie bei Brandverletzten durchgeführt werden?*

<b>Empfehlung 109</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine Escharotomie soll bei zirkulären tiefgradigen Verbrennungen (&gt; 2/3 der Zirkumferenz; Grad 2b und Grad 3) an den Extremitäten und am Rumpf durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Tiefe thermische Verletzungen führen zu einer Kontraktion der Haut. Zusätzlich kommt es im Rahmen der Verbrennungserkrankung zu einer absehbaren Ödembildung, die aufgrund der schlechten Elastizität verbrannter Haut zu erhöhten Kompartimentdrücken führen kann. Bei zirkulären Verbrennungen an den Extremitäten drohen daher Kompartmentsyndrome und Perfusionsstörungen. Bei zirkulären Verbrennungen im Bereich des Thorax können restriktive Atemstörungen resultieren und im Bereich des Abdomens kann es in Kombination mit der generalisierten Ödemneigung zu erhöhten intraabdominellen Drücken bis zum abdominellen Kompartmentsyndrom kommen (Butts 2020; de Barros 2017).

Um den genannten schwerwiegenden Folgen vorzubeugen, ist bei entsprechend zirkulären tiefgradigen Verbrennungen (> 2/3 der Zirkumferenz; Grad 2b und Grad 3) eine Escharotomie indiziert. Diese ist zeitlich fringlich und erfolgt daher als Notfallmaßnahme. Ziel ist eine Vermeidung einer zumindest temporären Ischämie und ggfs. Nekrose.

Bei einer Escharotomie wird über longitudinale Inzisionen nur der Verbrennungsschorf (Eschar) chirurgisch durchtrennt, bis es zu einer Druckentlastung kommt. Eine Durchtrennung der gesamten Subkutis bis zu den Faszien ist nicht notwendig und es wird daher empfohlen, diese zu vermeiden (Butts 2020). Tieferliegende neurovaskuläre Strukturen müssen geschont werden. Eine Spaltung der Muskelfaszien (Kompartmentspaltung) ist nur in seltenen Ausnahmefällen notwendig.

Frage: Soll eine Escharotomie durch eine enzymatische Escharektomie ersetzt werden?

<b>Empfehlung 110</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei einer Indikation zur Escharotomie kann eine enzymatische Escharektomie erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Alternativ zur chirurgischen Escharotomie ist eine enzymatische Escharektomie möglich (s. Kapitel 10.4.; Fischer 2019)

## 12.2 Konservative Therapie der Brandwunde

Die konservative Therapie von Wunden nach thermischen Verletzungen beinhaltet nicht-chirurgische Maßnahmen zur Verbesserung der Wundheilung und zur Vermeidung von Wundinfektionen. Konservative Therapieregime können sowohl als alleinige Therapie, als auch in Kombination mit chirurgischen Maßnahmen durchgeführt werden. Die existierende Evidenz ermöglicht keine eindeutigen Empfehlungen bezüglich der Effektivität unterschiedlicher Regime.

### 12.2.1 Lokale antiseptische Therapie

Frage: Welche diagnostischen Kriterien gelten für die Wundinfektion bei Brandverletzten?

<b>Empfehlung 111</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Diagnose einer Wundinfektion bei Patienten*innen mit thermischen Verletzungen sollte anhand klinischer und paraklinischer Befunde gestellt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Als Goldstandard der Diagnose einer Wundinfektion gelten die Gewebekultur und der histologische Nachweis der mikrobiellen Invasion in benachbartes, nichtverbranntes Gewebe (Greenhalgh 2007). Biopsien werden als hochsensitiv angesehen, sowohl hinsichtlich der Diagnose der Wundinfektion, als auch der Vorhersage einer Sepsis, mit einer hohen Korrelation zwischen Bakterienlast und histologischem Nachweis der Invasivität (Halstead 2018, Cambiaso-Daniel 2018).

Wegen des hohen Aufwands und der Invasivität der Untersuchung ist dieses Vorgehen von vielen Verbrennungszentren verlassen worden. Zudem ist hinsichtlich der Durchführung der Biopsien kein Standard etabliert (Halstead 2018). Die Berücksichtigung klinischer Zeichen und der Nachweis durch quantitative Kulturen gelten inzwischen als ausreichend, erfordern jedoch eine vorsichtige Interpretation (Trupkovic 2012, Halstead 2018, Cambiaso-Daniel 2018). Ein objektiver Standard für klinische Diagnose der Infektion einer Verbrennungswunde existiert nicht (Lee 2022).

Daher wird empfohlen, die Diagnose einer Wundinfektion anhand einer Kombination aus subjektiven und objektiven Befunden zu stellen. Klinische Befunde können Schmerzen, Erythem, Geruch, Veränderungen der Wundfarbe oder -tiefe, eitriges Exsudat, Schorfablösung und systemische Anzeichen einer Infektion umfassen. Zu den paraklinischen Befunden zählen Entzündungsmarker und Wundkulturen aus Abstrichen oder Gewebebiopsien (Ladhani 2021, Lee 2022).

Frage: Wie sollte die Therapie einer Wundinfektion bei Brandverletzten erfolgen?

<b>Empfehlung 112</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Therapie oberflächlicher Wundinfektionen bei Brandverletzten sollte mittels topischer Applikation antiseptischer Substanzen erfolgen. Zusätzlich sollte eine Hydrotherapie erfolgen. Invasive Wundinfektionen sollten mittels chirurgischen Debridements bzw. Nekrosektomie und systemischen Antiinfektiva behandelt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Für die Therapie oberflächlicher Wundinfektionen ist in der Regel die topische Applikation antiseptischer Substanzen ausreichend (Cambiaso-Daniel 2018, Dvorak 2020). Einen wichtigen Stellenwert bei der Verringerung der Keimlast hat eine begleitende Hydrotherapie. Invasive Wundinfektionen erfordern hingegen ein rasches chirurgisches Debridement bzw. die Nekrektomie und bedürfen in der Regel mit einer systemischen antiinfektiven Therapie (Deisz 2013, Cambiaso-Daniel 2018, Dvorak 2020).

Die lokale antiseptische Therapie kann mit antiseptischen Lösungen erfolgen oder als antiseptische Gele oder Salben aufgetragen werden. Lokale Antiseptika wirken mikrobizid und bisher sind wenige Resistenzen aufgetreten. Zudem sind kaum systemische Konsequenzen oder Reaktionen beschrieben und die lokal antiseptische Effektivität ist im Vergleich zu Antibiotika deutlich erhöht (Kramer 2018, Church 2006).

Indikationen für eine lokale antiseptische Therapie können sein: 1. Die Prävention einer Wundinfektion, 2. Die Prävention einer Infektion nach chirurgischer Wundbehandlung; 3. Die Reduktion einer Wundkolonisation oder 4. Die Behandlung einer manifesten Wundinfektion (Kramer 2018).

Frage: Welches lokale Antiseptikum soll bei Brandverletzten eingesetzt werden?

<b>Empfehlung 113</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Brandverletzten sollte eine lokal antiseptische Therapie mit Polyhexanid 0.02-0.04% durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Mögliche Therapieoptionen beinhalten: Silbersulfadiazin (SSD), Silbersulfadiazin mit Ceriumnitrat, Chlorhexidin, Hypochlorid, Octenidin, Polyhexanid und PVP-Iod (Monafo 1976, Cho 2005, Garner 2005, Atiyeh 2007). Bei insgesamt geringer Evidenz kann eine Empfehlung für Polyhexanid 0,02-0,04% in der Verbrennungsbehandlung ausgesprochen werden (s. Empfehlung 113). Dagegen spielen PVP-Iod und SSD aufgrund der schlechteren Wundbeurteilbarkeit und potentiell geringerer Biokompatibilität eine nachrangige Rolle (Eberlein 2010, Hübner 2010, Kramer 2018, Norman 2017).

### 12.2.2 Verbandsmaterialien

Frage: Welche Eigenschaften sollen Verbandsmaterialien in der Therapie von Brandwunden haben?

<b>Empfehlung 114</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Wundverbände bei Brandverletzten sollten die Wundheilung und Epithelisierung möglichst fördern oder zumindest wenig beeinträchtigen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Frequenz der Verbandswchsel und das Verbandsmaterial werden so gewählt, dass eine möglichst geringe Schmerzhaftigkeit sowie Traumatisierung auftritt. Hierzu sind Wundverbände mit Fettgaze oder Bismuth möglich, die an der Wunde nicht haften und so schmerzarme Verbandswchsel ermöglichen und die Wundheilung mechanisch nicht negativ beeinflussen. Zudem kann eine Versorgung mit unterschiedlichen Okklusivverbänden mit

inaktiven, aktiven oder biologischen Membranen erfolgen. Die Verwendung von silberhaltigen Managementsystemen ist ebenfalls in vielen Zentren etabliert. Es können auch synthetische oder biologische temporäre Hautersatzmaterialien Anwendung finden. Wundkontrollen bis zur Heilung sind indiziert.

*Frage: Ist ein bestimmtes Wundmanagementsystem gegenüber anderen Therapieoptionen überlegen?*

<b>Empfehlung 115</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine klare Empfehlung zugunsten eines speziellen Wundmanagementsystems kann nicht gegeben werden. Jede Klinik sollte ein eigenes standardisiertes Therapieregime zur Behandlung von Brandverletzungen etablieren.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine Vielzahl von Studien hat die verschiedenen Wundmanagementsysteme miteinander verglichen, wobei keine Überlegenheit eines Systems gegenüber anderen hinsichtlich der Heilungszeit gesehen wurde (Wasiak 2013).

Verbände bei thermischen Verletzungen können mit Gipsverbänden oder Schienen kombiniert werden. Ziel ist hier eine notwendige Immobilisation einerseits, andererseits aber die Ermöglichung von physio- und ergotherapeutischen Maßnahmen so früh wie möglich (s. Kapitel 14).

### 12.3 Debridement

*Frage: Sollen bei frischen Verbrennungen im Brandverletztzentrum Wundverunreinigungen und Blasen abgetragen werden?*

<b>Empfehlung 116</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Brandblasen und Wundverunreinigungen sollen im Brandverletztzentrum mechanisch unter aseptischen Bedingungen abgetragen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Das chirurgische Debridement einer Verbrennungswunde muss von der Nekrosektomie unterschieden werden. Bei letzterer werden die Verbrennungsnekrosen chirurgisch entfernt, wohingegen es sich beim Verbrennungsdebridement um eine Wundreinigung mit Entfernung der Brandblasen, Fremdkörper, Verunreinigungen und Wunddebris sowie Wundauflagerungen handelt. Das Debridement wird unter aseptischen Bedingungen und möglichst schmerzfrei in Analgosedierung oder Narkose durchgeführt. Hierfür werden schonende mechanische Verfahren (Kompressen, Bauchtücher, spezielle Bürsten oder Schwämme, andere mechanische Techniken) angewendet. Das Debridement wird durch die Anwendung antiseptischer Lösungen (s. 10.2.1) unterstützt und kann durch eine Wundreinigung mit Wasser ergänzt werden (Moscati 2007), das durch spezielle Hygienefilter gereinigt ist.

Die Entfernung von Verunreinigungen und Wunddebris ist notwendig, weil diese die Wundheilung beeinträchtigen und Nährboden für Wundinfektionen sein können (Wilder und Rennekampff 2007, Sargent 2006). Zusätzlich verhindern die Blasen einen Kontakt zwischen den antiseptischen Wundverbänden und vitalen Hautschichten, sodass deren Wirkung eingeschränkt ist. Darüber hinaus enthält die Flüssigkeit in den Blasen Thromboxan B<sub>2</sub>, was über seine vasokonstriktive Wirkung zur Verschlechterung der Wundperfusion beitragen kann (Douglas 2017).

.

### 12.4 Nekrosektomie

Die lokale chirurgische Therapie von Brandverletzungen gliedert sich in die Entfernung der geschädigten Hautschichten durch Entfernung der Nekrosen (Nekrosektomie) und die

anschließende Defektrekonstruktion (s. 10.6). Diese Schritte können entweder in einer operativen Sitzung direkt aufeinanderfolgen oder können durch eine Phase des temporären Wundverschlusses (s. 10.5) getrennt sein. Das Vorgehen orientiert sich an der Verbrennungstiefe, dem Ausmaß der thermischen Verletzung und am Allgemeinzustand der/des Patientin\*en.

#### 12.4.1 Zeitpunkt der Nekrosektomie

*Frage: Wann ist der optimale Zeitpunkt für eine Nekrosektomie?*

<b>Empfehlung 117</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Der Zeitpunkt der ersten Nekrosektomie soll basierend auf dem Gesamtzustand des Patienten, dem Ausmaß der Erkrankung und dem Vorhandensein von Begleitverletzungen interdisziplinär festgelegt werden. Hierbei sollte ein möglichst frühes Vorgehen angestrebt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Entfernung des Verbrennungsschorfes ist als ursächliche Therapie der Verbrennungserkrankung zu werten. Aus diesem Grund ist eine frühe Nekrosektomie bei brandverletzten Patient\*innen möglichst innerhalb einer Woche anzustreben. Allerdings ist die Definition einer Frühnekrosektomie bezogen auf den posttraumatischen Zeitpunkt nicht einheitlich. Zusätzlich ist es vor dem Hintergrund der Datenlage unklar, inwiefern Patient\*innen von einem solchen Vorgehen profitieren. Ältere Studien zeigen einen Überlebensvorteil, ebenso wie eine Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes bei Patient\*innen mit Frühnekrektomie, wohingegen in systematischen Übersichtsarbeiten ein Vorteil für ein verzögertes Vorgehen gezeigt wurde (Janzekovic 1970, Wong 2021, Ong 2006).

Insgesamt sollte der Zeitpunkt zur ersten Nekrosektomie basierend auf dem Gesamtzustand der/des Patientin\*en, dem Ausmaß der Erkrankung und dem Vorhandensein von Begleitverletzungen interdisziplinär festgelegt werden. Hierbei sollte ein möglichst frühes Vorgehen angestrebt werden (s. Empfehlung 117). Die Nekrosektomie kann bei kleineren Verbrennungen in einer operativen Sitzung erfolgen, bei ausgedehnten Verletzungen ist

allerdings auch eine Nekrosektomie in mehreren Sitzungen möglich, um die Belastung für die/den Patient\*in bei jedem einzelnen Schritt möglichst gering zu halten.

#### 12.4.2 Nekrosektomie abhängig von der Verbrennungstiefe

*Frage: Ab welcher Verbrennungstiefe sollte eine Nekrosektomie erfolgen?*

<b>Empfehlung 118</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ab einem Verbrennungsgrad 2b ist das Regenerationspotential so gering, dass eine Entfernung der Nekrosen erfolgen sollte. Es soll dabei das Ziel verfolgt werden, möglichst alle vitalen Hautschichten zu erhalten und möglichst selektiv die thermisch geschädigte Haut zu entfernen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Nekrosektomie erfolgt abhängig von der Verbrennungstiefe. Dabei ist eine Nekrosektomie bei den Verbrennungsgraden 1 und 2a nicht notwendig, da diese spontan heilen und epithelisieren. Hier ist ein Wunddebridement (s.10.3.) mit anschließender konservativer Therapie (s. 10.2.) ausreichend (Hartford 2007, Miller 1977). Ab einem Verbrennungsgrad 2b ist das Regenerationspotential der Haut so stark eingeschränkt, dass die Haut nicht oder nicht ausreichend schnell mit akzeptabler Narbenbildung heilen kann (Deitch 1983, Werdin 2018). In diesen Fällen ist Nekrosektomie indiziert. Grundsätzlich wird hierbei das Ziel verfolgt, möglichst alle vitalen Hautschichten zu erhalten und möglichst selektiv die thermisch geschädigte Haut zu entfernen. Die Tiefe der Nekrosektomie orientiert sich hier an der Tiefe der Verbrennung. Die chirurgische Therapie erfolgt mittels oberflächlicher, tangentialer oder epifaszialer Nekrosektomie so oberflächlich wie möglich (Rennekamp 2010).

Bei der oberflächlichen Nekrosektomie werden oberflächlich avitale Hautschichten analog zu einem Wunddebridement mechanisch abgetragen. Dies kann beispielsweise mittels eines chirurgischen Löffels, mittels Kompressen oder mit speziellen Schwämmen erfolgen. Kann auf diese Weise ein vitaler Wundgrund mit dermalen Blutungen erreicht werden, ist eine ausreichende Nekrosektomie erfolgt.

Bei der tangentialen Nekrosektomie erfolgt mittels spezieller Messer, die eine Einstellung der Nekrosektomietiefe erlauben (z. B. Weck-Messer, Goulian- oder Watson-Messer), oder hydrochirurgischer Techniken eine oberflächliche Abtragung der verbrannten Hautschichten bis in vitale Schichten der Dermis. Klinisch kann eine ausreichende Nekrosektomietiefe an einer suffizienten Blutung des Wundgrundes erkannt werden (Jeffery 2007).

Vorteil einer tangentialen Nekrosektomie ist der möglichst weitgehende Erhalt vitaler Haut mit den Verschiebeschichten und der Kontur. Dies spielt insbesondere über Gelenken und an ästhetisch sowie funktionell sensiblen Körperstellen eine Rolle. Nachteilig ist aufgrund der dermalen Blutungen ein potentiell ausgeprägter Blutverlust, der antizipiert werden muss.

Bei der epifaszialen Nekrosektomie erfolgt eine Entfernung der gesamten Haut inklusive der subkutanen Schichten bis auf die Muskelfaszie. Der Vorteil dieses Vorgehens ist ein relativ blutarmes und schnelles Operieren. Der Nachteil ist allerdings, dass auf diese Weise die Verschiebeschichten der Haut reseziert werden und es daher zu schlechteren funktionellen Ergebnissen insbesondere bei gelenkübergreifenden Defekten kommt und die Oberflächenkontur der Patienten dauerhaft beeinträchtigt ist.

*Frage: Wie sollte bei unklarer Zuordnung der Verbrennungstiefe vorgegangen werden?*

<b>Empfehlung 119</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Wenn die Verbrennungstiefe nicht eindeutig beurteilbar ist, kann bis zu 7 Tage eine Demarkation abgewartet werden, bevor eine Nekrosektomie erfolgt. Eine weitere Möglichkeit ist eine apparative Tiefenbestimmung (z.B. Laserdoppler-Untersuchungen), wobei deren prädiktiver Wert aktuell noch nicht abschließend beurteilbar ist.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

*Frage: Sollte bei tiefgradigen thermischen Verletzungen ohne vitale Dermis eine epifasziale Nekrosektomie erfolgen?*

<b>Empfehlung 120</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Verbrennungsverletzungen ohne vitale Dermis sollte wenn möglich eine Nekrosektomie in das subcutane Fett erfolgen. Dieses sollte wenn möglich erhalten und konditioniert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Kann im Rahmen der tangentialen Nekrosektomie kein ausreichend gut blutender dermaler Wundgrund erreicht werden, erfolgt die Nekrosektomie in das subkutane Fett. Dieses ist ohne weitere Vorbereitung einer weiteren Rekonstruktion mit Spalthauttransplantation aufgrund der unzureichenden Perfusion nicht zugänglich. Aus diesem Grund kann in diesem Fall entweder eine epifasziale Nekrosektomie erfolgen, oder es kann durch geeignete Methoden eines temporären Wundverschlusses (siehe unten) eine Granulation des Fettes angeregt werden, um die Verschiebeschicht zu erhalten und trotzdem sekundär eine gute Perfusion des Wundgrundes für weitere rekonstruktive Maßnahmen zu ermöglichen.

#### Enzymatische Nekrosektomie:

*Frage: Ist ein enzymatisches Debridement bei thermischen Verletzungen indiziert?*

<b>Empfehlung 121</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei thermischen Verletzungen – insbesondere bei Mischbildern – kann ein enzymatisches Debridement als Alternative zur operativen Nekrosektomie erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Einer Sonderform der Nekrosektomie ist das enzymatische Débridement. Hierbei wird ein Enzym-Präparat basierend auf Bromelain appliziert. Dies führt zu einer selektiven Entfernung

nur des Verbrennungsschorfes ohne vitale Hautschichten zu tangieren. Klinische Studien haben hierzu gezeigt, dass Patient\*innen einen geringeren Blutverlust erleiden und insgesamt das Ausmaß an Arealen, die einer Spalthauttransplantation bedürfen, sinkt.

*Frage: Wann sollte nach einem enzymatischen Debridement die Entscheidung über eine potentiell notwendige Hauttransplantation erfolgen?*

<b>Empfehlung 122</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Entscheidung über eine Hauttransplantation soll anhand des Blutungsmusters direkt nach Entfernung des Enzyms und des Debris erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Für eine erfolgreiche enzymatische Nekrosektomie ist ein feuchter Wundgrund notwendig. Aus diesem Grund erfolgt in der Regel vor der Applikation des Enzyms ein sogenanntes „Pre-soaking“ mit feuchten Wundverbänden, bevor das Enzym über 4 Stunden appliziert wird. In dieser Phase kommt es zu einer enzymatischen Abtragung der Nekrosen - einem schmerzhaften Vorgang, sodass dies unter einer adäquaten Schmerztherapie erfolgt. . Anschließend ist die Beurteilung des Wundgrundes sowie die Einschätzung notwendig, ob eine spontane Abheilung (Epithelialisierung) zu erwarten oder eine Spalthauttransplantation erforderlich ist. Die Beurteilung erfolgt anhand typischer Blutungsmuster (Rosenberg 2014, Ziegler 2020, Fischer 2019, Hirche 2017). Das enzymatische Debridement ist formell nur für Flächen bis zu 15% der Körperoberfläche zugelassen. Die Anwendung für größere Flächen wird aber in erfahrenen Zentren durchgeführt. Dieses Vorgehen ist als „off-label“-Anwendung zu werten und zu kommunizieren. Insbesondere bei großflächiger Anwendung muss auf systemische Auswirkungen und auf eine eventuelle Verstärkung eines SIRS geachtet werden.

## 12.5 Temporärer Verschluss

*Frage: Wann ist ein temporärer Wundverschluss nach erfolgter Nekrosektomie indiziert?*

<b>Empfehlung 123</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ein temporärer Wundverschluss nach Nekrosektomie sollte erfolgen, wenn eine einzeitige Defektrekonstruktion aufgrund mangelnder Spenderareale oder aufgrund des Zustandes des Patienten nicht möglich ist. Darüber hinaus kann ein temporärer Wundverschluss erwogen werden, um bei tiefgradigen Verbrennungen vitale subkutane Schichten zu erhalten und für eine spätere Hauttransplantation zu konditionieren.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach der Nekrosektomie kann entweder direkt eine Defektrekonstruktion z.B. mittels Spalthaut erfolgen, oder es kann ein temporärer Wundverschluss angestrebt werden. Als temporärer Wundverschluss können synthetische Produkte, allogene Hauttransplantate oder xenogene Transplantate Anwendung finden. Diese werden auf die vitale Wunde nach Nekrosektomie aufgebracht und mit geeigneten Maßnahmen fixiert. Sie dienen einem temporären Verschluss der Wunde und müssen in regelmäßigen Abständen gewechselt oder durch Spalthauttransplantation ersetzt werden (Peck 2002, Wang 2020).

Eine weitere Möglichkeit zum temporären Wundverschluss ist die Anwendung einer Unterdruck-Vakuum-Therapie (vacuum-assisted-closure; VAC). Hier konnte gezeigt werden, dass diese nicht nur einen geeigneten Wundverband darstellt, sondern auch die Flüssigkeitsbilanzierung der Patienten und die Infektionskontrolle verbessert (Fischer 2016; Frear 2019).

Indikation für einen temporären Wundverschluss sind einerseits eine Wundkonditionierung und andererseits die Möglichkeit eines mehrzeitigen Vorgehens sowohl zur Nekrosektomie, als auch zur Defektrekonstruktion.

Die Wundkonditionierung spielt eine Rolle bei Patient\*innen, bei denen eine Nekrosektomie in das subkutane Fett notwendig war. Bei diesen kann mit oben genannten Verfahren eine

Granulation des Wundgrundes bzw. subkutan exponierten Fettes angeregt werden, um sekundär eine Spalthauttransplantation zu ermöglichen.

Bei Patienten mit sehr ausgedehnten Verbrennungen kann der temporäre Wundverband ein mehrzeitiges Vorgehen ermöglichen, bis entweder bereits genutzte Spalthautentnahmestellen wieder abgeheilt und erneut verwendet werden können oder es kann die Wartezeit bis zur Fertigstellung autologer kultivierten Keratinozyten überbrückt werden.

## 12.6 Defektrekonstruktion

*Frage: Wann sollte die Defektrekonstruktion erfolgen?*

<b>Empfehlung 124</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Defektrekonstruktion kann ein- oder zweizeitig erfolgen, sollte aber so früh wie möglich durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

An die Nekrosektomie schließt sich die Phase der Defektrekonstruktion an. Dabei wurde gezeigt, dass eine möglichst frühe Defektdeckung zu einer reduzierten Morbidität und Mortalität führt (Janzekovic, 1970; Wolfe et al, 1983). Hierfür ist es notwendig alle Verfahren des rekonstruktiven Spektrums im Verbrennungsteam anbieten zu können. Die Wiederherstellung beinhaltet für jeden Patienten einen individuellen rekonstruktiven Behandlungsplan, der funktionelle, ästhetische und biomechanische Aspekte berücksichtigt.

### 12.6.1 Hauttransplantation:

Konnte im Rahmen der primären Nekrosektomie oder durch Verfahren der Wundkonditionierung ein gut perfundierter Wundgrund erreicht werden, erfolgt die Defektrekonstruktion in den meisten Fällen mittels einer Spalthauttransplantation. In

seltenen Fällen kann in besonders sensiblen oder belasteten Arealen eine Vollhauttransplantation indiziert sein.

*Frage: In welcher Schichtdicke soll die Spalthaut zur Transplantation entnommen werden?*

<b>Empfehlung 125</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Die Spalthautentnahme soll in einer möglichst geringen Schichtdicke von 0,2 – 0,3 mm entnommen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Spalthautentnahme erfolgt in der Regel mit einem Spalthaut-Dermatom in einer möglichst geringen Schichtdicke (0,2-0,3 mm), die allerdings je nach Hautdicke an der Entnahmestelle und den Erfordernissen der Empfängerregion auch angepasst werden kann. Nach Entnahme der Spalthauttransplantate und entsprechender Aufarbeitung werden die Transplantate mit geeigneten Maßnahmen fixiert. Je nach Körperregion erfolgt eine Ruhigstellung mit Verbänden, Gips- oder Kunststoffschienen für 4-7 Tage, um eine Dislokation der Transplantate zu verhindern. Auch eine Fixierung der Transplantate mittels Unterdrucktherapie ist möglich und scheint die Einheilung von Hauttransplantaten zu verbessern.

*Frage: Welche Verfahren sollten zur Expansion der Spalthaut eingesetzt werden?*

<b>Empfehlung 126</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Wenn notwendig, sollte eine Spalthautexpansion durch „meshen“ der Spalthaut oder mittels Mikrografting nach dem Meek-Verfahren erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Unter kosmetischen und funktionellen Gesichtspunkten ist nach Möglichkeit nicht expandierte Spalthaut zu verwenden. Diese wird allerdings gestichelt oder im Verhältnis 1:1 gemesht, um einen Sekretstau unter dem Transplantat zu vermeiden. Nicht expandierte Haut

wird insbesondere für Gesicht, Hals, Decolleté und Hände verwendet. Bei ausgedehnterem Deckungsbedarf ist eine Expansion der Spalthaut indiziert. Hierfür kann die Spalthaut im Sinne eines Gittermusters perforiert und ausgedehnt werden (mesh; Singh 2017) oder in dem Verfahren nach Meek (Quintero 2018) als kleine Hautinseln expandiert werden.

*Frage: Können Spalthautentnahmestellen bei sehr ausgedehnten Verbrennungsverletzungen mehrfach als Spenderareal genutzt werden?*

<b>Empfehlung 127</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei sehr ausgedehnten Verbrennungsverletzungen können Spalthautspenderareale nach Abheilung auch wiederholt genutzt werden. Dabei ist allerdings die Gefahr einer zunehmenden Narbenbildung und verschlechterten Abheilung zu beachten.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Sollte mit Expansionsverfahren aufgrund fehlender oder zu geringer Hebestellen kein Wundverschluss möglich sein, kann zunächst nur einen Teil der Wunden transplantiert und die übrigen Anteile mittels eines temporären Wundverschlusses behandelt werden. Nach Abheilung der Spenderstellen ist dann an diesen eine erneute Spalthautentnahme möglich.

*Frage: Sollten autologe kultivierte Keratinozyten in der Behandlung von Schwerstbrandverletzten mit ausgedehnten thermischen Verletzungen eingesetzt werden?*

<b>Empfehlung 128</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Transplantation autologer kultivierter Keratinozyten sollte bei sehr ausgedehnten Verbrennungsverletzungen erwogen und angeboten werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei ausgedehnteren Verbrennungen ist die Transplantation von kultivierten autologen Keratinozyten möglich, die entweder als Sprühsuspension, gegebenenfalls in Kombination mit

weit expandierter Spalthauttransplantation oder als kultivierte dreidimensionale Keratinozytensheets verwendet werden können. In sehr ausgeprägten Fällen können autolog kultivierte Keratinozyten die einzige Möglichkeit sein, eine Rekonstruktion der Haut zu ermöglichen und damit das Überleben der Patient\*innen zu sichern.

### 12.6.2 Spalthautentnahmestelle

*Frage: Sollten bestimmte Körperregionen von der Spalthautentnahme ausgeschlossen werden?*

<b>Empfehlung 129</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Entnahme von Spalthaut kann am ganzen Körper erfolgen. Kriterien zur Auswahl des Entnahmeortes können je nach Ausmaß der Verbrennung die Lokalisation vitaler Haut, funktionelle und ästhetische Gesichtspunkte (z.B. Möglichkeit zur Verdeckung mit Kleidung) sein.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bei Erwachsenen kann die Spalthautentnahme an jeder Körperregion erfolgen. Wenn möglich, ist es sinnvoll, die Entnahmestelle mit dem Patienten zuvor abzustimmen. Kriterien zur Festlegung können je nach Ausmaß der Verbrennung die Lokalisation von vitaler Haut, funktionelle und ästhetische Gesichtspunkte (z.B. Möglichkeit zur Verdeckung mit Kleidung) sein. Andererseits können auch Aspekte wie die Schichtdicke der Haut, die Perfusion der Entnahmeregion und potenzielle Wundheilungsstörungen an der Entnahmestelle (z.B. bei pAVK) eine Rolle spielen. Auch die Entnahme am behaarten Kopf ist aufgrund der ästhetisch günstigen Abheilung bei Erwachsenen möglich.

### 12.6.3 Dermisersatz

*Frage: Ist eine Rekonstruktion der Dermis nach erfolgter Nekrosektomie notwendig?*

<b>Empfehlung 130</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine Rekonstruktion der Dermis sollte abhängig von der Lokalisation erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

War eine Entfernung der Lederhaut (Dermis) im Rahmen der Nekrosektomie nicht zu vermeiden, sollte eine Rekonstruktion der Dermis erwogen werden (s. Empfehlung 130). Dies gilt insbesondere für funktionell und ästhetisch sensible Areale z.B. über Gelenken oder an ästhetisch besonders sensiblen Körperregionen (z.B. Dekolleté, weibliche Brust, Gesicht und Hände). Hierfür stehen dermale Matrices aus biologischen oder synthetischen Materialien zur Verfügung. Je nach Schichtdicke können diese bei gut perfundierten Wundgrund einzeitig mit einer Spalthauttransplantation aufgebracht werden, oder es ist ein zweizeitiges Vorgehen notwendig. Bei letzterem wird die dermale Matrix auf den Wundgrund nach Nekrosektomie aufgelegt und mit geeigneten Maßnahmen fixiert. Diese heilt dann ein und es erfolgt eine Neovaskularisation der Matrix durch Angiogenese aus dem Wundbett. Nach einer entsprechenden Einheilungsphase erfolgt dann in einer zweiten Operation eine Transplantation von Spalthaut auf die Neodermis. Vergleichende Studien zu den unterschiedlichen Materialien existieren nicht. Für einige konnte aber eine Verbesserung der Hautelastizität gezeigt werden. Das zweizeitige Vorgehen hat den Nachteil, dass die Zeit bis zum Abschluss der Wundheilung hierdurch verzögert werden kann (Peck 2002, Barret 2012, Mason 2023).

Bei Patient\*innen mit ausgedehnten Verbrennungen kann die Einheilungsphase der dermalen Matrices dafür genutzt werden, die Zeit bis zur definitiven Defektdeckung bei Patient\*innen mit limitierten Hautentnahmestellen zu überbrücken.

#### 12.6.4 Lappenplastiken:

Sind nach schweren Verbrennungen funktionelle Strukturen wie Knochen, Sehnen oder Gefäßnervenbündel aufgrund der Verbrennungstiefe exponiert, ist eine Rekonstruktion durch vaskularisierte Lappenplastiken notwendig. Hierfür stehen lokale, zufällig perfundierte Lappenplastiken (randomisierte Lappen), gestielte und freie Lappenplastiken zur Verfügung.

Atiyeh BS et al. Effect of silver on burn wound infection control and healing: review of the literature. *Burns*. 2007 Mar;33(2):139-48.

Barret J. The role of alternative wound substitutes in major burn wounds and burns scar resurfacing. In: *Total Burn Care*. Edt Herndon DN. Elsevier 4th Edition, 2012

Butts CC, Holmes JH, Carter JE. Surgical Escharotomy and Decompressive Therapies in Burns. *J Burn Care Res*. 2020 Feb 19;41(2):263-269.

Cambiaso-Daniel J et al. Treatment of Infection in Burn patients. In: *Total Burn Care*, Fifth edition, Herndon DN (Eds). 2018. p. 93

Cho Lee AR et al. Reversal of silver sulfadiazine-impaired wound healing by epidermal growth factor. *Biomaterials*. 2005 Aug;26(22):4670-6.

Church D et al. Burn Wound Infections. *Clin Microbiol Rev* 2006; 19: 403–434.

de Barros MEPM et al. Revisiting Escharotomy in Patients With Burns in Extremities. *J Burn Care Res*. 2017 Jul/Aug;38(4):e691-e698.

Deisz R et al. Operative Therapie und Intensivmedizin bei Schwerbrandverletzten – Teil 2: Grundzüge der Weiterversorgung. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2013; 48: 18–26

Deitch EA et al. Hypertrophic burn scars: analysis of variables. *J Trauma*. 1983 Oct;23(10):895-8

Douglas HE, Wood F. Burns dressings. *Aust Fam Physician*. 2017 Mar;46(3):94-97.

Dvorak JE, Ladhani HA, Claridge JA. Review of Sepsis in Burn Patients in 2020. *Surg Infect (Larchmt)* 2021; 22: 37-43.

Eberlein T et al. Clinical use of polihexanide on acute and chronic wounds for antiseptics and decontamination. *Skin Pharmacol Physiol*. 2010;23 Suppl:45-51.

Fischer S et al. Extra-large negative pressure wound therapy dressings for burns - Initial experience with technique, fluid management, and outcomes. *Burns*. 2016 Mar;42(2):457-65.

Fischer S et al. Feasibility and safety of enzymatic debridement for the prevention of operative escharotomy in circumferential deep burns of the distal upper extremity. *Surgery*. 2019 Jun;165(6):1100-1105

Frear CC et al. Study of negative pressure wound therapy as an adjunct treatment for acute burns in children (SONATA in C): protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2019 Feb 13;20(1):130.

Garner JP, Heppell PS. Cerium nitrate in the management of burns. *Burns*. 2005 Aug;31(5):539-47

Greenhalgh D et al. American Burn Association Consensus Conference to define Sepsis and Infection in Burns. *J Burn Care Res* 2007; 28: 776-790.

Halstead FD et al. A systematic review of quantitative burn wound microbiology in the management of burns patients. *Burns* 2018; 44: 39-56.

Hartford CE, Kealey GP. Care of outpatient burns. In: *Total Burn Care*, Third edition, Herndon, DN (Eds), 2007. p.67

Hirche C et al. Eschar removal by bromelain based enzymatic debridement (Nexobrid®) in burns: An European consensus. *Burns*. 2017 Dec;43(8):1640-1653.

Hübner NO et al. Octenidine dihydrochloride, a modern antiseptic for skin, mucous membranes and wounds. *Skin Pharmacol Physiol*. 2010;23(5):244-58.

Janzekovic Z. A new concept in the early excision and immediate grafting of burns. *J Trauma*. 1970 Dec;10(12):1103-8.

Jeffery SL. Device related tangential excision in burns. *Injury*. 2007 Dec;38 Suppl 5:S35-8.

Kakagia DD, Karadimas EJ. The Efficacy of Versajet™ Hydrosurgery System in Burn Surgery. A Systematic Review. *J Burn Care Res*. 2018 Feb 20;39(2):188-200.

Klasen HJ. A review on the nonoperative removal of necrotic tissue from burn wounds. *Burns* 2000; 26:207.

Kramer A et al. Consensus on Wound Antisepsis: Update 2018. *Skin Pharmacol Physiol*. 2018;31(1):28-58

Ladhani HA, Yowler CJ, Claridge JA. Burn Wound Colonization, Infection, and Sepsis *Surg Infect (Larchmt)* 2021; 22: 44-48.

Lee KS et al. Variation in definitions of burn wound infection limits the validity of systematic review findings in burn care: A systematic review of systematic reviews. *Burns* 2022; 48: 1-12.

Mason SA, Pham TN. Use of Dermal Regenerative Templates for Burns. *J Burn Care Res*. 2023 Jan 2;44(Supplement\_1):S19-S25.

Miller SF. Outpatient management of minor burns. *Am Fam Physician* 1977; 16:167.

Monafo WW et al. Cerium nitrate: a new topical antiseptic for extensive burns. *Surgery*. 1976 Oct;80(4):465-73.

Moscatti RM, Mayrose J, Reardon RF, Janicke DM, Jehle DV. A multicenter comparison of tap water versus sterile saline for wound irrigation. *Acad Emerg Med* 2007;14: 404–409

Norman G et al. Antiseptics for burns. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017 Jul 12;7(7):CD011821

Ong YS et al. Meta-analysis of early excision of burns. *Burns*. 2006 Mar;32(2):145-50.

Peck MD et al. A trial of the effectiveness of artificial dermis in the treatment of patients with burns greater than 45% total body surface area. *J Trauma* 2002; 52:971

Quintero EC, Machado JFE, Robles RAD. Meek micrografting history, indications, technique, physiology and experience: a review article. *J Wound Care*. 2018 Feb 1;27(Sup2):S12-S18.

Rennekampff HO und Tenenhaus M. Debridement of the burn wound. In : *Color Atlas of burn reconstructive surgery*. Hrsg Hyakusoku et al, Springer 2010, 10-14

Rosenberg L et al. A novel rapid and selective enzymatic debridement agent for burn wound management: a multi-center RCT. *Burns* 2014; 40:466

Sargent RL. Management of blisters in the partial-thickness burn: an integrative research review. *J Burn Care Res* 2006; 27:66.

Singh M, Nuutila K, Collins KC, Huang A. Evolution of skin grafting for treatment of burns: Reverdin pinch grafting to Tanner mesh grafting and beyond. *Burns*. 2017 Sep;43(6):1149-1154.

Trupkovic T et al. Antimikrobielle Therapie bei Patienten nach Verbrennungstrauma. *Anaesthesist* 2012; 61: 249-258.

Wang C et al. Clinical Applications of Allograft Skin in Burn Care. *Ann Plast Surg*. 2020 Mar;84(3S Suppl 2):S158-S160.

Wasiak J, Cleland H. Burns: dressings. *BMJ Clin Evid*. 2015 Jul 14;2015:1903.

Wasiak J et al. Dressings for superficial and partial thickness burns. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 Mar 28;2013(3):CD002106

Werdin F et al. Healing Time Correlates With the Quality of Scaring: Results From a Prospective Randomized Control Donor Site Trial. *Dermatol Surg*. 2018 Apr;44(4):521-527

Wilder D und Rennekampff HO. Debridement of burn wounds: rationale and options. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2007 Oct;39(5):302-7.

Wolfe RA et al. Mortality differences and speed of wound closure among specialized burn care facilities. *J Am Med Assoc* 1983, 250, 763 f

Wong L et al. Systematic review of excision and grafting in burns: Comparing outcomes of early and late surgery in low and high-income countries. *Burns*. 2021 Dec;47(8):1705-1713.

Yoshino Y et al. Wound/Burn Guidelines Committee. The wound/burn guidelines - 6: Guidelines for the management of burns. *J Dermatol*. 2016 Sep;43(9):989-1010.

Ziegler B et al. Implementierung der Behandlung durch enzymatisches Debridement bei Verbrennungen – Ergebnisse eines interprofessionellen, deutschsprachigen Expertenworkshops *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2020 Dec 14. German.

## 13 Sonderformen der Verbrennung

Schädigungen der Körperoberfläche durch elektrischen Strom, chemische Substanzen und die Folgen von Explosionen (Blast Injury) werden ebenfalls in den auf Brandverletzungen spezialisierten Kliniken behandelt.

Dabei unterscheiden sich diese Sonderformen durch die Tiefe der Verletzung, Toxizität der Noxen sowie durch ausgedehnte Begleitverletzungen von den übrigen Brandverletzungen und sollen daher in den folgenden Abschnitten genauer betrachtet werden.

### 13.1 Stromunfall

Etwa 4 % aller in einem Verbrennungszentrum behandelten Verletzungsfolgen sind auf einen Zwischenfall mit Strom zurückzuführen (Register der DGV). Insbesondere Hochvoltverletzungen ( $> 1000\text{ V}$ ) sind auch heutzutage noch mit einer hohen Letalität vergesellschaftet.

Das Verletzungsausmaß kann dabei stark variieren und hängt insbesondere von den Faktoren Stromart (Gleichstrom/Wechselstrom), Kontaktdauer und Fläche, Stromstärke, Spannung und Weg des Stromes durch den Körper ab. Wärme entsteht bei Stromdurchfluss in Abhängigkeit vom Widerstand. Grund für die ausgedehnten und oft in tiefen Gewebeschichten liegenden Verletzungsfolgen ist die unterschiedliche Leitfähigkeit von Haut und darunterliegenden Geweben. Den größten Widerstand bieten Knochen, den niedrigsten Nerven (Koshima 1991). Der Stromfluss folgt in der Regel dem geringsten Widerstand. Daraus resultiert eine Verletzung von Hautweichteilgeweben insbesondere an Ein- und Austrittsstellen. Aufgrund des hohen Widerstands der Knochen fließt der Strom am Knochen entlang und ruft so insbesondere Schäden der tiefen muskulären Schichten hervor. Bei Eintritt in der oberen Körperhälfte fließt der Strom häufig durch das Herz, wo er zu schweren Rhythmusstörungen und Nekrosen führen kann. In seltenen Fällen wurden durch die kardiale Beteiligung Lungenödeme (Schein 1990) oder direkte elektrische Lungenparenchymschädigungen (Masanès 2000, Chen 2021) mit konsekutivem Lungenversagen beobachtet. Das Verletzungsausmaß kann daher von lokalisierten Kutisläsionen bis hin zur Verkohlung ganzer Gliedmaßen sowie schwersten Organschäden reichen.

*Frage: Wie soll die Erstversorgung bei Stromverletzungen erfolgen?*

<b>Empfehlung 131</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Ersthelfer*innen sollen auf ausreichenden Eigenschutz achten. Die Erstversorgung soll strukturiert gemäß dem ABCDE-Schema erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ersthelfer\*innen beim Stromunfall müssen zunächst den Selbstschutz beachten, d. h. in jedem Fall für Stromunterbrechung sorgen. Nach Unterbrechung des Stromkreises (im Hochspannungsbereich nur durch Fachleute möglich, Sicherheitsabstand von bis zu 20 m für Helfer erforderlich) beginnen die lebensrettenden Sofortmaßnahmen. Danach greift die Rettungskette wie bei anderen Verletzungen, um einen reibungslosen Ablauf der Erste-Hilfe-Maßnahmen zu gewährleisten. Nähere Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 6 dieser Leitlinie.

*Frage: Wie soll das Ausmaß der Verletzung bestimmt werden?*

<b>Empfehlung 132</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Die Bewertung des Verletzungsausmaßes bei Stromverletzungen soll auf Basis der klinischen Untersuchung und der intraoperativen Exploration mit radikalem Debridement erfolgen, um auch tiefe Gewebeschädigungen zu erfassen. Auch bei nur kleinen Hautläsionen soll bei Stromunfällen die gesamte Körperoberfläche des/der Patient*in begutachtet werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine Ganzkörperinspektion dient zur Feststellung von Ein- und Austrittswunden. Eine neurologische Untersuchung ist sinnvoll, um periphere und zentrale Nervenschädigungen zu erfassen. Da Kompartmentsyndrome bei Stromverletzungen auftreten können, ist an den Extremitäten eine Untersuchung auf das Vorliegen eines Kompartmentsyndroms notwendig. Im Zweifel ist eine frühe Fasziotomie indiziert.

Frage: Welche apparativen Zusatzuntersuchungen können zur Abschätzung des Ausmaßes der Stromverletzung und zur weiteren Therapieplanung sinnvoll sein?

<b>Empfehlung 133</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine MRT-Diagnostik und eine Angiographie können zur weiterführenden Beurteilung der Schädigung und zur Planung der chirurgischen Versorgung erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nekrosen der Skelettmuskeln, Verletzungen und Ödeme in verschiedenen Geweben können mittels MRT dargestellt und auf diese Weise genauer Umfang und Tiefe der elektrischen Verletzung von Haut, Sehnen, Gelenken und Knochen abgebildet werden. Es kann eine Grundlage für die Bestimmung des Umfanges von Hochspannungsverbrennungen an den Gliedmaßen im Frühstadium liefern und wichtige Informationen zu Operationsindikation und -planung liefern. Gerade die auch vor rekonstruktiven Eingriffen notwendige Gefäßdarstellung kann durch ein MRA realisiert werden (Ligen 2012, Li 2017).

Eine konventionelle Angiographie kann zur Verifizierung einer Amputationsindikation herangezogen werden (Vedung 1990). Auch hier ist der Nutzen für rekonstruktive chirurgische Eingriffe abzuwägen.

Bis zu 30 % der Stromverletzten zeigen initiale EKG-Veränderungen (Cooper 1995; Arnoldo 2006, Chandra 1990).

Frage: Wie sollen Begleitverletzungen bei einem Stromunfall ausgeschlossen werden?

<b>Empfehlung 134</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es soll ein 12-Kanal-EKG durchgeführt werden. Abhängig vom Unfallmechanismus sollte zusätzlich nach Aufnahme ein Ausschluss von Begleitverletzungen durch FAST und ggfs. Trauma-Scan erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Wie umfangreich und unter welcher Befundkonstellation soll das EKG-Monitoring durchgeführt werden?

Empfehlung 135	Stand 2024,  NEU
<b>Brandverletzte Patient*innen mit Stromkontakt sollen für mindestens 24 Stunden mit einem EKG-Monitoring überwacht werden, wenn initial ein Kreislaufstillstand und/oder Bewusstlosigkeit und/oder ein pathologisches EKG vorgelegen hat.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Welche zusätzlichen Laborwerte sind anzufordern?

<b>Empfehlung 136</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Laborchemisch sollten neben dem Routinenotfalllabor das Myoglobin sowie die Herzenzyme bestimmt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Wie soll die Flüssigkeitssubstitution bei einer Myoglobinurie gesteuert werden?

<b>Empfehlung 137</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Vorliegen einer Myoglobinurie sollte die Flüssigkeitssubstitution gesteigert werden, sodass eine Diurese von 2ml/ kgKG/ h erreicht wird.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Wie soll das bei einem Stromunfall drohende Kompartmentsyndrom gemonitort werden?

<b>Empfehlung 138</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei bewusstlosen oder intubierten Patient*innen nach Stromunfall soll ein engmaschiges klinisches Monitoring der Extremitäten erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Anders als bei zirkulären Verbrennungen sind aufgehobene Pulse bereits ein Spätzeichen eines Kompartmentsyndroms beziehungsweise der Schädigung der arteriellen Gefäßversorgung.

Frage: Welcher Zeitpunkt gilt für chirurgische Interventionen nach Stromverletzungen?

<b>Empfehlung 139</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Der Zeitpunkt der ersten Nekrektomie richtet sich nach dem klinischen Zustand des Patienten und soll je nach klinischem Befund möglichst frühzeitig nach dem Stromunfall erfolgen. Eine neurovaskuläre Dekompression bei Kompartmentsyndrom soll unmittelbar erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Welche Wundsituation ist vor einer Lappenplastik zu berücksichtigen?

<b>Empfehlung 140</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es kann erwogen werden, teilnekrotische Strukturen von Nerven, Gefäßen, Muskeln und Sehnen zu belassen, wenn in der Umgebung ausreichend vitales Gewebe vorhanden ist oder eine zeitnahe lappenplastische Deckung mit gut durchblutetem Gewebe erfolgt.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Es wurde gezeigt, dass dieses Vorgehen einer sekundären Rekonstruktion überlegen sein kann (Zhu 2003).

Bei Stromunfällen mit Extremitätenbeteiligung wird eine Amputationsrate von 9 - 49 % beschrieben (Zhu 2003, Handschin 2009, Yakuboff 1992, Gille 2018), wobei Amputationen nahezu ausschließlich im Zusammenhang mit Verletzungen durch eine Spannung > 1000 V notwendig werden (Gille 2018). In der Regel ist das Verletzungsausmaß distal größer als proximal (Bingham 1986). An den Extremitäten existieren sogenannte „choke points“, z. B. das Handgelenk, wo ein geringer Anteil an Weichteilen bei gleichzeitig hohem Anteil an Gewebe mit schlechter Leitfähigkeit vorliegt. Dies führt zu Entwicklung besonders hoher Temperaturen mit konsekutiv vermehrter Gewebedestruktion (Zelt 1988).

Frage: Ist eine ophtalmologische Untersuchung notwendig?

<b>Empfehlung 141</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Nach Stromverletzungen sollte eine ophtalmologische Untersuchung erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach Stromkontakt entwickelt sich bei bis zu 8 % der Betroffenen ein Katarakt (Solem 1977, Boozalis 1991).

### Sonderform Stromüberschlag (Lichtbogen)

Frage: Unterscheidet sich die Behandlung von Lichtbogenverletzungen von der Behandlung von Verletzungen durch Stromdurchfluss?

<b>Empfehlung 142</b>	<b>Stand 2024,</b> <b>NEU</b>
<b>Das Verletzungsmuster bei Lichtbogenverletzungen entspricht dem von thermischen Verletzungen durch die abgestrahlte Hitze und soll entsprechend der Verbrennungstiefe behandelt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ein direkter Kontakt mit dem Stromfluss liegt hier nicht vor, daher fehlen echte Strommarken. Es können Temperaturen von bis zu 20.000 °C auftreten (Mäkinen 2003) die oft auch tiefe dermale Brandwunden ähnlich den Strommarken generieren und von diesen unterschieden werden müssen.

## 13.2 Chemische Verletzungen

Verätzungen sind Gewebeerstörungen, die durch Einwirkung von ätzenden Stoffen (z. B. Laugen oder Säuren) hervorgerufen werden. Der Grad der Schädigung ist abhängig von der Konzentration, der Menge und der Dauer der Einwirkung der beteiligten Stoffe. Eine

Verätzung ist eine teilweise oder vollständige Zerstörung von Zellen oder Struktur der Haut oder der Augen, die durch einen reizenden oder ätzenden Gefahrstoff verursacht wurde. Die Tiefe der Gewebeveränderung definiert den Grad der Verätzung.

Die europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat mehr als 75.000 Gefahrstoffe als ätzend, reizend oder sensibilisierend für Haut, Augen oder Atemwege eingestuft.

In der Klinik werden während der Dekontamination bestehende Blasen eröffnet, um auch dort eine sichere Dekontamination zu gewährleisten.

Frage: Ändert sich bei Verätzungen der Zeitpunkt des Wundverschlusses?

<b>Empfehlung 143</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Eine frühzeitige Spalthauttransplantation sollte bei chemischen Verletzungen nicht durchgeführt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Verschiedene Studien hatten keinen Vorteil einer frühzeitigen Spalthauttransplantation bei chemischen Verletzungen der Haut gezeigt (Kamolz 2009, Robinson 2015).

Frage: Ist aufgrund der Vielzahl an schädigenden Substanzen ein jeweils verschiedenes Vorgehen angezeigt?

<b>Empfehlung 144</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Ist die genaue Substanz bekannt, sollen die Anweisungen des Herstellers oder des regionalen Giftnotrufs befolgt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Folgende Substanzen bedürfen einer besonderen Dekontamination:

### **Calciumoxid (CaO, Zement)**

Calciumoxid wandelt sich bei Kontakt mit Wasser in das alkalische Calciumhydroxid um. Aus diesem Grund wird Zement möglichst rasch abgebürstet (Chung 2007, Poupon 2005, Rowan 2015).

### **Natriumoxid (NaO, Rohrreiniger)**

Natriumoxid reagiert exotherm bei Kontakt mit Wasser, so dass eine lange und gründliche Spülung mit kühlem Wasser notwendig ist (Robinson 2015).

### **Natriumhypochlorid (NaClO, Bleiche, Desinfektionsmittel)**

Natriumhypochlorid ist stark basisch und führt zu Liquefizierung. Aus diesem Grund ist ein schnelles Abwaschen mit Seife mit anschliessender Spülung indiziert (Farren 2008, Mehdipour 2007).

### **Weißer Phosphor (P<sub>4</sub>)**

Weißer Phosphor ist stark lipophil und gerät bei 30 Grad mit dem Luftsauerstoff in Brand. Es ist daher eine sofortige Spülung mit kaltem Wasser und ein chirurgisches Debridement indiziert, da sich der Phosphor beim Luftkontakt erneut entzündet (Al Barqouni 2010, Davis 2002).

Es besteht eine systemische Toxizität durch Hypocalzämie und Hyperphosphatämie, so dass eine EKG-Überwachung und das Elektrolyt-Monitoring für einige Tage notwendig ist.

### **Flusssäure (HF)**

Flusssäure besitzt sowohl ätzende als auch metabolisch-toxische Eigenschaften mit einer Gefahr der Entwicklung schwerer, fortschreitender Gewebnekrosen. Fluorid-Ionen penetrieren tief ins Gewebe und binden dort an Kationen wie Calcium und Magnesium. In der Folge kommt es zu einem Efflux intrazellulärer Calcium-Ionen und konsekutivem Zelltod. Zudem wird die Na-K-ATPase inhibiert. Die resultierende systemische Hypocalzämie und Hyperkaliämie können zu kardialen Arrhythmien führen. Aus diesem Grund ist eine sofortige ausgedehnte Spülung für mindestens 20 Minuten indiziert. Zudem kann die Wunde mit Calciumgluconat-Gel behandelt und mit Calciumgluconat unterspritzt werden, um die Fluorid-Ionen zu binden. Bei Verletzungen im Bereich der Extremitäten ist zusätzlich eine intra-arterielle Infusion von Calcium möglich. Die systemische Substitution von Kalzium ist bei Verätzungen von mehr als 4% der Körperoberfläche verpflichtend. Bei den betroffenen Patient\*innen ist zusätzlich ein kardiales Monitoring sowie regelmäßige Elektrolyt-Kontrollen mit bedarfsadaptierter Substitution indiziert (Burd 2009, Dünser 2004, Holla 2016, McKee 2014, Robinson 2015).

Bei Verätzungen im Bereich der Augen kann auf Basis experimenteller Daten eine Spülung mit Anti-HF®- oder Hexafluorine®-Speziallösung angewendet werden (Schrage 2011).

### **Chromsäure ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ )**

Es besteht die Gefahr der Nierenfunktionsstörung. Nach Dekontamination durch Wasser ist die Applikation von Phosphat und eine schnelle chirurgische Behandlung indiziert (Matey 2000, Terrill 1990, Xiang 2011).

### **Phenol ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ )**

Phenol ist stark lipophil mit schweren systemischen Effekten. Eine rasche Dekontaminierung ist unter fließendem Polyethylen-Glykol möglich (Lin 2006, Robinson 2015).

### **Teer/Bitumen**

Teer und Bitumen führen zu Verklebungen und Verbrennungen durch eine heiße Schicht, die

stark auf der Haut haftet. Die Therapie erfolgt mittels Ablösung durch Tween 80<sup>®</sup> (Polysorbat) am ehesten unverdünnt als Bad oder als getränkte Gaze (verfügbar in Krankenhausapotheken, die selbst Cremes zubereiten, auch an den Augen anwendbar).

### 13.3 Blast Injury

Explosionen, bei denen ein Feststoff oder eine Flüssigkeit schnell in ein Gas umgewandelt wird, können in drei unterschiedliche Abläufe eingeteilt werden:

Deflagration: schnelles Brennen, aber minimaler Druckstoß im Sinne einer Verpuffung.

Explosion: subsonische Zündung und Druckwelle (niedriggradiger Sprengstoff).

Detonation: Überschallschnelle Ausbreitung der Druckwelle (hochgradiger Sprengstoff).

Ein Beispiel für Deflagration ist die schnelle Flamme (ohne Knall), die entsteht, wenn ein offener Haufen Schwarzpulver (Schießpulver) entzündet wird. Das gleiche Schwarzpulver, fest in einem Behälter eingeschlossen, würde eine niedriggradige Explosion verursachen. Bei hochgradigen Sprengstoffen breitet sich die Zündwelle mit Überschallgeschwindigkeit durch das Material aus und verursacht eine Überschall-Druckwelle (Detonation); Beispiele dafür sind Nitroglycerin und Trinitrotoluol (TNT).

Ein Blast Injury ist eine komplexe Traumatisierung des menschlichen Körpers, die durch direkte oder indirekte Auswirkungen einer Explosion und insbesondere bei einer Detonation entstehen. Dabei reichen die Schädigungen von inneren Organverletzungen, einschließlich Lungen- und traumatischen Hirnverletzungen (TBI), bis hin zu Extremitäten-Verletzungen, Amputationen, Verbrennungen, Ohr und Augenverletzungen. Um den Pathomechanismus dieser Verletzungen zu definieren, hat das US-Verteidigungsministerium (DoD) eine Einteilung der Verletzungen durch Explosivstoffe erstellt (Directive DoDD 6025.21E).

Diese Systematik ordnet Explosionsverletzungen auf der Grundlage des Verletzungsmechanismus in fünf Kategorien: Primäre, Sekundäre, Tertiäre, Quartäre und Quintäre Verletzungen.

Primäre Verletzungen entstehen durch hohen Druck oder Überdruck, die durch Explosionen selbst erzeugt werden. Dieser Überdruck kann den Körper quetschen und innere Verletzungen

verursachen. Dazu zählen die Blast-Lunge (pulmonales Barotrauma), Riss der Trommelfelle- und Mittelohrverletzungen, abdominale Blutung und Perforation in der Folge des stumpfen Bauchtraumas, Augenverletzungen bis zur Ruptur sowie leichtes Schädel-Hirntrauma ohne äußere Anzeichen von Kopfverletzungen.

Die primäre Blastverletzung ist eine häufige Form der Blastverletzung, die mit einem komplexen Mechanismus zu multiplen Organschäden führen kann. Gewebe- und Gefäßendothel-Schäden sowie Organ-Hypoperfusion und eine traumainduzierter Koagulopathie (TIC) sind oft die konsistenten Manifestationen der meisten Organschäden. Aufgrund der oft verdeckten Schäden, ist es jedoch schwierig, diese rechtzeitig zu erkennen. Die Untersuchung von Veränderungen der Gerinnungsfunktion und des Säure-Basen-Gleichgewichts nach primärer Blastverletzung kann dazu beitragen, eine frühzeitige Diagnose und Intervention zu ermöglichen und die Prognose und Mortalität von Blastverletzungen zu verbessern.

Sekundäre Explosionstraumata entstehen, wenn der starke Luftstrom hinter der Druckwelle Splitter, Fragmente und Trümmer gegen den Patienten schleudert und dadurch stumpfe und penetrierende Verletzungen verursacht.

Tertiäre Sprengverletzungen entstehen durch starke Luft- und Gasströme sowie Druckgefälle, die den Körper beschleunigen und die gleichen Arten von stumpfen Traumata verursachen können, die ähnlich bei einem Autounfall, einem Sturz aus großer Höhe oder einem Gebäudeeinsturz mit Verschüttung auftreten. Klinische Manifestationen sind Frakturen, traumatische Amputationen, stumpfe Verletzungen des Bauchraumes oder des Thorax, Quetschungen sowie geschlossene oder offene Hirnverletzungen.

Quartäre Folgen einer Explosion entstehen durch andere Explosionsprodukte (wie Hitze und Licht) und durch die Exposition gegenüber giftigen Substanzen aus den Sprengstoffen.

Quintäre Folgen werden durch infektiöse, chemische oder radioaktive Sprengsatzadditiva ausgelöst (Kluger 2007) und präsentieren sich bereits in der initialen Phase mit einem hyperinflammatorischen Zustand.

Frage: Welche Anforderungen sind an das Schockraumteam bei Blast Injury zu stellen?

<b>Empfehlung 145</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Nach einem Blast Injury sollen die Verletzten durch ein in der Polytraumadiagnostik und -versorgung spezialisiertes Team versorgt werden.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 146</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Das Damage control-Konzept soll stringent eingehalten und sowohl die Diagnostik als auch die Reihenfolge der notfallmedizinischen und chirurgischen Interventionen abgestimmt werden. Die Behandlung der Brandverletzungen der Haut soll sich je nach Ausdehnung in diesen Ablauf einordnen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

<b>Empfehlung 147</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b><i>Zusätzlich soll die Untersuchung auf neurologische Schäden, Verletzungen im HNO-Bereich sowie der Augen erfolgen.</i></b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

#### 13.4 Thermomechanische Kombinationsverletzungen

Kombinationen aus schweren Traumata mit Verletzungen der Extremitäten und des Körperstammes stellen eine eigene Entität dar, die einer maximalen interdisziplinären Abstimmung bedarf. In diesem Zusammenhang wird auf die S3 Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung“ (AWMF Registernummer 187-023) verwiesen.

*Frage: Beeinflusst die Kombination aus mechanisch-traumatischer und thermischer Verletzung das Vorgehen bei der prähospitalen Versorgung?*

<b>Empfehlung 148</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die prähospitale Versorgung polytraumatisierter Patient*innen bei zusätzlichem Vorhandensein einer Brandverletzung unterscheidet sich nicht von einer Polytraumaversorgung.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Verbrennung selbst beeinträchtigt nur selten relevant die Vitalparameter der/ des Patientin/en. Deshalb ergeben sich bezüglich der prähospitalen Versorgung keine signifikanten Abweichungen der Behandlungsprioritäten. Das bedeutet umgekehrt, dass nicht die thermische Verletzung das prähospitale Vorgehen bestimmt, sondern die zusätzlichen Traumata.

*Frage: Beeinflusst die Kombination aus knöcherner und thermischer Verletzung das Vorgehen bei der Frakturversorgung?*

<b>Empfehlung 149</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei einer operativen Versorgung von Frakturen bei Brandverletzten Patient*innen muss berücksichtigt werden, dass die thermisch verletzten Areale im frühen zeitlichen Verlauf mikrobiell besiedelt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Im Rahmen der hospitalen Versorgung können sich durch die Kombination aus Trauma mit knöcherner und thermischer Verletzung Veränderungen in der zeitlichen Priorisierung der Versorgung ergeben. Grund hierfür ist die Tatsache, dass die Verbrennungswunden in den ersten Stunden zumeist steril sind, jedoch schon nach 24 Stunden eine Keimbesiedlung beginnt. Aus diesem Grund wird interdisziplinär abgewogen, ob eine direkte

osteosynthetische Versorgung von Frakturen anstatt einer Versorgung mittels externem Fixateur im Sinne des damage control -Konzepts erfolgen kann, wenn der operative Zugang für die definitive Osteosynthese durch ein thermisch verletztes Areal notwendig ist.

## Literatur

Al Barqouni LN, Skaik SI, Shaban NRA, Barqouni N.: White phosphorus burn. Lancet 2010; 376: 68.

Arnoldo, B, Klein M, Gibran, N.S. Practice guidelines for the management of electrical injuries. Journal of burn care & research: official publication of the American Burn Association. 2006; 27(4): pp.439–47.

Bingham, H. Electrical burns. Clinics in plastic surgery 1986; 13(1): pp.75–85.

Boozalis, G.T. et al. 1991. Ocular changes from electrical burn injuries. A literature review and report of cases. The Journal of burn care & rehabilitation 1991; 12(5): pp.458–462.

Burd A.: Hydrofluoric acid burns: rational treatment. J Burn Care Res 2009; 30: 908.

Chandra NC, Siu CO, M.A. Clinical predictors of myocardial damage after high voltage electrical injury. Crit Care Med. 1990; 18(3): pp.293–7.

Chen CW, et al. Low voltage electricity associated burn damage of lung parenchyma: case report and literature review. J Emerg Med. 2021; 60(2): e33-e37.

Chung JY, Kowal-Vern A, Latenser BA, Lewis RW. Cement-related injuries: review of a series, the National Burn Repository, and the prevailing literature. J Burn Care Res 2007; 28: 827–834.

Cooper, M.A. Emergent care of lightning and electrical injuries. Seminars in Neurology 1995; 15(3): pp.268–278.

Davis KG. Acute management of white phosphorus burn. Mil Med 2002; 167: 83–84.

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022)

Dünser MW, Ohlbauer M, Rieder J, et al. Critical care management of major hydrofluoric acid burns: a case report, review of the literature, and recommendations for therapy. *Burns J Int Soc Burn Inj* 2004; 30: 391–398.

Farren ST, Sadoff RS, Penna KJ. Sodium hypochlorite chemical burn. Case report. *N Y State Dent* 2008; 74: 61–62.

Franke A, et al. The first aid and hospital treatment of gunshot and blast injuries. *Dtsch Ärztebl* 2017; 114:237-43

Gille J, Schmidt T, Dragu A, Emich D, Hilbert-Carius P, Kremer T, Raff T, Reichelt B, Siafliakis A, Siemers F, Steen M, Struck MF. Electrical injury – a dual center analysis of patient characteristics, therapeutic specifics and outcome predictors. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2018; 26:43

Handschin, A.E. et al. A case-matched controlled study on high-voltage electrical injuries vs thermal burns. *Journal of burn care & research* 2009; 30(3): pp.400–7.

Holla R, Gorter RR, Tenhagen M, Vloemans AFPMJ, Breederveld RS. Hydrofluoric acid burns. *Ned Tijdschr Geneesk* 2016;160: A9739.

Hussmann J. et al. Electrical injuries - morbidity, outcome and treatment rationale. *Burns* 1995; 21(7): pp.530–535.

Kamolz L-P, Kitzinger HB, Karle B, Frey M. The treatment of hand burns. *Burns J Int Soc Burn Inj* 2009; 35: 327–337.

Kluger Y, et al. The quinary pattern of blast injury. *Am J Disaster Med*. 2007; 2(1):21-5

Li SJ, Wang ZL, Zhu WP, Xiang Y, Lin J, Yu YJ, Li P. Clinical research of features of magnetic resonance imaging of high-voltage electrical burns in limbs at early stage. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi* 2017; 33(12):750-756.

Ligen L, Hongming Y, Feng L, Huinan Y, Quan H, Guang F. Magnetic resonance imaging features of soft tissue and vascular injuries after high-voltage electrical burns and their clinical application. *Injury* 2012; 43(9):1445-50.

Lin T-M, Lee S-S, Lai C-S, Lin S-D. Phenol burn. *Burns J Int Soc Burn Inj* 2006; 32: 517–521.

Mäkinen H, Mustonen S. Features of electric arc accidents and use of protective clothing in Finland. *Safety Science* 2003; 41(9): 791–801.

Masanés MJ, et al. A high voltage electrical burn of lung parenchyma. *Burns* 2000; 26(7): 659–63.

Matey P, Allison KP, Sheehan TM, Gowar JP. Chromic acid burns: early aggressive excision is the best method to prevent systemic toxicity. *J Burn Care Res* 2000; 21: 241–245.

McKee D, Thoma A, Bailey K, Fish J. A review of hydrofluoric acid burn management. *Plast Surg Oakv Ont* 2014; 22: 95–98.

Mehdipour O, Kleier DJ & Averbach RE. Anatomy of sodium hypochlorite accidents. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 2007; 28: 544–546, 548, 550.

Poupon M, Caye N, Duteille F, Pannier M. Cement burns: retrospective study of 18 cases and review of the literature. *Burns J Int Soc Burn Inj* 2005; 31: 910–914.

Rai J. et al. Electrical injuries: a 30-year review. *The Journal of trauma*, 1999; 46(5): pp.933–6.

Robinson EP, Chhabra AB. Hand chemical burns. *J Hand Surg* 2015; 40: 605–612; quiz 613.

Rowan MP, Cancio LC, Elster EA, et al. Burn wound healing and treatment: review and advancements. *Crit Care* 2015; 19: 243.

Saracoglu, A. et al. Prognostic factors in electrical burns: A review of 101 patients. *Burns* 2014; 40(4): pp.702–707.

Schein RM et al. Pulmonary edema associated with electrical injury. *Chest* 1990; 97(5): 1248–50.

Schrage NF, Struck HG, Gerard M. Recommendations for acute treatment for chemical and thermal burns of eyes and lids. *Ophthalmologe* 2011; 108(10): 916–20.

Solem L. et al. The natural history of electrical injury. *Journal of Trauma* 1977; 17(7): pp.487–492.

Terrill PJ & Gowar JP. Chromic acid burns; beware, be aggressive, be watchful. *Br J Plast Surg* 1990; 43: 699–701.

Vedung S. et al. Angiographic findings and need for amputation in high tension electrical injuries. Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery 1990; 24(3): pp.225–31.

Xiang J, Sun Z, Huan J. Intensive chromic acid burns and acute chromium poisoning with acute renal failure. Chin Med J (Engl) 2011; 124: 2071–2073.

Yakubof KP, Kurtzman LC, Stern, P.J. Acute management of thermal and electrical burns of the upper extremity. The Orthopedic clinics of North America 1992; 23(1): pp.161–169.

Zelt, RG et al. High-voltage electrical injury: chronic wound evolution. Plastic and reconstructive surgery 1988; 82: 1027–1041.

Zhu, ZX et al. Experience of 14 years of emergency reconstruction of electrical injuries. Burns 2003; 29: 65–72.

## **14 Psychologische Folgen und ihre Behandlung**

Im Rahmen einer schweren Brandverletzung können sowohl akute, als auch längerfristige psychische Störungen auftreten. Die Diagnostik und Behandlung von psychischen Störungen bei Patient\*innen mit Brandverletzungen erfolgt entsprechend der jeweiligen Leitlinien, z. B. „Diagnostik und Behandlung von akuten Folgen psychischer Traumatisierung“ (DeGPT 2019), „Posttraumatische Belastungsstörung“ (Schäfer 2019), „Behandlung von Angststörungen“ (Bandelow 2021) und „Unipolare Depression“ (BÄK 2022).

Giannoni-Pastor und Kollegen (2016) berichten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit Prävalenzen für eine akute Belastungsreaktion zwischen 2 und 30% und für eine Posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) zwischen 3 und 35% nach einem Monat, zwischen 2 und 40% zwischen 3 und 6 Monaten, 9-45% nach einem Jahr und zwischen 7 und 25% mehr als zwei Jahre nach Verletzung. Als wichtigsten Risikofaktor für die Entwicklung einer PTBS identifizieren sie die während des Unfalls wahrgenommene Lebensbedrohung. O'Donnell und Kollegen (2010) berichten zudem ein erhöhtes Risiko, eine PTBS zu entwickeln für Patient\*innen, welche intensivmedizinisch behandelt wurden. Beachtet werden muss auch, dass Patient\*innen in intensivmedizinischer Behandlung ein erhöhtes Risiko für das Erleben

eines Delirs haben (Agarwal 2010), was sowohl für die Betroffenen als auch ihre Angehörigen sehr belastend sein kann.

Prävalenzen für eine Depression bei Entlassung aus der Akutbehandlung werden in der Literatur zwischen 4 und 10% angegeben (Thombs 2006), die Prävalenz signifikanter depressiver Symptome wird je nach verwendeter Skala zwischen 3 und 54% angegeben. Als Langzeitfolgen werden in der Literatur weiterhin erhöhte Prävalenzen für Alkohol- und Substanzmissbrauch, Phobien und andere Angststörungen berichtet (Ripper 2010, Wallis-Simon 2009). Als Risikofaktor für eine erhöhte psychische Symptomlast wird in der Literatur zudem die verletzungsbedingte Veränderung des Körpers, insbesondere Narben an sichtbaren Stellen, wie in dem Gesicht, genannt (Pellard 2006, Dahl 2016, Gibson 2018).

Auch für Angehörige von Patient\*innen in intensivmedizinischer Behandlung wird ein erhöhtes Risiko berichtet, eine psychische Störung zu entwickeln (Gawlytta 2017, Petrinec 2016).

*Frage: Auf welche psychischen Symptome sollte während des Akutaufenthaltes bei Patient\*innen mit thermischem Trauma geachtet werden?*

<b>Empfehlung 150</b>	<b>Stand 2024,  NEU</b>
<b>Während des Akutaufenthaltes brandverletzter Patient*innen sollte verstärkt auf Symptome einer Depression und einer akuten Belastungsreaktion geachtet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Dabei muss in der Phase der Akutbehandlung zwischen psychopathologischen Symptomen und körperlichen Begleitscheinungen der Erkrankung differenziert werden. Symptome wie Schlafstörungen und Appetitlosigkeit sind in der akutmedizinischen Behandlungsphase häufige körperliche Begleitscheinungen. Das Vorhandensein psychischer Belastung kann mit einer verstärkten Schmerzwahrnehmung einhergehen (Difide 1997). Daher ist es wichtig, die psychischen Aspekte auch bei der medizinischen Behandlung zu beachten. Dies gilt auch für

Angehörige, bei denen während des Akutaufenthaltes Symptome einer erhöhten psychischen Belastung auftreten können (Matt 2017).

*Frage: Auf welche psychischen Symptome sollte nach Abschluss der Akutbehandlung bei Patient\*innen mit thermischem Trauma geachtet werden?*

<b>Empfehlung 151</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Nach Abschluss der Akutbehandlung sollte bei brandverletzten Patient*innen auf Symptome einer Depression, einer posttraumatischen Belastungsstörung, eines Alkohol- oder Substanzmissbrauchs, einer Phobie oder anderer Angststörungen geachtet werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Auch in der Phase nach Abschluss der Akutbehandlung sollte bei der Diagnostik psychischer Störungen auf die Differenzierung von körperlichen Begleiterscheinungen und psychopathologischen Symptomen geachtet werden (z. B. geringere Belastbarkeit, erhöhte Ermüdbarkeit aufgrund der Dekonditionierung durch den Akutaufenthalt).

Die Diagnostik ist möglichst frühzeitig schon in der Akutphase indiziert. Im weiteren Verlauf sind längerfristig Re-Evaluationen zu empfehlen. Besonders zu beachten sind Phasen, bei denen für die Betroffenen und ihre Angehörigen besondere Herausforderungen anstehen, wie z.B. die Reintegration in das soziale Umfeld nach Entlassung aus der stationären Behandlung, Abschluss der Narbenreifung nach 1-2 Jahren. Unwillkürliche Erinnerungen an den Unfall, die Verletzung oder auch traumatische Erfahrungen während der Behandlung können auch Jahre nach dem Ereignis noch durch alltägliche Reize, die bei den Betroffenen jedoch mit dem Trauma assoziiert sind, ausgelöst werden. Auch bei den Angehörigen ist im Langzeitverlauf weiterhin auf eine erhöhte psychische Belastung zu achten (Thombs 2006, Ripper 2010, Wallis-Simon 2009).

*Frage: Welche Besonderheiten ergeben sich bei der psychotherapeutischen Behandlung thermisch verletzter Patient\*innen?*

<b>Empfehlung 152</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die psychotherapeutische Behandlung thermisch verletzter Patient*innen in der Akutphase und in der Rehabilitation sollte aufgrund der hohen Komplexität der Verletzung in enger Zusammenarbeit mit allen Professionen des multidisziplinären Behandlungsteams durchgeführt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Dies schließt die psychosoziale Versorgung mit ein. Ziel psychotherapeutischer Interventionen, sowohl bei den Patient\*innen, wie auch bei den Angehörigen, ist die Reduktion der traumabedingten psychischen Symptome und die Unterstützung im ungewohnten, zum Teil belastenden medizinischen Umfeld.

*Frage: Zu welchem Zeitpunkt sollte das Angebot zur psychotherapeutischen Unterstützung nach einer Brandverletzung gemacht werden?*

<b>Empfehlung 153</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Das Angebot zur psychotherapeutischen Unterstützung sollte frühzeitig, schon in der akutstationären Phase erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Art, Dauer und Häufigkeit des Vorgehens wird sowohl bei den Betroffenen als auch bei den Angehörigen an die jeweiligen Bedürfnisse, die Belastbarkeit und an den Heilverlauf angepasst. Besondere Belastungsfaktoren in dieser Phase sind insbesondere im intensivmedizinischen Setting die Isolation, die reduzierten sozialen Kontakte, die geringe Belastbarkeit der Betroffenen und der gestörte Schlaf-Wach-Rhythmus. Bei großflächigen Brandverletzungen kann diese Phase sehr langwierig sein.

*Frage: Welche Grundprinzipien bei der psychotherapeutischen Behandlung sollten in der akutstationären Phase beachtet werden?*

<b>Empfehlung 154</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b>Das Vorgehen sollte angepasst an die Bedürfnisse und die Belastbarkeit der Patient*innen sein und in der Hauptsache stabilisierend und entlastend wirken.</b></p> <p><b>Informationen zu typischen Reaktionen nach schweren Unfällen und deren Verlauf sollten vermittelt werden. Eine konfrontative, auf die Verarbeitung des Traumas abzielende Traumatherapie ist in dieser Phase in der Regel noch nicht indiziert.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

Folgende Vorgehensweisen bzw. Interventionen werden angewendet:

- Aktives Zugehen auf Patient\*innen, Kontakt unterstützend
- Angebot zur Unterstützung an die Angehörigen (Bäckström 2018)
- Informationsvermittlung an Betroffene und Angehörige zu psychischen Reaktionen nach traumatischen Erfahrungen und bei Bedarf zu Delir
- Vermittlung von Strategien zur Schmerzbewältigung
 

In der Literatur finden sich einige wenige Studien zu Virtueller Realität und Hypnotherapeutischen Verfahren (Hoffmann 2001, Shakibai. 2014, Jafarizadeh 2017), die positive Effekte sowohl auf den Hintergrundschmerz, als auch auf den prozeduralen Schmerz berichten.
- Vermittlung eines Entspannungsverfahrens angepasst auf die häufig reduzierte Beweglichkeit der Patient\*innen (wegen Verbänden, Immobilisation etc.) zur Reduktion von Stress, Ängsten und zur Verbesserung des Schlafs
- Vorbereitung auf den ersten Blick auf den veränderten Körper/Vorbereitung auf den ersten Verbandswechsel ohne Narkose
- Emotionale Stabilisierung und Ressourcenaktivierung

Während des akuten Aufenthaltes ist die auf Verarbeitung des Traumas abzielende konfrontative Traumatherapie in der Regel noch nicht indiziert (DeGPT 2019). Bei bestimmten Patient\*innen ist eine psychiatrische medikamentöse Mitbehandlung indiziert. Insgesamt ist die Studienlage zu psychotherapeutischer Behandlung von Patient\*innen im intensivmedizinischen Setting gering. Peris (2011) konnten einen guten Effekt einer bedarfsabhängig angepassten psychotherapeutischen Behandlung zeigen. Fauerbach (2020) fanden positive Effekte bei Anwendung eines vier Sitzungen umfassenden kognitiv-verhaltenstherapeutischen Programms. Bisson (1997) hingegen zeigten für ein frühes geführtes Debriefing Verfahren keine positiven Effekte.

*Frage: Zu welchen Zeitpunkten sollten im weiteren Verlauf nach der akutstationären Phase erneut Angebote für eine psychotherapeutische Unterstützung gemacht werden?*

<b>Empfehlung 155</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Das Angebot zur psychotherapeutischen Unterstützung sollte sowohl in der Phase der Rehabilitation, als auch im weiteren Langzeitverlauf erfolgen. Insbesondere in der Phase der Reintegration in den Alltag kann es zu erhöhter psychischer Belastung und damit zu Unterstützungsbedarf kommen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Folgende Themenbereiche und Interventionen werden in der Literatur häufig erwähnt und haben sich im klinischen Alltag als besonders relevant erwiesen (Jasper 2013, Seehausen 2015, Wallis 2007). Die Phase der Reintegration in den normalen Alltag kann mit einer erhöhten psychischen Belastung der Betroffenen einhergehen (Christiaens 2015). In dieser Phase wird der Betroffene verstärkt mit den Folgen der Brandverletzung (z. B. Funktionseinschränkungen, schmerzhaftes Narbenkontraktoren, Angestarrt werden bei sichtbaren Narbenpartien, Rückkehr an den Unfallort) konfrontiert.

Auch hier ist der Einbezug von Angehörigen bei Bedarf und auf Wunsch der Patient\*innen zu unterstützen, da diese von den Veränderungen und Folgen ebenfalls betroffen sein können

(z. B. Übernahme der Hautpflege an für den Betroffenen schwer erreichbaren Stellen, Konfrontation mit den Reaktionen der Umwelt).

- Informationen zu psychischen Reaktionen nach traumatischen Erlebnissen
- Umgang mit dem veränderten Körper und dem veränderten physischen Funktionsniveau
- Umgang mit den Blicken und den Reaktionen Anderer (insbesondere bei Narben an sichtbaren Stellen und dem Verlust von Gliedmaßen)
- Informationen zu Narben und ihrer Entwicklung
- Strategien im Umgang mit Juckreiz und Schmerzen
- Informationen zu Schlaf-Hygiene
- Unterstützung bei der Behandlungs-Adhärenz (z. B. Tragen der Kompressionswäsche)
- Aktives Ansprechen wichtiger Themen (z. B. Sexualität, Partnerschaft, Rückkehr in den Beruf bzw. verletzungsbedingt notwendige berufliche Veränderungen)
- Informationen über ambulante Psychotherapiemöglichkeiten und Indikationen
- Informationen über Selbsthilfemöglichkeiten und -gruppen, Anregung des Austauschs mit positiven Modellen
- Angebot zur Einbindung von Angehörigen

Insgesamt ist auch für diese Phase die Studienlage gering. In der Literatur werden positive Ergebnisse für brandverletzten spezifische kognitiv-verhaltenstherapeutische Interventionen, sowohl im Einzel, als auch in der Gruppe berichtet (Cukor 2014, Seehausen 2015).

Tolley und Ferooshani stellen in ihrer Übersichtsarbeit einen positiven Effekt des Austauschs mit anderen Betroffenen (Peer-Support) fest (Tolley 2014).

## Literatur

Agarwal V et al. Prevalence and risk factors for development of delirium in burn intensive care unit patients. Journal of Burn Care & Research. 2010; 31(5), 706-715.

Bäckström J et al. Being a family member of a burn survivor–Experiences and needs. Burns Open. 2018;2(4),193-198.

Bandelow B et al S3-Leitlinie Behandlung von Angststörungen (AWMF Registernummer 051 – 028, Version 2 (06.04.2021), verfügbar unter <https://www.awmf.org/service/awmf-aktuell/behandlung-von-angststoerungen>. Zugriff am 19.12.2023.

Bisson JJ et al. Randomised controlled trial of psychological debriefing for victims of acute burn trauma. The British journal of psychiatry. 1997; 171(1), 78-81.

Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Nationale VersorgungsLeitlinie Unipolare Depression – Langfassung, Version 3.2. 2022 [cited: 2023-01-08]. DOI: 10.6101/AZQ/000493. [www.leitlinien.de/depression](http://www.leitlinien.de/depression).

Christiaens W et al. The view of severely burned patients and healthcare professionals on the blind spots in the aftercare process: a qualitative study. BMC health services research. 2015;15(1), 302.

Cukor J et al. The treatment of posttraumatic stress disorder and related psychosocial consequences of burn injury: a pilot study. J Burn Care Res. 2015; 36(1):184-92.

Dahl O et al. Early assessment and identification of posttraumatic stress disorder, satisfaction with appearance and coping in patients with burns. Burns. 2016; 42(8), 1678-1685.

DeGPT, DGPPN, DGPs, DGPM, DKPM: S2k-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung von akuten Folgen psychischer Traumatisierung (AWMF Registernummer 051 – 027), Version 2.0 (31.08.2019), verfügbar unter [https://register.awmf.org/assets/guidelines/051-027l\\_S2k\\_Diagnostik\\_Behandlung\\_akute\\_Folgen\\_psychischer\\_Traumatisierung\\_2019-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/051-027l_S2k_Diagnostik_Behandlung_akute_Folgen_psychischer_Traumatisierung_2019-10.pdf). Zugriff am 08.01.2023).

Difede J et al. Determinants of pain expression in hospitalized burn patients. Pain. 1997;72(1-2):245-51.

Fauerbach JA et al. Cognitive Behavioral Treatment for Acute Posttrauma Distress: A Randomized, Controlled Proof-of-Concept Study Among Hospitalized Adults With Burns. Arch Phys Med Rehabil. 2020;101(1s):S16-s25.

Gawlytta R et al. Posttraumatic stress disorder after intensive care: Prevalence, risk factors, and treatment. Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin. 2019; 114, 9-14.

Giannoni-Pastor A et al. Prevalence and Predictors of Posttraumatic Stress Symptomatology Among Burn Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Burn Care Res. 2016;37(1):e79-89.

Gibson JAG et al. The association of affective disorders and facial scarring: Systematic review and meta-analysis. J Affect Disord. 2018;239:1-10.

Hoffman HG, Patterson DR, Carrougner GJ. Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study. Clin J Pain. 2000;16(3):244-50.

Jafarizadeh H et al. Hypnosis for reduction of background pain and pain anxiety in men with burns: A blinded, randomised, placebo-controlled study. Burns. 2018;44(1):108-17.

Jasper S, Rennekampff HO, de Zwaan M. Psychische Komorbidität, Körperbildprobleme und psychotherapeutische Interventionen bei Brandopfern: ein Überblick. PPM-Psychotherapie· Psychosomatik· Medizinische Psychologie. 2013; 63(11), 423-428.

Matt B et al. Relatives' perception of stressors and psychological outcomes—Results from a survey study. Journal of Critical Care. 2017; 39, 172-177.

O'Donnell ML et al. Posttraumatic stress disorder after injury: does admission to intensive care unit increase risk?. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2010; 69(3), 627-632.

Pellard S. Body image and acute burn injuries: a literature review. J Wound Care. 2006;15(3):129-32.

Peris A et al. Early intra-intensive care unit psychological intervention promotes recovery from post traumatic stress disorders, anxiety and depression symptoms in critically ill patients. Critical care. 2011;15(1), R41.

Petrinec AB, Daly BJ. Post-traumatic stress symptoms in post-ICU family members: review and methodological challenges. Western journal of nursing research. 2016; 38(1), 57-78.

Ripper S et al. Psychische Folgen schwerer Brandverletzungen. Der Unfallchirurg. 2010; 113(11), 915-922.

Schäfer I et al. S3-Leitlinie Posttraumatische Belastungsstörung. 2019. Berlin: Springer.

Seehausen A et al. Efficacy of a burn-specific cognitive-behavioral group training. Burns. 2015; 41(2), 308-316.

Shakibaei F et al. Hypnotherapy in management of pain and reexperiencing of trauma in burn patients. Int J Clin Exp Hypn. 2008;56(2):185-97.

Thombs BD, Bresnick MG, Magyar-Russell G. Depression in survivors of burn injury: a systematic review. General hospital psychiatry. 2006;28(6), 494-502.

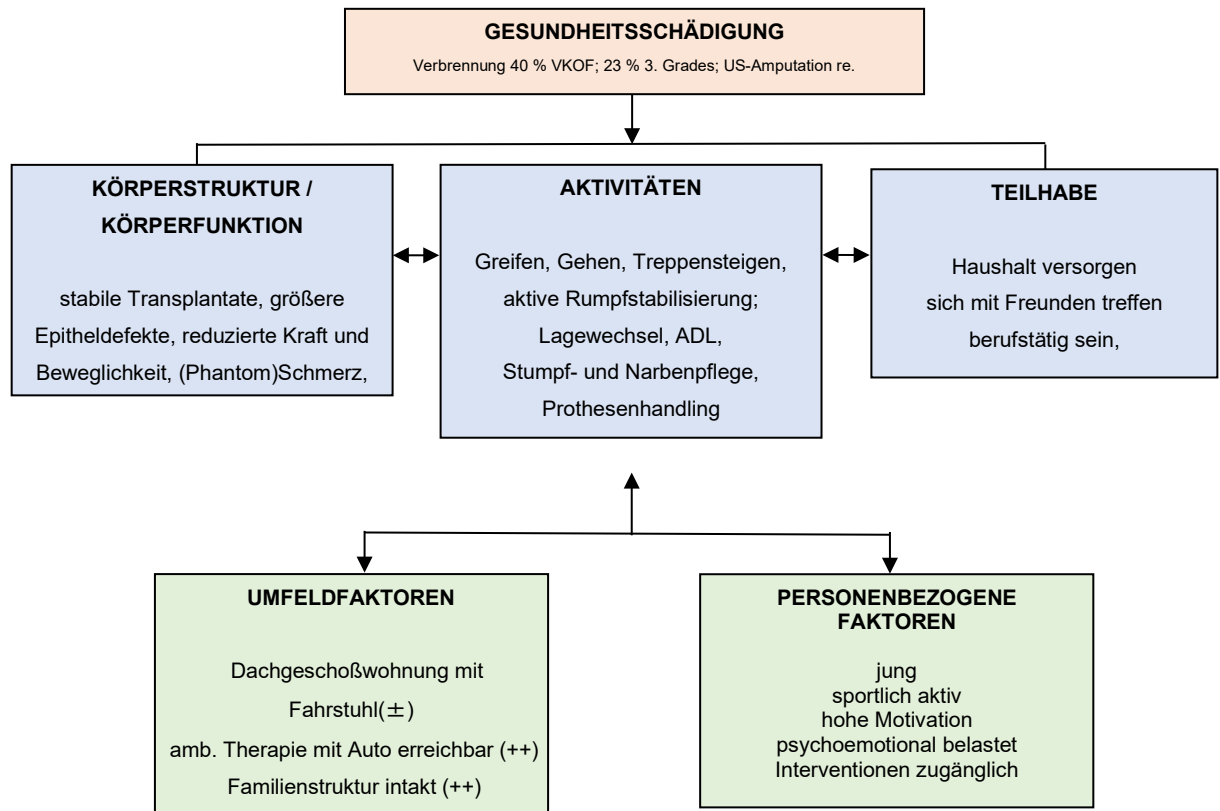
Tolley JS, Foroushani PS. What do we know about one-to-one peer support for adults with a burn injury? A scoping review. J Burn Care Res. 2014;35(3):233-42.

Wallis H et al. Ressourcen und Belastungsfaktoren nach schweren Brandverletzungen--eine qualitative Studie zwei Jahre nach dem Unfall. Verhaltenstherapie & Verhaltensmedizin. 2007.

Wallis-Simon H, Renneberg B. Psychische Faktoren bei schweren Brandverletzungen: Psychotherapeutische Beiträge zur Verbesserung der Lebensqualität. Psychotherapeutenjournal. 2009;2, 142-152.

## **15 Postakute, stationäre, poststationäre Rehabilitation**

In der teilhabeorientierten Betrachtung bestehen am Übergang zwischen Akutversorgung und Rehabilitation Schädigungen der Körperstrukturen und Körperfunktionen sowie Beeinträchtigungen der körperlichen Aktivitäten und sozialen Teilhabe Patient\*innen mit Brandverletzungen. In der Bewertung und bei den rehabilitativen Interventionen sind Kontextfaktoren mit Bezug zur individuellen Umwelt (Umfeldfaktoren), mit fördernder (+) oder hemmender (-) Ausrichtung sowie personenbezogene Einflüsse bedeutsam (Schuntermann 2003).



Fließschema zur Anwendung der International Classification of Functioning, Disability and Health (**ICF**) der WHO (2002) nach thermischer Verletzung.

*Frage: Was zählt zu den wesentlichen Inhalten der Rehabilitation nach einer Brandverletzung?*

<b>Empfehlung 156</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Rehabilitation soll eine auf Narbentherapie spezialisierte, medizinisch-funktionelle Rehabilitation mit der Möglichkeit zur psychotherapeutischen Mitbehandlung beinhalten, stabilisiert so die Erfolge der Akutbehandlung und ermöglicht eine weitere ambulante Versorgung.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Beeinträchtigte Funktionen und Aktivitäten werden in der Rehabilitation trainiert und über das Erlernen ausgleichender Handlungsstrategien sowie den Einsatz von Hilfsmitteln, bei

Berücksichtigung der individuellen Lebenshintergründe der Rehabilitand\*innen, kompensiert. Mit der wiedererlangten Funktionsfähigkeit kann deren Rückkehr in den Alltag bestmöglich vorbereitet werden (Ziegenthaler 2005). Von wesentlicher Bedeutung ist dabei die ICF-orientierte Zieldefinition (Neubauer 2019).

*Frage: Was bestimmt die Zielsetzung der Rehabilitation nach einer Brandverletzung?*

<b>Empfehlung 157</b>	
<b>Neben den individuellen Zielen der Patient*innen mit Brandverletzungen soll sich die Reha-Zielsetzung an den verletzten Körperstrukturen / Körperfunktionen, eingeschränkten Aktivitäten und konkreten Teilhabeerwartungen orientieren.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

**Empfehlungen** Indikationen für komplexe Rehabilitationsmaßnahmen in einer spezialisierten Einrichtung sind (DGV 2007):

- Verbrennungen Grad II°  $\geq 15$  % VKOF (bei Kindern  $\geq 10$  %)
- Verbrennungen Grad III°  $\geq 10$  % VKOF (bei Kindern  $\geq 5$  %)
- Verbrennungen von Gesicht, an Händen, Füßen und der Genitalregion
- Narbenbildung mit wesentlichen Einschränkungen auf die Funktion großer Gelenke.

Weitere Indikationen sind:

- funktionelle Defizite nach Starkstromunfall
- Gliedmaßenverlust
- fortgeschrittenes Lebensalter ( $\geq 65$  Jahre)
- funktionelles neurologisches Defizit bei geringerem Verbrennungsausmaß
- manifeste psychische Traumafolgestörungen (Anpassungsstörung, Posttraumatische Belastungsstörung, Angststörungen)
- problematische psychosoziale Situation, präexistent oder posttraumatisch ausgelöst.

**Empfehlungen** Als Rehabilitationsvoraussetzungen gelten (DGV 2007):

- Haut- und Narbenverhältnisse, die multimodalen Maßnahmen zur Unterstützung der Narbenreifung zugänglich sind
- Epitheldefekte, die unter physikalischen Maßnahmen kurz- bis mittelfristig abheilen
- es besteht kein chirurgischer Interventionsbedarf
- die Herz-Kreislauf-Situation ist stabil und
- Teilmobilisation der Patient\*innen mit Brandverletzungen ist erfolgt.

*Frage: Wie gliedert sich die Rehabilitation nach einer Brandverletzung?*

<b>Empfehlung 158</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b>Die Rehabilitation nach einer Brandverletzung lässt sich in vier Behandlungsetappen unterteilen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primärrehabilitation</li> <li>• Postakute Rehabilitation</li> <li>• Anschlussrehabilitation</li> <li>• Heilverfahren</li> </ul>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Multimodale Maßnahmen im interprofessionellen Team unterstützen dabei den gesamten Prozess der Rehabilitation der Patient\*innen mit Brandverletzungen.

In der **Primärrehabilitation**, die sich nahtlos an die Behandlung im Brandverletztzentrum anschließt, stehen die Förderung der Narbenstabilität und Narbenmaturität sowie die Abheilung bestehender Epitheldefekte neben der Behandlung der Folgen der Verbrennungskrankheit im Vordergrund (Ziegenthaler 2016). Basale sensorische Stimulation, Prophylaxe-Maßnahmen vor intensivmedizinischen Komplikationen, die Anbahnung von ADL (activity of daily living, Aktivitäten des täglichen Lebens) sowie ersten Hilfsmittelversorgung sind neben der akutmedizinischen Versorgung wesentlich.

Es handelt sich hierbei um eine Rehabilitation im Krankenhausstatus mit sehr individueller Behandlungsdauer.

In der **Postakuten Rehabilitation** überwiegt die aktivierende Behandlung durch Pflegende und Therapeuten neben der Förderung der Narbenstabilität. Ziel ist mehr Selbständigkeit im Bereich der Aktivitäten des täglichen Lebens. Physiotherapie, Ergotherapie sowie traumaspezifische Psychotherapie ergänzen das Behandlungsspektrum. Spezielle Versorgungssituationen (u. a. Trachealkanülen, PEG, Blasenableitungen) sind sicherzustellen. Unter Einhaltung der Rahmenempfehlungen des Robert-Koch-Institutes (Hergenröder 2012, Just 2013) kann eine Rehabilitation auch bei Besiedlung mit multiresistenten Keimen (MRE) in spezialisierten Reha-Zentren (Ziegenthaler 2018) gewährleistet werden. Die postakute Rehabilitation erfolgt geeigneter Weise bei einer zu erwartenden Rehabilitationsdauer von 6 bis 12 Wochen am Akutkrankenhaus oder einem spezialisierten Rehabilitationszentrum.

Voraussetzung für eine **Anschlussrehabilitation** sind der Abschluss akutmedizinischen Behandlungsbedarfs und die überwiegende Selbständigkeit im Bereich der Aktivitäten des täglichen Lebens als Voraussetzung für soziale Reintegration. Praktische Erfahrung und praktische Unterstützung beim Handling (An-/Ablegen / Waschen) der Kompressionskleidung, nach Amputationen sowie im Erkennen und Behandeln verbrennungstypischer Spätfolgen sind notwendig.

Im Vordergrund der 3 bis 8 Wochen dauernden Anschlussrehabilitation stehen individuell relevante funktionsverbessernde Interventionen, Konditionstraining, und die psychotherapeutische Behandlung (s. Kap. 12). Auch im AHB-Setting kann bei MRE-Besiedlung nach o.g. Rahmenempfehlungen eine Rehabilitation ermöglicht werden.

**Heilverfahren** werden frühzeitig bei unzureichenden spezifischen ambulanten Behandlungsmöglichkeiten oder fortbestehenden Defiziten stationär, bei einer zu erwartenden Rehabilitationsdauer von 3 bis 6 Wochen, angestrebt.

Antragsbegründend hierfür sind allein oder in Kombination:

- fortbestehende alltagsrelevante funktionelle Einschränkungen
- funktionell limitierende Narbenbildung
- anhaltende Minderung der motorischen Ausdauerfähigkeit
- psychische Beschwerden sowie erschwerte Krankheitsverarbeitung/-akzeptanz u./o. kognitive Defizite

- Unzureichende ambulante Behandlungsmöglichkeiten.

Zielsetzungen dabei sind:

- Selbständigkeit in der Selbstversorgung und bei individuell relevanten Aktivitäten
- Teilhabe an individuell wesentlichen Bereichen
- tätigkeitsspezifische Abklärung der beruflichen Leistungsfähigkeit
- Schaffung der Voraussetzung für berufliche Wiedereingliederung
- Erkennen und Abwenden von Faktoren der erheblichen Gefährdung der Erwerbstätigkeit
- drohende Pflegebedürftigkeit oder Verschlechterung der Pflegebedürftigkeit durch komplexe multimodale Behandlung abzuwenden.

**Ambulante Behandlungsangebote** können Effekte stationärer Rehabilitation sichern und ausbauen, um eine größtmögliche Selbständigkeit im Alltag und eine bestmögliche Lebensqualität zu fördern. Sie orientieren sich an den Regelungen in den Heilmittelrichtlinien der GKV, Behandlungskonzepten der DGUV oder anderer Kostenträger und erfolgen anfangs größtenteils zwei- bis dreimal in der Woche, nach 4 bis 6 Monaten dann symptomorientiert im Intervall. Eigenübungsprogramme der Patient\*innen mit Brandverletzungen werden kontrolliert und angepasst.

*Frage: Wann und wie lange ist eine Rehabilitation nach einer Brandverletzung gerechtfertigt?*

<b>Empfehlung 159</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Nicht die Verbesserung einzelner spezifischer Fertigkeiten und Aktivitäten, sondern eine verbesserte Kompensationsfähigkeit soll den Rehabilitationsumfang und die Rehabilitationsdauer bestimmen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

So lange, wie sie in den aktuell wichtigen Lebensbereichen und Lebenssituationen der Patient\*innen mit Brandverletzungen zu einer besseren Teilhabefähigkeit beiträgt, ist eine Rehabilitation indiziert. Hieraus leiten sich zugleich die funktions- und teilhabeorientierten therapeutischen Zielsetzungen ab (Fries 2007).

*Frage: Welche Voraussetzungen muss ein Zentrum zur Rehabilitation nach Brandverletzung erfüllen?*

<b>Empfehlung 160</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Rehabilitation von Brandverletzten soll stationär und ambulant spezielle strukturelle, personelle und organisatorische Voraussetzungen erfüllen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Maßgeblich sind dabei die Empfehlungen der DGV e.V. (DGV 2007). Empfohlen wird hier, dass die Leitung bei einem Facharzt mit wenigstens zweijähriger Erfahrung in der rehabilitativen Behandlung und sozialmedizinischen Beurteilung von Patient\*innen mit Brandverletzungen liegt. Zusatzbezeichnungen wie „Physikalische Medizin“ sowie „Rehabilitationswesen“ oder „Sozialmedizin“ sind dabei notwendig. Kenntnisse in moderner Wundversorgung, Plastischer Chirurgie, Schmerztherapie sowie der orthopädiotechnischen Versorgung inklusive Schienenversorgung sind darüber hinaus sinnvoll. Zu einem multimodalen Behandlungskonzept gehören verschiedenste Berufsgruppen, wie z.B. Mediziner\*Innen verschiedener Fachgebiete, Physiotherapie, Ergotherapie, Logopädie, Psychologie, Soziale Arbeit, Ernährungsberatung oder Orthopädietechnik.

#### **Literatur:**

Bayley EW et al. Research Priorities for Burn Nursing-Rehabilitation, Discharge Planning and Follow-up Care. J Burn Care Rehabil 1992;4:471-76

Fries W. Reha-Philosophie: Konzepte und Strukturen für eine Teilhabe-orientierte ambulante wohnortnahe Rehabilitation. In: Teilhabe! Neue Konzepte der NeuroRehabilitation – für eine erfolgreiche Rückkehr in Alltag und Beruf, Fries W et al. (Hrsg), 2007. Stuttgart: Thieme S.10

Hegenröder H et al. Methicillin-resistente Staphylococcus aureus (MRSA) in der medizinischen Rehabilitation. 2012. Bundesgesundheitsbl 55:1453-1464.

Just HM, Reinhardt A. Sind die Regeln der KRINKO zum MRSA-Screening auf eine reine REHA-Klinik zur Anschlussheilbehandlung übertragbar? Consilium infectiorum. 2013;34:17-18.

Neubauer H, Stolle A, Ripper S, Klimitz F, Ziegenthaler H, Strupat M, Kneser U, Harhaus L. Evaluation of an Internationalen Classification of Functioning, Disability and Health-based rehabilitation for thermal burn injuries: a prospective non-randomized design. Trials, 2019, 1-9.

Schuntermann MF. Grundsatzpapier der Rentenversicherung zur Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Deutsche Rentenversicherung (DRV) 2003. S.52-59.

Weltgesundheitsorganisation (WHO). Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Sprache für Funktions-, Behinderungs- und Gesundheits-ICF. Genf: WHO; 2002. <https://www.who.int/classifications/icf/en/>. Abgerufen am 10. Oktober 2023.

Ziegenthaler H, Neumann U, Fritzsche U, Sühnel B, Brückner L. Der polytraumatisierten Brandverletzten - Die besondere Herausforderung in der Rehabilitation. Orthopäde 2005;34:906-916.

Ziegenthaler H, Kosel J, Räder M, Wind G, Krause-Wloch P, Leutloff HJ, Bruck JC, Zieschnik O. Empfehlungen zur Rehabilitation Brandverletzte - Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e. V. 2007; <https://verbrennungsmedizin.de/leitlinien-rehabilitation-brandverletzter>. Abgerufen am 20. Februar 2023.

Ziegenthaler H. Narbenbildung nach thermischen Verletzungen – Grundlagen und Behandlungskonzepte in Akut- und Rehabilitationsbehandlung. Orth Tech 2015;5: 52-58.

Ziegenthaler H. Rehabilitation Brandverletzten mit (trotz) multiresistenter Keimbesiedlung. WUNDmanagement 2018;12 – Suppl. WUKO 2018:58.

## 16 Therapie der Verbrennungsfolgen

### 16.1 Definition der Verbrennungsfolgen

Die Art des Verbrennungstraumas, Inhalationstrauma und Lokalisation der Verbrennung sowie Verbrennungstiefe haben einen großen Einfluss auf das Auftreten und die Art der

Verbrennungsfolgen. Thermische Verletzungen der Haut ab Grad 2a führen zu einer partiellen oder totalen dermalen Nekrose. Als Folge entstehen Narben in den betroffenen Körperoberflächen. Im Bereich der Spalthautentnahmestellen können sich unter bestimmten Bedingungen Narben entwickeln.

Grundsätzlich lässt sich zwischen zwei Langzeitschäden als Verbrennungsfolge der Haut unterscheiden. Zum einen die Narbenbildung (z. B. hypertrophe Narben, Narbenkeloide und Narbenkontrakturen) und zum anderen chronische Wundheilungsstörungen mit rezidivierenden Infektionen. Langfristig können sich hieraus Malignome entwickeln (z. B. das Marjolin-Ulkus)

In Folge einer Brandverletzung können auch langanhaltende psychische Symptome auftreten. Dabei zeigen sich in Prävalenz und Ausprägung individuell zu differenzierende Schwankungsbreiten.

In der Literatur werden Prävalenzzahlen einer posttraumatischen Belastungsstörung von 9 bis 45% nach einem Jahr und von 7 bis 25% mehr als zwei Jahre später berichtet (Giannonni-Pastor 2016). Die Prävalenz für eine Depression wird in der Literatur zwischen 4 und 10% nach einem Jahr angegeben. Klinisch relevante depressive Symptome werden mit einer Häufigkeit zwischen 13 und 34% nach einem Jahr und zwischen 22 bis 46% nach über einem Jahr festgestellt (Thombs 2006). Weiterhin werden in der Literatur auch das Auftreten von Alkohol- und Substanzmissbrauch, Phobien und anderen Angststörungen nach einer Brandverletzung berichtet (Ripper 2010, Wallis-Simon 2009).

## **16.2 Narbenqualität**

Narben nach thermischen Verletzungen weisen ein sehr vielfältiges klinisches Bild auf und beeinflussen die körperliche Funktion sowie das Wohlbefinden der Patient\*innen in unterschiedlicher Weise. Maßgeblich wird der Einfluss durch die Narbenqualität bestimmt.

Atrophe, auf Hautniveau befindliche Narben sind meist nicht mit funktionellen Störungen der Körperfunktion verbunden. Sie können jedoch mit Juckreiz und Spannungsgefühl einhergehen.

Vor allem bei sichtbaren Lokalisationen werden diese als funktionell-ästhetisch störend empfunden. Dies kann zu einer Beeinträchtigung der psychosozialen Funktionen führen (Dahl 2016, Van Loey 2003). Bei Verlust der Hautanhangsgebilde (Alopezien) sowie bei vollem oder

teilweisem Verlust der Ohr- und Nasenstruktur sind mitunter erhebliche Probleme in der Selbstwahrnehmung, dem Bodyempowerment und der interpersonellen Kommunikation wahrzunehmen.

Von den planen und atrophen Narben unterscheidet man die hypertrophen Narben und die Narbenkeloide. Hypertrophe Narben sind erhaben, wulstig, gerötet und derbe. Häufig jucken sie stark oder schmerzen.

Die Prävalenz der Ausbildung einer hypertrophen Narbe nach Verbrennung liegt zwischen 32 % und 72 % und höher (Bombaro 2003, Gangemi 2008, Lawrence 2012), bei Juckreiz initial bei über 90 % und als Spätfolge bei ca. 44 % (Carrougher 2013). Die Inzidenz für Narbenkontrakturen lag in Untersuchungen zwischen 2 % (Kraemer 1988) und 5 % (Gangemi 2008).

Risikofaktoren für die Entstehung pathologischer Narben (Lawrence 2012) sind:

- junges Alter (Butzelaar 2016),
- Verbrennungslokalisation im Bereich des Halses oder der oberen Extremität,
- multiple chirurgische Eingriffe und
- die Behandlung mit gemeshten Spalthauttransplantaten.

Zugrundeliegende pathophysiologische Ursachen für die Entstehung von hypertrophen Narben sind eine verlängerte Entzündungsphase während der Wundheilung, eine verzögerte Epithelialisierung der Wunden und eine eingeschränkte Gewebeneubildung nach akuter Verbrennung mit Persistenz von Myofibroblasten.

Im Gegensatz zu einer normalen Narbenbildung persistieren diese Myofibroblasten nach Abschluss der Wundheilung, produzieren kontinuierlich extrazelluläre Matrix und zeigen eine gesteigerte Kontraktilität, die letztendlich zu Narbenkontrakturen führt (Penn 2012, Varkey 2015, Tomasek 2002). Divergierende Angaben gibt es über den Einfluss des Geschlechts auf die Entwicklung hypertropher Narben. Gangemi und Kollegen (2008) wiesen eine Prädisposition des weiblichen Geschlechts für hypertrophe Narbenbildung nach, während andere Studien keinen Einfluss feststellen konnten (Butzelaar 2016, van der Wal 2012, Sood 2015). Weitere Risikofaktoren sind der genetische Hintergrund (Butzelaar 2016, Sood 2015), die Verbrennungstiefe und das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche (Van der Wal 2012) sowie die bakterielle Besiedelung der Wunden (Butzelaar 2016, Baker 2007).

*Frage: Welchen Einfluss haben Wundheilungsstörungen und bakterielle Infektionen auf die Entstehung hypertropher Narben?*

<b>Empfehlung 161</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Wundheilungsstörungen und bakterielle Infektionen, Durchblutungsstörungen und eine langdauernde inflammatorische Reaktion sollten vermieden und ggfs. behandelt werden, um einer verzögerten oder ausbleibenden Wundheilung mit Chronifizierung vorzubeugen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die Inzidenz von Weichteilgewebsinfektionen nach abgeschlossener akuter Wundheilung beträgt 1,6 % und ist nach initialem epifaszialen Debridement stark erhöht (17,1 %) (Mukhdomi 1996). Chronische Wundheilungsstörung mit sekundär maligner Entartung auf dem Boden von instabilen Narben werden Marjolin-Ulkus genannt und treten mit einer Inzidenz von 0,77 % bis 2 % nach Verbrennung auf (Fleming 1990). Die Latenzperiode nach Verbrennung ist invers proportional zum Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Verbrennung und kann mehrere Jahre betragen (Kowal-Vern 2005). In 71 % werden Spindelzellkarzinome, in 12 % Basaliome und in 5 % Sarkome nachgewiesen. Die Rezidivrate beträgt ca. 16 % und die Mortalität 21 %. Epidemiologische Studien zum Auftreten von Malignomen nach Verbrennungen sind bislang nicht verfügbar (Wallingford 2011).

Im Gegensatz zu hypertrophen Narben beschränken sich Narbenkeloide nicht auf die ursprüngliche Größe der Wunde, sondern wachsen wuchernd darüber hinaus. Hypertrophe Narben haben eine Tendenz zur spontanen Rückbildung, während Narbenkeloide progressiv wachsen und eine hohe Rezidivrate aufweisen.

Frage: Wie kann die Qualität von Narben beurteilt werden?

<b>Empfehlung 162</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es sollten standardisierte Instrumente zur Narbenbewertung angewandt werden. Dabei sollte sich sowohl eine Bewertung aus Expertenperspektive als auch das Empfinden Betroffener widerspiegeln.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zu den am häufigsten gebrauchten Instrumenten zur subjektiven Bewertung der Narbenqualität aus Behndlersicht zählt die Vancouver Scar Scale (Sullivan 1990). Ein geeignetes, zuverlässiges und vollständiges Instrument zur mehrdimensionalen Bewertung von Narben ist die Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS; Draaijers 2004). Neben diesen subjektiven Einschätzungen der Narbe existieren derzeit keine nichtinvasiven, objektivierbaren Messmethode zur Narbenqualität nach thermischer Verletzung (Lee 2016). Kein Instrument zur Beurteilung der Narbenqualität hat sich als zuverlässig, konsistent, praktikabel und gleichzeitig gültig erwiesen.

### 16.3 Spätfolgen an Organsystemen nach thermischer Verletzung

Abgesehen von den kutanen Folgen der Verbrennung können weitere Organsysteme Spätfolgen aufweisen. Die Aufzählung erfolgte ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Für Therapieoptionen wird auf Fachliteratur der jeweiligen Spezialgebiete verwiesen.

### 16.3.1 Muskuloskelettale Verbrennungsfolgen

*Frage: Welche Auswirkungen auf Muskulatur und Knochen sind zu erwarten?*

<b>Empfehlung 163</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Unter verschiedensten pathophysiologischen Voraussetzungen sind Veränderungen an Muskeln, Faszien, Sehnen und Knochen zu erwarten. Diesen sollte frühzeitig mit präventiven Maßnahmen entgegengewirkt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Längerdauernde Immobilisation oder Fehlbelastung durch Kontrakturen können zu Osteoporose führen. Bei verzögerter Exzision nekrotischen Gewebes können pathologische Frakturen auftreten. Narbenstränge können Muskel- und Gelenkkontrakturen zur Folge haben. Weiterhin sind Skoliose, Ankylosen, Wachstumsveränderungen und die Ausbildung von heterotopen Knochenkernen beschrieben. Bei tiefreichenden Infektionen kann es zu Osteomyelitiden angrenzender knöcherner Strukturen kommen (Evans 2012). Bei Minderperfusion, Infektion oder starker thermischer Schädigung des Weichteilmantels (z. B. bei Starkstromunfällen) können Amputationen auf unterschiedlichen Höhen notwendig sein (Piotrowski 2014). Diese Verbrennungsfolgen können tiefgreifende Einschränkungen in der Funktionalität und Beweglichkeit von Extremitäten und des Kopf-Hals-Bereiches haben (Warden 2012). Präventive Maßnahmen wie kontinuierliche Bewegungstherapie, Lagerungsschienen, Kompressionswäsche, Narbenmassage u.a. werden nachfolgend beschrieben (siehe Kapitel 15.5 ff.).

### 16.3.2 Sinnesorgane: Sehen, Hören

*Frage: Wie können Sinnesorgane bei thermischen Verletzungen betroffen sein?*

<b>Empfehlung 164</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Auf Grund der anatomischen Exposition und funktionellen Bedeutung soll den Sinnesorganen in der Behandlung nach thermischem Trauma eine besondere Beachtung zukommen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Vor allem nach Stromunfällen kommt es als Spätfolge zu Katarakten oder Schädigung des Innenohrs mit Hörstörungen (Warden 2012). Weitere Beeinträchtigungen resultieren aus Korneaverletzungen oder Verbrennung der Augenlider mit nachfolgenden Einschränkungen des Lidschlusses, Tränenträufeln, Ektropion, rezidivierenden Infektionen, Keratitis sicca, Einschränkungen der Sehfähigkeit bis hin zur Erblindung, z. B. nach chemischen Augenverletzungen.

### 16.3.3 Neurologische Spätfolgen, Tast-, Temperatur- und Vibrationswahrnehmung

Bei tiefgradigen Verbrennungen und epifaszialer Nekrosectomie werden nicht nur Hautanhangsstrukturen, sondern auch sensible Nerven, Tastkörperchen und subkutanes Fettgewebe geschädigt oder entfernt.

Dys-, Par- und Anästhesien, neuropathische Schmerzen, verringerte Vibrationswahrnehmung, herabgesetzte 2 Punkte- oder Spitz-Stumpf-Diskrimination sowie eine alterierte Temperaturwahrnehmung können Folgen sein (Falder 2009). Durch Verlust der Hautanhangsgebilde ist die Schweiß- und Talgsekretion eingeschränkt, mit nachfolgenden Problemen der Thermoregulation und Rückfettung der Haut. Neurologische Spätfolgen können mit einer Latenz von bis zu 2 Jahren nach Verbrennungstrauma auftreten, vor allem nach Stromunfällen besteht eine besondere Prädisposition für Schlaganfälle (Warden 2012). Neuropsychiatrische Spätfolgen treten in ca. 13 % auf, vor allem nach elektrischen Unfällen mit Kopfbeteiligung (McKibben 2009).

### 16.3.4 Respiratorisches und kardiovaskuläres System

*Frage: Was sind mögliche Folgen am kardiovaskulären System?*

<b>Empfehlung 165</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Folgende pathologische Zustände sollten bei der Behandlung von Verbrennungsfolgen antizipiert werden: pulmonale Insuffizienz nach Inhalationstrauma oder lang andauernder Beatmung sowie kardiologische Erkrankungen mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

### 16.3.5 Vaskuläres und lymphatisches System

Tiefer gehende Verbrennungen und epifasziale Nekrektomien beeinträchtigen die Lymphbahnen, sodass es zu anhaltenden Lymphabflussstörungen und Lymphödemen kommen kann. Langzeitfolgen können rezidivierend auftretende neuroderme Exantheme, eine Stauungsdermatitis oder chronische Ulzera sein.

*Frage: Wie können thermische Verletzungen das Lymphsystem beeinflussen?*

<b>Empfehlung 166</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine dauernde und langfristige Kompressionstherapie soll vorbeugend und therapeutisch bei anhaltenden Lymphabflussstörungen bzw. Lymphödemen erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

### 16.3.6 Urogenitale Spätfolgen

Tiefgradige Verbrennungen am Perineum, Genitale und Gesäß können zu Narbenkontrakturen oder zum Teil- bzw. Totalverlust des Genitales führen. Dies kann

Miktions- und Defäkationsprobleme bedingen und die Sexualfunktion beeinträchtigen. Starke Vernarbungen im Urogenitalbereich können zudem Schmerzen und Beschwerden beim Sitzen als auch beim Toilettengang verursachen sowie Folgen für Sexualität und Partnerschaft haben. Dadurch kann die Krankheitsverarbeitung in sehr individueller Weise beeinflusst werden.

#### 16.4 Psychische und psychosoziale Spätfolgen

*Frage: Sind nach thermischer Verletzung psychische und psychosoziale Folgen zu erwarten?*

<b>Empfehlung 167</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Psychische Langzeitfolgen können nach schweren Brandverletzungen auftreten und sollen sowohl im Rahmen der Akutbehandlung als auch in der gesamten Rehabilitationsphase adressiert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Für eine zeitnahe differenzierte Klärung der Pathogenese sowie indikationsgerechte therapeutische Intervention, ist die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit von Psychotherapeuten, Psychiatern, Schmerztherapeuten und Fachärzten, einschließlich der Strukturanalytik erforderlich (s. Kapitel 12). Die psychosoziale Reintegration nach Abschluss der Akutversorgung und multiprofessionellen Rehabilitation, bis hin zur beruflichen Eingliederung erfordert ein konzertiertes Vorgehen sowie Erfassung der individuellen Teilhabeziele der Patient\*innen, ggfs. unter Einbeziehung von und Mitbetreuung der Angehörigen.

#### 16.5 Narbentherapie

Multimodale Maßnahmen fördern die Qualität der Narben und sind in einem individuell unterschiedlichen Ausmaß meist dauerhaft erforderlich. Diese Maßnahmen basieren zumeist auf Expertise und Erfahrung in der Narbenbehandlung bei einem Mangel an adäquaten wissenschaftlichen Studien mit einer soliden Anzahl an Teilnehmenden, vergleichbarer Methodik bzw. Vergleich zur Nichtexposition. Empfehlungen aus der aktualisierten S2k-

Leitlinie zur Therapie pathologischer Narben (hypertrophe Narben und Keloide) sollen berücksichtigt werden (Nast 2020).

*Frage: Wie sollten Narben gereinigt und gepflegt werden?*

<b>Empfehlung 168</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Reinigung von Narben sollte mit Wasser und einer milden, ph-neutralen Seife erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zur Pflege werden in den ersten 4 bis 6 Wochen fettende Externa (Salben) und im Verlauf eher feuchtigkeitsspendende Externa (Creme oder Lotion) verwendet. Je nach Trockenheit, und Lokalisation der Haut ist dies einmal oder mehrfach täglich durch eine erhöhte transepidermale Wasserverlustrate im Vergleich zur gesunden Haut (Monstrey 2014, Suetake 1996) erforderlich. In den Externas sollten keine bzw. wenig Duftstoffe, Konservierungsmittel, Stabilisatoren enthalten sein. Für keines dieser Produkte ist eine evidenzbasierte Präferenz belegt.

*Frage: Ist ein UV-Schutz für Verbrennungsnarben und Spalthautentnahmestellen erforderlich?*

<b>Empfehlung 169</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Narben sollen vor UV-Strahlung besonders in den ersten 18 Monaten durch Vermeidung der Exposition, durch Abdeckung und durch Pflegeprodukte mit einem LSF 50+ geschützt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Aus klinischer Erfahrung gelten diese Empfehlungen:

- bei oberflächlichen thermischen Verletzungen (Grad 1 bis 2a) 6 bis 12 Wochen
- an Hautentnahmestellen 3 bis 6 Monate

- bei tiefergradigen Verletzungen der Haut (ab Grad 2b) bis 18 Monate.

Zur Abdeckung eignen sich textile Stoffe, die von UV-Strahlung nicht durchdrungen werden können. Eine Kopfbedeckung (Hut oder Kappe) schützt Narben am Kopf. Solitäre Narben an UV-exponierten Stellen können auch mit hautverträglichen Pflastern abgedeckt werden.

*Frage: Bietet konventionelle Kompressionsbekleidung einen ausreichenden UV-Schutz?*

<b>Empfehlung 170</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Konventionelle Kompressionsbekleidung allein bietet keinen ausreichenden UV-Schutz und sollte daher mit anderen UV-Schutzmaßnahmen kombiniert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach Angaben verschiedener deutscher Hersteller bietet Kompressionskleidung je nach Dehnungsgrad einen Schutz vor UV-Strahlung entsprechend einem LSF zwischen 30+ und 50+. Die gleichzeitige Nutzung von Sonnenschutzprodukten unter der Kompressionskleidung wird nicht empfohlen bei fehlenden Aussagen über die Materialkompatibilität. Vielmehr soll durch Vermeidung der UV-Einwirkung und zusätzlich abdeckenden Textilien ein ausreichender Schutz hergestellt werden.

### 16.5.1 Narbenmassage

*Frage: Welche Bedeutung ist der Narbenmassage zuzuschreiben?*

<b>Empfehlung 171</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
Narbenmassagen sollen als wesentliches Element der Rehabilitation in der Phase der Narbenreifung (Maturation) nach thermischen Verletzungen durchgeführt werden.	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Narbenmassagen können manuell, mit Hilfsmitteln oder mit Unterdruck und maschineller Unterstützung erfolgen. Dies lockert und entlastet die Narben sowie das umgebende Weichteilgewebe (Ziegenthaler 2005). Mit Narbenmassage kann bei ausreichender Wundheilung bereits ab dem 14. postoperativen Tag (Gadomski 1993) begonnen werden. In der Literatur werden für die stationäre Rehabilitation arbeitstägliche und im ambulanten Setting bis zum Abschluss der Narbenreifung zwei- bis viermal wöchentliche Narbenmassagen empfohlen (Ziegenthaler 2005). Grundsätzlich wird die Narbenmassage an den Reifegrad der Narbe angepasst (Meaume 2014, Middelkoop 2011).

Manuelle und mechanische Massagen zeigen in der Behandlung von Narben nach thermischem Trauma in unterschiedlicher Ausprägung klinisch und subjektiv positive Effekte, jedoch nur mit niedrigem Evidenzgrad. Für kein Verfahren wurde bisher evidenzbasiert ein Effekt reproduzierbar belegt.

Vorliegende Daten (Arno 2014, Meaume 2014, Kerckhove 2003) belegen, dass Narbenmassage Juckreiz lindern, Schmerz reduzieren und eine Verbesserung der Hautelastizität bewirken können. Positive Effekte der Narbenmassage sind auf die Lockerung von fibrotischen Narbengewebe mit Reduktion der mechanischen Störungen sowie die konsekutive Verbesserung des Bewegungsausmaßes (Patineo 1999) zurückzuführen. Pathophysiologisch besteht der Effekt der Narbenmassage auf einer Druck- und Zugwirkung auf narbig verändertes Bindegewebe. Diese wird unterschiedlich - manuell, über Narbentools, durch einen Wasserstrahl mit hohem Druck oder die Ultraschallbehandlung erzeugt. Einen besonders guten Erfolg zeigte an einigen Zentren die Unterdruckvakuummassage (Suna 2005). Zudem können zur Massage verwendete Koppelmedien (Cremes, Gele oder Öle) den Feuchtigkeitsgehalt in der Narbe erhöhen. Narbenmassagen können angstreduzierend wirken und das psychische Befinden verbessern (Roques 2002, Field 2000).

### 16.5.2 Textile Kompression

*Frage: Wie ist die textile Kompression in der Behandlung hypertropher Narben zu bewerten?*

<b>Empfehlung 172</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Kompressionsbekleidung soll als „First-line-Prävention“ bei autologem Hautersatz nach thermischen Verletzungen therapeutisch eingesetzt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Während in kontrollierten tierexperimentellen Studien ein positiver Effekt der Kompressionsbekleidung auf die Narbenentwicklung nachgewiesen wurde (DeBruler 2020), existieren nur wenige randomisiert kontrollierte Studien am Menschen. In diesen konnte letztendlich kein belegbarer Effekt nachgewiesen werden (Esselman 2006).

Bei der Beurteilung der Studienlage muss auf methodische Schwierigkeiten, wie fehlende Daten über die tatsächliche Tragedauer in der Gruppe mit Kompressionswäsche (Chang 1995) und zusätzliche Faktoren, wie die Materialermüdung, hingewiesen werden. Die Subjektivität der Narbenbeurteilung z.B. anhand von Skalen wie der Vancouver Scar Scale schränken die Aussagekraft der Studien in erheblichem Maße ein (Esselman 2006).

Kompressionstherapie hat die Förderung der Narbenreifung und damit eine funktionelle und ästhetische Verbesserung der Narben nach thermische Verletzungen zum Ziel und soll essentieller Bestandteil einer konservativen Narbentherapie sein, um der Entwicklung einer hypertrophen Narbe entgegenzuwirken und deren Progression zu vermeiden. Ein schneller und effizienter Rückgang der Narbe auf das physiologische Hautniveau soll erreicht und damit auch die (Gelenk-)Beweglichkeit erhalten bzw. verbessert werden. Die Reduktion der Narbenhöhe als evidenter Vorteil einer Kompressionsbehandlung wurde in einer Metaanalyse anhand von sechs Studien beschrieben (Anzarut 2009).

Frage: Wann soll Kompressionsbehandlung starten?

<b>Empfehlung 173</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Textile Kompressionsbehandlung sollte in Abhängigkeit von der Verbrennungstiefe frühestmöglich nach dem Einheilen der Transplantate bzw. dem Wundschluss beginnen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach klinischer Erfahrung stellen kleinere Epitheldefekte, in geeigneter Weise abgedeckt, keine Kontraindikation für die textile Kompressionstherapie dar. Anziehhilfen erleichtern die Applikation der Kompressionskleidung über den medizinischen Schutzverbänden. Auftretende Spannungsblasen stellen keinen Grund dar, die Behandlung zu beenden. Die Tragedauer am Tag wird angepasst und schrittweise gesteigert.

Frage: Aus welchen Materialien sind textile Kompressionsbandagen?

<b>Empfehlung 174</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Kompressionsbandagen aus zweizugelastischen flachgestrickten, flachgewirkten oder flachgewebten Materialien sollen maßgefertigt werden und passgerecht sein.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

An anatomisch komplexen Arealen und/oder konkaven Bereichen ist der Druck durch Ausgleichspelotten und/oder Sonderkonstruktionen sicherzustellen (Meyer 2012). Diese sind aus nicht komprimierbaren Materialien (zum Beispiel Silikon) zu fertigen, so dass Bewegung gewährleistet wird ohne Druckverlust hinzunehmen. Bei sachgemäßer Anwendung sind Unverträglichkeitsreaktionen auf diese Materialien selten.

Frage: Welcher Kompressionsdruck soll auf der Hautfläche erreicht werden?

<b>Empfehlung 175</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine Einteilung nach Kompressionsklassen sollte in der Narbentherapie keine Anwendung finden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Der für eine effektive Narbenbehandlung erforderliche Druck wurde bisher wissenschaftlich nicht exakt ermittelt. Bei einem statischen Druck von mindestens 20 mmHg konnte ein beschleunigter Narbenumbau belegt werden. Bei niedrigerem Druck (10–15 mmHg) zeigte sich ein geringerer Effekt auf die Narbe bei zugleich geringerem Druckverlust über die Nutzungsdauer (Candy 2010). Es besteht ein Zusammenhang zwischen Erythem und Narbendicke. In der Literatur wird daher empfohlen, dass der erzeugte Druck den Kapillardruck übersteigen und somit 20 bis 25 mm Hg betragen sollte (Kerckhove 2005, Macintyre 2006).

Frage: Was beinhaltet eine Kompressionsversorgung?

<b>Empfehlung 176</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Aus hygienischen Gründen sollen zwei Garnituren passgerechter Kompressionsbandagen als Grundversorgung zur Verfügung gestellt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nur mit einer Wechsellmöglichkeit ist eine ununterbrochene Kompressionstherapie zu gewährleisten. Eine Neuanpassung erfolgt nach Maßveränderungen (z.B. Wachstum, Volumenveränderung nach Abschwellung oder Verschleiß), spätestens aber nach 6 Monaten. Es handelt sich um Verordnungen nach Hilfsmittelverzeichnis aus der Produktgruppe 17.

Frage: Wie lang sollte Kompressionsversorgung genutzt werden?

<b>Empfehlung 177</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Zur Narbenprävention bzw. Therapie hypertropher Narben soll die Kompressionskleidung bis zum Abschluss der Narbenreifung konsequent getragen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Kompressionskleidung soll 23 Stunden/Tag an 7 Tagen pro Woche getragen und dies nur zur Narbentherapie und Körperhygiene unterbrochen werden (s. Empfehlung 177). Je nach Fortschreiten der Narbenreifung ist eine Tragedauer in Zeiträumen zwischen 6 bis 8 und bis zu 24 Monaten empfohlen (Ziegler 2004, Anzarut 2009, Sharp 2015, Anthonissen 2016).

Die Kompressionstherapie endet mit der Ausreifung der Narbe (Spilker 2002, Malick 1982). Für die Behandlungsdauer fehlt jegliche Evidenz. Es handelt sich um eine Behandlungsoption auf Expertenrat. Nach dem Ausreifen der Narbe hat die Kompressionstherapie keine medizinische Bedeutung mehr.

Frage: Welche Anforderungen sind an die Kompressionsbandagen zu stellen?

<b>Empfehlung 178</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Kompressionsbandagen sollten folgende Anforderungen erfüllen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gut hautverträglich</li> <li>• strapazierfähig</li> <li>• atmungsaktiv</li> <li>• elastisch</li> <li>• pflegeleicht</li> <li>• gleichförmige Kompression mit möglichst geringer funktioneller Behinderung (möglichst nahtlos auch an den Öffnungsarealen)</li> <li>• exakte Abbildung des Hautprofils ohne einschneidende Faltenbildung</li> </ul>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Frage: Wie häufig soll eine Passformkontrolle zur Therapieeffektkontrolle erfolgen?

<b>Empfehlung 179</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Eine Passform- und Therapieeffektkontrolle soll wenige Tage nach der Erstversorgung und danach in regelmäßigen Abständen von 6 bis 12 Wochen erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Zur Prüfung des erreichten Kompressionsdruckes und der Wirksamkeit der Kompression hat sich klinisch die Kontrolle mit einem Unterverbanddruckmessgerät bewährt (Ziegenthaler 2005). Beim Nachlassen des Kompressionsdruckes hat eine Änderung oder Neuanpassung zu erfolgen. Die Anpassung erfolgt durch qualifiziertes Fachpersonal (z.B. präqualifizierte Orthopädietechniker\*innen und vergleichbaren Fachberufen mit Präqualifikation). Neben der

Beratung, Maßnahme, erste Anprobe, Anleitung und Kontrolle, ggf. Anpassung fällt die erforderliche Dokumentation nach dem Medizinproduktegesetz (MPG) in deren Aufgabenbereich.

### 16.5.3 Silikonbehandlung

*Frage: Wann sollte die Kompressionstherapie der Narben ergänzt bzw. kombiniert werden?*

<b>Empfehlung 180</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Kompressionsbehandlung sollte an funktionell bedeutsamen Körperregionen (z.B. mentosternal) sowie Körperregionen, die einen Druckaufbau auf Grund anatomischer Verhältnisse nicht zulassen mit Silikonprodukten kombiniert bzw. ergänzt werden, wenn die Hautoberfläche geschlossen ist.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Im Gesicht und am Hals, bei nebeneinanderliegenden konkav und konvex geformten Strukturen oder durch regionale Drucksensibilität (z. B. am Kehlkopf) ist mit textilen Kompressionsbandagen kein effektiver Kompressionsdruck erreichbar. Hier sind thermoplastisch tiefgezogene dreidimensionale Hilfsmittel (Gesichtsmasken/Kragen) mit maßgefertigtem Silikon-Inlay geeignet (Meyer 2012, Ziegenthaler 2015). Fulton (1995), van der Kerckhove (2001) und Ziegler (2004) belegen eine klinisch relevante Verbesserung der Narbenqualität in Rötung, Flexibilität und Hypertrophien bei der Kombination von Silikon mit textiler Kompression. Anthonissen (2016) zeigte, dass die Kombinationsbehandlung nach zwei bis vier Monaten zu einer signifikanten Schmerzreduktion und Verbesserung der Dehnbarkeit der Narben führte.

Zur Anwendung kommen Silikone in verschiedenen oberflächlich anzuwendenden Darreichungen (Tabelle 5) oder als Druckpelotten aus Silikon direkt unter der Kompressionsbandage.

**Tabelle 5**

Übersicht zur oberflächlichen Anwendung von Silikon unterschiedlicher Darreichungsformen, mit Beschreibung der Materialeigenschaften und Anwendungshinweisen.

<i>Silikonart</i>	<i>Silikongel</i>	<i>Silikon-Sheets</i>	<i>Silikonpelotten</i>	<i>Silikonsonderkonstruktionen (Gesichtsmasken, Halskragen)</i>
<i>Verfügbarkeit</i>	konfektioniert	konfektioniert	maßgefertigt	maßgefertigt
<i>Nutzungsdauer pro Tag (Stunden)</i>	8 bis 12, zweimal tgl. applizieren	(8)12 bis 18(20)	10 bis 20	10 bis 20
<i>Nutzungsdauer gesamt (Monate)</i>	3 bis 12	3 bis 12	3 bis 12	3 bis 12
<i>Nutzungs- bereich</i>	besonders kleiner Narben, an sichtbaren Arealen (Gesicht, Dekolleté), nutzbar über Gelenken und interdigital	flächige Narben, über Gelenken nur bedingt nutzbar, bedingt geeignet an sichtbaren Bereichen	zur Druckumverteilung u.a. bei unebenen Narben mit Abtiefung > 5 mm (Handteller, Sternum, zwischen Schulterblättern), selektiv an Zehen o. Fingern, bedingt über Gelenken, in Kombination mit textiler Kompression zur Fixierung	eigenständige Narbenversorgung, an Stellen, an denen textile Kompression keinen ausreichenden Druck aufbaut, Kombination der Wirkung von Druck und Silikon, eigene Fixierung
<i>Reinigung</i>	löst sich bei Körperhygiene	täglich; Wasser und milde Seife	täglich; Wasser und milde Seife; HTV-Silikone mit Wasser bis 140°C	täglich; Wasser und milde Seife; HTV-Silikone mit Wasser bis 140°C

## 16.6 Physiotherapie / Sporttherapie

Physiotherapeutische Übungsbehandlung ist universeller Bestandteil während der gesamten Rehabilitation von Patient\*innen mit Brandverletzung, um Bewegungsabläufe zu sichern, Muskelkraft wieder auf zu bauen und zu erhalten, Ausdauer, Kondition und Koordination auszubauen, um dadurch letztendlich die Teilhabe in allen Bereichen des persönlichen Umfelds wieder zu verbessern (Jarrett 2008, Richard 2009).

*Frage: In welchen Belastungsstufen und mit welchen Methoden agiert die Physiotherapie?*

<b>Empfehlung 181</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Physiotherapie soll in allen Belastungsstufen eingesetzt werden und entwickelt sich vom zunächst passiven Mobilisieren in der frühen Behandlungsphase zu zunehmend aktiver Bewegungsübungen in der späteren akuten Phase bis zu einem von Eigenaktivität geprägten Ausdauer- und speziellen Krafttraining in der Rehabilitation.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Diese Steigerungsstufen beinhalten verschiedene Formen der Physiotherapie (Chapman 2007, Esselman 2006) und umfassen spezielle Bewegungs- und Dehnungsübungen, die gezielt einer Narbenbildung und der Ausbildung von Gelenkkontrakturen entgegenwirken sollen. Physiotherapie kann sowohl Kraft und Bewegungsausmaß steigern, narbenbedingte Bewegungseinschränkungen verhindern und reduzieren, als auch grundsätzlich das funktionelle Ergebnis verbessern (Karimi 2013, Rrecaj 2015).

*Frage: Was charakterisiert Einzel- und Gruppentherapie in der Physiotherapie bei Patient\*innen mit Verbrennungen? Unter welchen Zielsetzungen?*

<b>Empfehlung 182</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>In der physiotherapeutischen Behandlung soll die befundbezogene Auswahl geeigneter Behandlungstechniken unter Berücksichtigung der phasengerechten Zielsetzungen erfolgen und zugleich die Erwartungen der Patient*innen berücksichtigen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Techniken klassischer Physiotherapie und Manueller Medizin fördern die Gelenkmobilisation und -stabilisierung sowie die Haltungskorrektur/-schulung. Behandlungen auf neurophysiologischer Grundlage triggern propriozeptive Afferenzen und bahnen alltagsrelevante Funktionen. Anfangs wird an den primären Körperfunktionen und der Körperwahrnehmung gearbeitet.. Im Verlauf fokussiert sich die Physiotherapie auf die Verbesserung statischer und dynamischer Stabilität sowie die Koordinationsverbesserung. Dehnung von Weichteilstrukturen, Löschung von Triggerpunkten und Bewegungsanbahnung unter Schonung der Gelenkachsen und Belastbarkeit stabilisierender Strukturen dienen der Schmerzlinderung. Spätere gezielte Arbeit an medico-mechanischen Geräten, Laufband- oder Ergometer-Training, Kletterwand- sowie Terraintraining, Walking oder Aquajogging und verschiedene Arten des Koordinationstrainings können die funktionelle Kapazität bezogen auf Bewegungsausmaß, koordinativer Fähigkeiten sowie von Kraft und Ausdauer verbessern.

Von Bewegungstherapie im aseptischen Einzelbewegungsbad kann die Person mit großflächigen Narben mit geschlossenem Epithel zusätzlich profitieren. Bei Akzeptanz von Wassertherapie kann zugleich die Scheu, sich öffentlich mit verändertem Äußeren zu zeigen, abgebaut werden (Ziegenthaler 2005).

*Frage: Welche Behandlungsschwerpunkte sollen in der physiotherapeutischen Behandlung Berücksichtigung finden?*

<b>Empfehlung 183</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<p><b>Unter motorisch-funktionellen Gesichtspunkten soll phasengerecht und befundorientiert die physiotherapeutische Behandlung unter den folgenden Behandlungsschwerpunkten geplant und durchgeführt werden:</b></p> <p><b>Frühmobilisation, Atemtherapie, Kontrakturbehandlung, Bewegungstherapie und Physikalische Narbenbehandlung.</b></p>	
<p>Konsensstärke: starker Konsens (100%)</p>	

**Frühmobilisation:** Die konkreten Ziele der Mobilisation bestehen im Erhalt der Skelett- und Atemmuskelfunktion und deren Verbesserung, der Steigerung der hämodynamischen Reagibilität, der Verbesserung der zentralen und peripheren Perfusion und des Muskelstoffwechsels, Förderung der Wahrnehmung und Reaktionsfähigkeit und des psychischen Wohlbefindens, der Reduktion von Inzidenz und Dauer des Delirs, der Reduktion von lagerungsbedingten Hautulzerationen (DGAI 2015).

**Atemtherapie:** In der Akutphase sind Maßnahmen, die einer respiratorischen Insuffizienz entgegenwirken, fester Bestandteil der physiotherapeutischen Behandlungsstrategien. Atemtherapeutische Aspekte kommen in der weiteren physiotherapeutischen Behandlung symptomorientiert und indikationsbezogen zum Einsatz.

**Kontrakturbehandlung:** Besonderes Augenmerk gilt den gefährdeten Regionen mentosternal, axillär, an Ellen- und Kniebeuge, Sprunggelenk (Spitzfußprophylaxe) und den Händen. Gezielte Bewegungsübungen finden anfangs täglich unter permanenter Kontrolle des Therapeuten statt (Ziegenthaler 2005). Im Verlauf der Rehabilitationsphase werden diese Therapieinhalte zunehmend assistiert und eigenständig durchgeführt. Grundvoraussetzung hierfür ist eine ausreichende Einweisung der Patientin\*innen und Kontrolle der Übungsausführung.

In therapiefreien Intervallen eignen sich Schienen sowohl zur Lagerung in Dehnstellung bzw. zum Quengeln, als auch zur passiven Bewegung von Gelenken (CPM-continue passiv motion) (Gadomski 1993, Serghiou 2003).

**Bewegungstherapie:** Ziel der physiotherapeutische Übungsbehandlung ist es, die Gelenkmobilität und -stabilisierung zu fördern, Weichteilstrukturen zu dehnen und über die Triggerung propriozeptiver Afferenzen alltagsrelevante Funktionen und Haltung anzubahnen. Im Verlauf sind zunehmend die dynamische Stabilität sowie die Verbesserung von Kondition und Ausdauer das Ziel. Hierzu kommen aktiv ausgerichtete Gruppenangebote sowie das Training an medico-mechanischen Geräten (Filipovic 2014).

**Physikalische Narbenbehandlung:** Neben aktiven Bewegungsübungen können das passive Bewegen sowie das Dehnen und Stretchen von Narbenzüge und kontrakter Strukturen bedeutsam sein (Van den Berg 2022), um funktionelle Einschränkungen zu minimiert und dabei alltagsrelevante Kompensationsmechanismen zu erlernen.

Funktionell limitierende verringerte mechanische Belastbarkeit der Narben sind ebenso wie auch Hypo- oder Hypersensibilität zu respektieren. Bei der physikalischen Behandlung von Narben finden im Rahmen der Physiotherapie neben Narbenmassage auch hydrotherapeutische Verfahren und Methoden der Entstauungstherapie (Manuelle Lymphdrainage allein oder in Kombination mit einem Lymphomaten) Anwendung.

*Frage: Kann die Stretching-Therapie eine Narbe in deren funktionellen Qualität verändern?*

<b>Empfehlung 184</b>	<b>Stand 2024,  NEU</b>
<b>Eine Stretching-Therapie von Verbrennungsnarben kann erwogen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Eine Stretching-Therapie durch einen erfahrenen Therapeuten kann die Dehnfähigkeit der bindegewebigen Strukturen und dadurch das Gesamtbewegungsausmaß an Gelenken verbessern (Godleski 2013).

Hypertrophe und normotrophe Narben sowie Keloide unterscheiden sich in klinischen und histopathologischen Merkmalen. Daraus resultiert eine differenzierte Betrachtung im Behandlungsansatz (Verhaegen 2009). Ausbildungsstand und Erfahrung beim Anwendenden scheinen den Effekt des Stretchings auf die Narben positiv zu beeinflussen (Agha 2012, Godleski 2013). Grundsätzlich sind weitere multizentrische, evidenzbasierte Studien zu

fordern, bevor eine abschließende Empfehlung zum Stretchen von Narben gegeben werden kann.

*Frage: Wie ist das Taping in der Narbentherapie zu bewerten?*

<b>Empfehlung 185</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Narben-Taping kann erwogen werden, um bei stabilen Narbenverhältnissen die Spannung in der Narbe zu reduzieren und so hypertropher Narbenbildung entgegenzuwirken.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Voraussetzung für die Anwendung sind stabile Hautareale und die ausreichende Fixierung der Materialien auf den narbigen Oberflächen.

Mikroporöse hypoallergene Papierbandstreifen mit einem geeigneten Klebstoff werden zum Taping verwandt. Die Anwendung dieser Tapes bei frischen chirurgischen Narben kann, insbesondere an den Narbenkanten, zur Reduktion der mechanischen Spannung führen. Eine Vorbeugung der hypertrophen Narbenbildung kann daraus abgeleitet werden (Atkinson 2005). Ein Effekt ist bei Anwendung zwei bis zu zwölf Wochen nach einem operativen Eingriff zu erwarten.

Tapes aus elastischem Baumwollband mit einer Acryl-Klebeschicht bieten sich bei Narben in Bereichen mit viel Bewegung oder auf komplexen Flächen (z. B. über Gelenken) an (Juckett 2009). Sie unterstützen und stabilisieren Lymph-, Gefäß- sowie Bindegewebsfunktion (Kenzo 2003) ohne Bewegung zu hemmen. Nach Expertenmeinung sollen sie als Gittervarianten (Cross Link) Triggerpunkte lösen und Schmerzen lindern können. Wie beim Stretchen der Narben sind auch beim Taping weitere multizentrische, evidenzbasierte Studien zu fordern, bevor eine abschließende Empfehlung zum Taping von Narben gegeben werden kann.

## 16.7 Ergotherapie

*Frage: Was sind die Zielsetzungen und die Methoden der Ergotherapie?*

<b>Empfehlung 186</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>In der Ergotherapie sollte die Wiedererlangung der Handlungsfähigkeit in allen Bereichen des Lebens im Vordergrund stehen. Es sollten sowohl übende, beratende als auch adaptive Maßnahmen zum Einsatz kommen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Die ergotherapeutische Behandlung von Erwachsenen mit thermischen Verletzungen wird frühestmöglich und angepasst an die Situation und Belastbarkeit der Patient\*innen begonnen (Holavanahalli 2011, Aghajanzade 2019, Kara 2023).

Am Beginn jeder Therapie stehen die ergotherapeutische Diagnostik und die (gemeinsame) Zielsetzung. Funktionelle Behandlungseinheiten in der Ergotherapie verbessern die Koordination, vergrößern das Bewegungsausmaß und die Handfunktion (Kerkhove 2003). Insbesondere eine Kombination aus alltagsnahen und funktionellen Aufgaben in der Handtherapie führt zu besseren Ergebnissen, als eine rein funktionelle Therapie (Kerkhove 2003, Grewohl 2008). Ergotherapie kann nach jeder medizinischen Intervention immer wieder notwendig werden, um die Funktionsfähigkeit und Teilhabe im individuellen Alltag zu unterstützen.

### 16.7.1 Sensorisch-perzeptive und motorisch-funktionelle Aspekte der Ergotherapie

*Frage: Ab wann sollte die Ergotherapie zum Einsatz kommen?*

<b>Empfehlung 187</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
Bereits in der Phase der Intensivversorgung sollte die Ergotherapie frühzeitig eingesetzt werden.	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Bereits in der Phase der Intensivbehandlung unterstützt die Ergotherapie in Zusammenarbeit mit Pflegenden und Physiotherapie mit passiver Mobilisation aller Gelenke, auch der betroffenen Areale, damit diese möglichst altersgerecht beweglich bleiben. Hierbei werden basale, sensorische oder akustische/olfaktorische Stimulation, seltener visuelle Reize, zur Schmerzreduktion eingesetzt. Sie dienen durch das Setzen positiver sensorischer Reize dem Wohlbefinden des Patienten und der Stressreduktion. Mit Reduzierung der Sedierung sind auch Maßnahmen zur zeitlichen und örtlichen Orientierung notwendig.

*Frage: Wie erfolgt die Ergotherapie in der Akut- und Rehabilitationsphase?*

<b>Empfehlung 188</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Ergotherapie sollte passive Elemente der Therapie mit Anbahnung von grundlegenden Alltagsaktivitäten koppeln und deren Intensität schrittweise steigern.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

In der Akutphase nach der Extubation übernimmt die Ergotherapie zusätzlich zu den bisherigen Maßnahmen die Anleitung zu möglichst eigenständigen Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), wie das Waschen des Gesichts z.B. nach dem Konzept von Affolter (Bonfils 1996, Schaub 2020). Neben dem Erreichen von mehr Selbstständigkeit können so Kontrakturen verhindert werden. Die bewusste Zuwendung zur Verletzung und das Erleben von Selbstwirksamkeit ist ein Beitrag zur psychischen Stabilisierung sowie zur aktiven Beteiligung des Patienten an seiner Genesung. Die frühe Aktivierung der ADL kann sich zugleich positiv auf Krankheitsverarbeitung und emotionale Stabilität auswirken.

Mit steigender körperlicher Belastbarkeit der Patient\*innen und mehr mechanischer Stabilität der von Verbrennungen betroffenen Areale, ist funktionelle Therapie (Desensibilisierung, Dehnen/Aufdehnen von Narbensträngen und Gelenkkontrakturen, Narbenmassage, Schmerzmanagement) zur grundsätzlichen Steigerung von Beweglichkeit, Kraft und Koordination angezeigt. Hierzu gehören auch das Stretchen und das Taping von Narben (siehe Kapitel 15.6).

Das Sensibilitätstraining dient der Verbesserung bzw. Wiederherstellung des normalen

Handeinsatzes und des Berührungsempfindens. Ergänzend gehören die Anleitung im Umgang mit der Kompressionskleidung und ggf. der Silikonbehandlung dazu. Im weiteren Verlauf rücken Aktivitäten aus dem Bereich der Selbstversorgung, der Haushaltsführung und der beruflichen und sozialen Teilhabe stärker in den Fokus. Ziel ist, über edukative und adaptive Maßnahmen die Selbständigkeit in diesen Bereichen wiederherzustellen.

*Frage: Was passiert in der ambulanten Rehabilitationsphase?*

<b>Empfehlung 189</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Mit dem Übergang in die ambulante rehabilitative Phase sollen die ergotherapeutischen Maßnahmen fortgeführt und ausgebaut werden. Neben selbständiger Erledigung der ADL-Maßnahmen sollen Aktivitäten aus Beruf und Freizeit zunehmend im Fokus stehen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Ambulante Ergotherapie erfolgt auf Grundlage einer Heilmittelverordnung. Übungsinhalte sind auf deren Alltagsrelevanz, Hilfsmittel und Schienenversorgungen den Aktivitäts- und Teilhabeverbesserungen anzupassen. Ziel ist es, individuell und ICF-orientiert die Teilhabe in allen Lebensbereichen sowie die größtmögliche Selbständigkeit für die weiterführende Rehabilitation durch Fortführung der stationären Behandlung im ambulanten Bereich mit angepassten Techniken zu unterstützen.

*Frage: Welche Aspekte der Edukation sind in der Ergotherapie bedeutsam?*

<b>Empfehlung 190</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Die Anleitung und Begleitung des eigenständigen Übens, von Pflegemaßnahmen und Alltagsaktivitäten soll ein wichtiger Bestandteil der Ergotherapie sein, der kontinuierlich über alle Rehabilitationsetappen hinweg notwendig ist und inhaltlich der jeweiligen Behandlungsphase angepasst wird.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Diese Aktivierung unterstützt nicht nur den Rehabilitationsprozess, sondern gibt den Patient\*innen die Möglichkeit, selbst aktiv zu werden, sich als handlungsfähig zu erleben und den Prozess aktiv und verantwortlich mitzugestalten.

### 16.7.2 Schienenversorgung

*Frage: Wann sollen Schienensysteme zum Einsatz kommen?*

<b>Empfehlung 191</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Wegen der generellen Verkürzungsneigung von Narben sollen Schienensysteme frühzeitig und konsequent zum Einsatz kommen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Grundsätzlich sollen in jeder Phase der Rehabilitation individuell angepasste Schienen mit unterschiedlicher Wirkweise eingesetzt werden. Ausbildungsstand und Erfahrung beim Anwendenden von Schienensystemen haben Einfluss auf den Effekt. Passives und aktives Arbeiten an den Weichteilen und Gelenkstrukturen in der individuellen Einzelbehandlung sowie Eigenübungen sind dadurch nicht zu ersetzen.

*Frage Nach welchen Kriterien sollten Schienensysteme ausgewählt werden?*

<b>Empfehlung 192</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Schienensysteme sollten nach ihrer Wirkweise abhängig von der funktionellen Einschränkung ausgewählt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

**Lagerungsschienen** dienen zur Immobilisation und helfen so bei der Defektheilung durch Vermeidung von Scherkräften oder Spannungszuständen und beugen zugleich Kontrakturen vor. Die Schienen können vor oder nach den ersten Nekrosektomie zur Ruhigstellung,

besonders aber zum Schutz von Transplantaten vor Scherkräften in der Einheilungsphase genutzt werden (Gadomski 1993). Diese Schienen aus thermoplastisch verformbaren Materialien werden in möglichst physiologischer Stellung angepasst und sollen, zur schnelleren Wundheilung der betroffenen Areale, so viel Luftzirkulation wie möglich gewährleisten.

Im weiteren Verlauf werden Schienen / Orthesen zur Unterstützung ergotherapeutischer Gelenkbehandlung z.B. als Haltefunktion oder zum Aufquengeln individuell hergestellt oder konfektionierte Systeme angepasst. Diese **dynamisch-korrektiv wirkenden Schienen** beugen Kontrakturen vor oder minimieren diese. Grundsätzlich müssen alle Schienenversorgungen immer wieder kontrolliert und ggf. angepasst werden. Konsequenz sind punktuelle Druckspitzen (cave: Weichteilschädigung) zu vermeiden und gelenkschonende Positionen zu respektieren (cave: periartikuläre Mikrotraumata) (Nakamura 2006).

Das Ergebnis **fremdkraftgetriebener Bewegungsschienen** (continuous passiv motion, CPM) resultiert vorrangig aus dem positiven Einfluss auf die trophische Situation und die dadurch bedingte Besserung des Bewegungsausmaßes (range of motion; ROM). Dagegen ist der Effekt auf das ROM an großen Gelenken durch **federgetriggerte Quengel-Systeme** (continuous dynamic splinting, CDS) auf einen konstanten, gut tolerierten Zug oder Druck über eine längere Anwendungsdauer zurückzuführen.

Trotz des vielfältigen Gebrauchs und der meist positiven klinischen Bewertung vorgenannter Schienensysteme fehlen evidenzbasierter Arbeiten, um deren spezifische Wirksamkeit in der Rehabilitation Brandverletzter zu definieren (Serghiou 2003, Richard 2005).

### 16.7.3 Hilfsmittel

*Frage: Inwieweit kann eine Versorgung mit Hilfsmitteln sinnvoll sein?*

<b>Empfehlung 193</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Es soll geprüft werden, ob narbenbedingte Funktionsverluste oder Funktionseinschränkungen durch Hilfsmittel reduziert und damit Aktivitäten grundsätzlich aus allen Bereichen des Lebens sinnvoll gefördert werden können.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Häufig geht es um Hilfsmittel für den Bereich der Selbstversorgung wie z.B. angepasste Griffe für Besteck oder Schreibgeräte oder Handynutzung. Im Rahmen der Ergotherapie erfolgt eine entsprechende Beratung und Erprobung, ggf. auch unter Beteiligung der Angehörigen. Teilweise werden Hilfsmittel auch in der Ergotherapie individuell angefertigt und ggf. fortlaufend angepasst. Die Beratung und Erprobung stellen sowohl eine sachgerechte ärztliche Verordnung sicher, als auch den tatsächlichen Gebrauch des Hilfsmittels im Alltag.

## 16.8 Sprachtherapie/Logopädie

*Frage: Bei welchen Brandverletzten ist Sprachtherapie/Logopädie in der postakuten Rehabilitation indiziert?*

<b>Empfehlung 194</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Bei Beeinträchtigungen der mimischen/ orofacialen Funktionen, bei Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen oder Schluckstörungen (mit und ohne Trachealkanüle) nach thermischem Trauma soll eine logopädische Behandlung erfolgen.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Insbesondere die ersten 6 bis 9 Wochen nach dem Ereignis scheinen für die Rückbildung der Dysphagie entscheidend zu sein. In einer prospektiven Studie von Rumbach hatten 75% der Patienten nach 9 Wochen keine Dysphagie mehr. Bei 10 bis 15% der Patienten persistierte die Dysphagie über die Entlassung hinaus. Dabei handelte es sich im Wesentlichen um Patienten mit orofacialen Kontrakturen und in der Folge Beeinträchtigungen in der oralen Phase (Rumbach 2012).

In der Logopädie/Sprachtherapie werden insbesondere bei Brandverletzten mit Kopf- und Halsverbrennungen die orofacialen Funktionen (Mimik, Kommunikation) und die laryngealen Funktionen (Phonation, Schlucken) verbessert. Bei Brandverletzten mit Trachealkanüle wird das Trachealkanülenmanagement und die Dysphagietherapie fortgesetzt und eine mögliche Dekanülierung und Oralisierung angestrebt.

Zur Behandlung der Dysphagie stehen aktuell keine speziellen Behandlungsverfahren zur Verfügung. Vielmehr wird auf die bekannten Konzepte des Trachealkanülenmanagements, funktioneller Dysphagietherapie (FDT), manueller Schlucktherapie (MST) und stimulierender Verfahren wie die facioorale Trakttherapie (FOTT) zurückgegriffen. Clayton weist darüber hinaus auf Bewegungsübungen und Dehnungen der orofacialen Strukturen zur Kontrakturprophylaxe hin (Clayton 2017).

### **16.9 Rehabilitative Krankenpflege**

Die rehabilitative Krankenpflege unterstützt den Rehabilitationsprozess. Pflegende bringen ein hohes Maß an Fachkompetenz, Empathie, Persönlichkeit und Engagement in das Rehabilitationsgeschehen von der Erstversorgung im Brandverletztenzentrum, bis hin zur ambulanten Rehabilitation ein.

Körperliche und emotionale Nähe sowie zeitlicher Umfang sind in kaum einer anderen Berufsgruppe so hoch bemessen. Pflegende helfen bei den ersten rehabilitativen Schritten, organisieren und strukturieren den Tagesablauf und begleiten in der Krankheitsverarbeitung Patient\*innen und Angehörige.

Rehabilitative Krankenpflege setzt die Haut- und Narbenpflege um, unterstützt und fördert in Zusammenarbeit mit der Krankengymnastik und Ergotherapie bei Patient\*innen die Selbständigkeit in den ADL und im Handling der Kompressionsbekleidung. Sie setzt das Wundmanagement bei konservativ versorgbaren Epitheldefekten um, nimmt dabei Einfluss auf die Tagesplanstruktur und fördert den Selbsthilfegedanken (Bayley 1992). Ein hohes Maß an spezieller Qualifikation und Erfahrung ist bei der konservativen Wundversorgung sowie im Handling der Kompressionsbandagen, als auch bei der Alltagstestung von Hilfsmitteln vorauszusetzen (Ziegenthaler 2005).

## 16.10 Schmerz

Frage: Wie beeinflusst Schmerz den Rehabilitationsprozess?

Empfehlung 195	Stand 2024, NEU
<b>Schmerz als unangenehme Sinnes- und Gefühlswahrnehmung nimmt wesentlich Einfluss auf den Rehabilitationsprozess und soll daher konsequent behandelt werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Schmerz wird über eine primäre strukturelle Schädigung an Haut/Narben, Muskulatur, Sehnen und Gelenken induziert, die teils eine irreversible Schädigung bzw. persistierende Reizung nozizeptiver Strukturen und ebenso zentraler Elemente des nozizeptiven Systems ausgelöst (Romanowski 2020). Aus schneller und effizienter Schmerzreduzierung resultiert neben dem gesteigerten körperlichen auch ein verbessertes psychisches Befinden.

Ursächlich für Schmerzen nach einer Brandverletzung sind Narbenspannung, wieder einsprossende Nervenendigungen und Begleitverletzungen, die nozizeptive, neuropathische und überwiegend gemischt vermittelte Schmerzreize auslösen. Dies beinhaltet vorrangig eine Plussymptomatik i.S. einer Hyperalgesie und Allodynie, teilweise mit schmerzhaft empfundenem Phantomgefühl.

Vor deren Therapie bedarf es einer genauen Bewertung der Schmerzqualität und -ursache, da sich hiervon der Behandlungsansatz ableitet (Romanowski 2020). Da individuelle psychosoziale Faktoren, die Persönlichkeit der Patient\*innen, deren Lebenserfahrungen mit Schmerz und Krankheit in gleicher Weise wie Motivation, Emotion und Kognition das Schmerzempfinden beeinflussen (Clark 2001, Bunketorp 2006), ist auch dies sehr differenziert zu analysieren.

Frühzeitig ist mit einer effizienten, individuellen, mechanismenorientierten Therapie in Anlehnung an das Stufenschema der WHO (1986) unter Berücksichtigung der Empfehlungen der S3-Leitlinien „Langzeitanwendung von Opioiden bei chronischen nicht-tumorbedingten Schmerzen (LONTS)“ (Häuser 2020) und „Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen“ (DGAI 2021) zu beginnen. Reflextherapeutische Verfahren

(z.B. Akupunktur, Neuraltherapie) und physikalische Maßnahmen (z.B. TENS) sind nebenwirkungsarme Therapieoptionen, deren Einsatz von den Hautverhältnissen limitiert wird. Gepaart werden sollte dies mit Entspannungsverfahren und verhaltenstherapeutischen Verfahren (Verweis auf Kap. 10 und 13 dieser Leitlinie).

Auf eine erfolgsabhängige Dosisanpassung und die teilhabeorientierte Anpassung der Analgetika sowie der Co-Medikation ist im Verlauf zu achten.

### 16.11 Minor- und Major-Amputationen

Minor- und Major-Amputationen gehören zu den schwerwiegenden Folgen einer thermischen Verletzung und beeinflussen nachhaltig den Rehabilitationsprozess sowie die Teilhabefähigkeit. Sie sind dennoch bei bis zu 20% der Patient\*innen unausweichlich. Sehr viel häufiger (bis zu 60%) sind Minor-Amputation an Hand und Unterarm zu finden. Ursächlich hierfür sind thermische Einwirkungen durch Schutz- und Abwehrhandlungen in der Unfallsituation (Ziegenthaler 2012).

In der Prothesenversorgung sind die Schaftgestaltung sowie die Passteilauswahl Aufgaben eines interdisziplinär agierenden Teams mit entsprechender Fachkunde und klinischer Erfahrung in Orthopädietechnik, Rehabilitation nach Amputation sowie gezielter Gangschule.

*Frage: Welche Bedeutung kommt dem Extremitätenverlust in der Rehabilitation von Patient\*innen nach thermischen Trauma zu?*

<b>Empfehlung 196</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Vor einer Prothesenanpassung soll der Stumpf volumenstabil, vollständig abgeheilt und belastbar sein.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Stumpfabhärtende Maßnahmen, eine konsequente formgebende Kompressionstherapie sowie Übungen zur Funktionsanbahnung und Ausdauertraining sind wesentlich in der Vorbereitung der Prothesenversorgung.

In die Entscheidung über geeignete Prothesenpassteile fließen neben den Erwartungen der Patient\*innen das zu erwartende Aktivitätsniveau, Kontextfaktoren aus Wohnumfeld und

sozialer Teilhabe als auch die Motivationslage ein (Ziegenthaler 2012, DGOU 2019). Dieser sehr komplexe Prozess sollte zunächst im stationären Umfeld einer qualifizierten Rehabilitationsklinik starten und dauert durchaus 3 bis 4 Monate. Ggf. ist nach Abschluss der Interimsphase und Fertigstellung der definitiven Prothesenversorgung eine erneute Rehabilitation i.S. einer Intervallbehandlung zur Sicherung der Funktionsfähigkeit erforderlich.

## 16.12 Strukturverluste an speziellen Gesichts- bzw. Kopfarealen

Frage: Was ist im Umgang mit Strukturverlusten an speziellen Gesichtsarealen zu beachten?

<b>Empfehlung 197</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Im Umgang mit den Folgen des teilweisen bzw. vollständigen Verlustes an Nase, Ohren und Auge soll ein besonders sensibles Herangehen mit multiprofessioneller Expertise gesichert sein. Plastisch-rekonstruktive Maßnahmen sollten dabei gegenüber einer epithetischen Versorgung favorisiert werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

In die Evaluation der epithetischen Versorgung ist ein Expertenforum aus Psychologie, Plastischer Chirurgie, Reha-Medizin, Orthopädietechnik und Epithetik involviert. Hierbei werden die emotionale Situation des Patienten, funktionelle und ästhetische, kommunikative wie auch technische Aspekte berücksichtigt (Wilkes 1994, Spanholtz 2009). Moderne 3D-Scan und 3D-Drucktechniken sowie vielfältiger Materialeigenschaften erlauben die Fertigung leicht handhabbarer, individueller und naturgetreuer Gesichtersatzteile. Die Indikation zur epithetischen Versorgung ist immer dann gegeben, wenn plastisch-rekonstruktive Maßnahmen keinen Erfolg versprechen oder keinen Erfolg gebracht haben oder aber das optimale ästhetische Ergebnis im Vordergrund steht (Federspil 2010). Die Entscheidung über die Fixiermethode (mechanisch z. B. über Brille, mittels Hautkleber, osteointegrativ mit/ohne Magneten oder in einer Kombination der Methoden) obliegt der individuellen Bewertung und den anatomischen Besonderheiten.

### 16.13 Sekundäre plastisch-chirurgische Rekonstruktion

*Frage: Wie ist für Brandverletzte eine fachkompetente ambulante Versorgung sicherzustellen?*

<b>Empfehlung 198</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Brandverletzententren sollen für die frühe poststationäre Phase ebenso wie für die Langzeitbetreuung eine strukturierte Ambulanzbetreuung anbieten.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Nach Ausheilung der Verbrennungsverletzungen verbleiben häufig kosmetische und/oder funktionell einschränkende Folgeerscheinungen, die durch konservative Maßnahmen z. B. der Narbentherapie nicht weiter verbessert werden können. Diese umfassen in erster Linie flächige oder strangförmige Narben mit entweder ungünstigem anatomischen Verlauf (z.B. Gelenke überquerend) oder in besonders sichtbar exponierten Arealen (Gesicht, Dekolleté etc.). Um Patient\*innen nach Verbrennungsverletzungen zum richtigen Zeitpunkt die bestmöglichen konservativen, aber auch sekundären plastisch-chirurgischen Maßnahmen anbieten zu können, sollten Brandverletzte nach Ausheilung der akuten Verletzungen und entsprechender rehabilitativer Maßnahmen konsequent an eine entsprechend spezialisierte Sprechstunde angebunden werden. Vor allem bei komplexen Fällen mit absehbar sequentiell Operationsbedarf, zur Erörterung multiprofessioneller konservativer Therapieansätze gemeinsam mit Patient\*innen bei einem mittel- bis langfristige Behandlungsstrategie ist dies besonders bedeutsam.

Sämtliche operative Techniken der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie werden in der entsprechenden Einrichtung angeboten und in ausreichender Fallzahl praktiziert. Diese reichen von Techniken der einfachen Narbenkorrektur wie lokale Lappenplastiken (z.B. Z- und W-Plastiken), Techniken der Gewebeexpansion durch Gewebeexpanderimplantation und den Einsatz von dermalen Ersatzmaterialien über Techniken der gestielten lokalen, regionalen und Fern-Lappenplastiken bis hin zur routinemäßigen Durchführung verschiedener freier mikrochirurgischer Lappenplastiken. Auch die kombinierte Anwendung o. g. Verfahren, wie z.B. in Form von präexpandierten freien Lappenplastiken kann eine mögliche Maßnahme bei sekundären plastisch-chirurgischen Rekonstruktionen sein. Diese sind immer auch in einem

eventuell interdisziplinären Gesamtbehandlungskontext, z.B. bzgl. ebenfalls erforderlicher nicht-chirurgischer Maßnahmen, wie bspw. einer Lasertherapie oder Kollageninduktionstherapie zur Optimierung des Narbenbildes, zu planen.. Auch die Einbindung prä- und/oder postoperativ physio- und ggf. ergotherapeutischer Maßnahmen im Kontext mit funktionsverbessenden plastisch-chirurgischen Sekundäreingriffen wird frühzeitig mit den Mitbehandelnden abgestimmt, um optimale Endergebnisse erzielen zu können.

#### **16.14 Psychotherapeutische Behandlung**

Neben den sichtbaren körperlichen Veränderungen stellt ein derart traumatisches Ereignis wie ein thermischer Unfall Lebenskonzepte grundsätzlich in Frage und testet dabei soziale Netzwerke im Sinne der „sozialen Unterstützung“. Dies beeinflusst und fordert den Rehabilitationsprozess in allen Phasen. Speziell im ersten Jahr nach dem Unfall, aber auch im weiteren Verlauf kann daher eine psychotherapeutische Behandlung indiziert sein. Dies beinhaltet traumafokussierte Behandlungsmethoden aber auch Methoden zur Unterstützung der sozialen Fertigkeiten bei sozialem Rückzug, zur Schmerzbewältigung und zur Schlafhygiene sowie bei Bedarf den Einbezug enger Angehöriger. Als hilfreich werden von Betroffenen für den Langzeitverlauf die Unterstützung durch Peer Support Gruppen (Kornhaber 2014) und Kontakte zu Selbsthilfegruppen berichtet. Deren Wesen ist die wechselseitige Hilfe auf der Basis gleicher Betroffenheit.

Zur akuten Traumabewältigung, den Einfluss auf die Akzeptanz des veränderten Körpers, über eine adäquate Unterstützung in der Krankheitsverarbeitung, soziale Unterstützungsmöglichkeiten und Selbsthilfe wird auf Kapitel 13 dieser Leitlinie verwiesen.

### 16.15 Partner in der Rehabilitation

*Frage: Welcher Kooperationspartner bedarf es in der Rehabilitationsphase thermisch Verletzter?*

<b>Empfehlung 199</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Auf Grund der Vielzahl an bekannten Begleitverletzungen sowie Komorbiditäten, als auch möglicher Komplikationen sollten Möglichkeiten zur Konsultation von Fachärzten aus den Gebieten Innere Medizin, Neurologie, Psychiatrie, HNO, Urologie, Dermatologie und Augenheilkunde gegeben sein.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Dies betrifft auch den zeitnahen Zugang zu bildgebenden als auch dynamisch-funktionellen Untersuchungen. Eine enge Vernetzung zu den primär versorgenden Brandverletztzentren gewährleistet eine zeitnahe und indikationsgerechte, auch wiederholte Einleitung einer Rehabilitation. Sie vermeidet an Schnittstellen Informationsverluste und sichert korrekte Entscheidungen über Art und Zeitpunkt nachfolgender plastisch-rekonstruktiver Eingriffe (DGV 2007; Kapitel 15.13 dieser Leitlinie).

### 16.16 Angehörige und Selbsthilfevereinigungen

*Frage: Wann und wie werden Angehörige in den Rehabilitationsprozess integriert?*

<b>Empfehlung 200</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Angehörige oder andere Bezugspersonen sollten durch das Rehabilitationsteam frühzeitig in den Rehabilitationsprozess integriert und an Entscheidungen beteiligt werden, wenn der Patient dem zustimmt. Hier sollten Informationen über den Rehabilitationsverlauf, ggf. erforderliche Interventionen, Hilfsmittelbedarf sowie Zielsetzungen gegeben werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

Take-home messages in schriftlicher Form oder Hinweise auf Unterstützer und Zuständigkeiten erleichtern den Informations- und Überleitungsprozess. Eine frühzeitige Beratung zu Fragen sozialer Reintegration, Bewältigung u. a. arbeitsrechtlicher und finanzieller Fragen, zur prognostizierten Leistungsfähigkeit und pflegerischer Unterstützung erfolgt durch Sozialarbeiter\*innen, welche darüber hinaus die Kontaktvermittlung an Sozialleistungsträger und Behörden ermöglichen. Peers können durch eigene Erfahrungen, vergleichbare Teilhabestörung und erlebte psychosoziale Konfliktsituation Strategien zur Bewältigung des Alltags, sowie gegenseitige emotionale Unterstützung und Motivation authentisch vermitteln.

*Frage: Welche Rolle spielt Selbsthilfe?*

<b>Empfehlung 201</b>	<b>Stand 2024, NEU</b>
<b>Auf bestehende Selbsthilfevereinigungen, Peer Support Gruppen und andere Unterstützungsangebote soll in der Rehabilitation zeitgerecht wiederholend hingewiesen werden.</b>	
Konsensstärke: starker Konsens (100%)	

## **Literatur:**

Aghajanzade M. et al. Effectiveness of incorporating occupational therapy in rehabilitation of hand burn patients. Ann Burns Fire Disasters. 2019;32:2 147-152

Anthonissen M et al. The effects of conservative treatments on burn scars: A systematic review. Burns 2016; 42:3 508-18

Anzarut A et al. The effectiveness of pressure garment therapy for the prevention of abnormal scarring after burn injury: a meta-analysis. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2009;62:77-84

Arno AI et al. Up-to-date approach to manage keloids and hypertrophic scars: a useful guide. Burns. 2014;40:1255-66

Baker RH et al. Retrospective study of the association between hypertrophic burn scarring and bacterial colonization. *J Burn Care Res.* 2007; 28:152-6

Bayley EW et al. Research Priorities for Burn Nursing-Rehabilitation, Discharge Planning and Follow-up Care. *J Burn Care Rehabil* 1992;4:471-6

Bombaro KM et al. What is the prevalence of hypertrophic scarring following burns? *Burns.* 2003; 29:299-302

Bonfils KB. Der Affolter-Behandlungsansatz: Eine perzeptiv-kognitive Funktionsperspektive. In Pedretti LW (Hrsg) *Ergotherapie: Üben von Fertigkeiten bei körperlicher Dysfunktion.* 4. Aufl 1996;451-61

Bunketorp L et al. The perception of pain and pain-related cognitions in subacute whiplash-associated disorders: its influence on prolonged disability. *Disabil Rehabil.* 2006;28(5):271-79

Butzelaar L et al. Currently known risk factors for hypertrophic skin scarring: A review. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2016; 69:163-9

Candy LH, Cecilia LT, Ping ZY. Effect of different pressure magnitudes on hypertrophic scar in a Chinese population. *Burns.* 2010; 36:1234-1241

Carrougher GJ et al. Pruritus in adult burn survivors: postburn prevalence and risk factors associated with increased intensity. *J Burn Care Res.* 2013; 34:94-101.

Chang P, Laubenthal KN, Lewis RW, Rosenquist MD, Lindley-Smith P, Kealey GP. Prospective, randomized study of the efficacy of pressure garment therapy in patients with burns. *The Journal of burn care & rehabilitation.* 1995;16(5):473-475.

Chapman TT. Burn scar and contracture management. *J Trauma.* 2007;62: 8

Clark WC et al. How separate are the sensory, emotional, and motivational dimensions of pain? A multidimensional scaling analysis. *Somatosens Mot Res.* 2001;18(1):31-9

Clayton, N. A., Ward, E. C., & Maitz, P. K. Intensive swallowing and orofacial contracture rehabilitation after severe burn: A pilot study and literature review. *Burns* 2017;43(1): e7–e17

Dahl O, Wickman M, Björnhagen V, Friberg M, Wengström Y. Early assessment and identification of posttraumatic stress disorder, satisfaction with appearance and coping in patients with burns. *Burns.* 2016; 42(8), 1678-1685.

DeBruler DM, Baumann ME, Zbinden JC, Blackstone BN, Bailey JK, Supp DM, Powell HM. Improved scar outcomes with increased daily duration of pressure garment therapy. *Advances in Wound Care*. 2020; 9(8):453-461.

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin: S3 Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen (AWMF Registernummer 001-025), Version 4.1 (01.09.2021), verfügbar unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-025>. [Zugriff am 20.12.2023](#).

DGOU 2019 <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-056>

Draaijers LJ et al. Die Narbenbeurteilungsskala für Patienten und Beobachter: ein zuverlässiges und praktikables Instrument zur Narbenbewertung. *Plast Reconstr Surg*. 2004 Jun;113(7):1960-5

Esselman PC et al. Burn rehabilitation: state of the science. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*. 2006;85: 383-413.

Evans EB. Musculoskeletal changes secondary to thermal burns. In: *Total burn care* (Herndon DN, ed), 4 edn. Elsevier. 2012; 551-64

Falder S et al. Core outcomes for adult burn survivors: a clinical overview. *Burns* 2009; 35:618-41

Federspil P. Epithetische Versorgung *DtschArztebl Int*. 2010;107(6):100-1

Field T et al. Postburn itching, pain, and psychological symptoms are reduced with massage therapy. *J Burn Care Rehabil*. 2000;21:189-93

Fleming MD et al. Marjolin's ulcer: a review and reevaluation of a difficult problem.

*J Burn Care Rehabil*. 1990;11:460-9

Gadomski M et al. Die medizinische Rehabilitation des Patienten mit brandverletzter Hand Teil 2: Rehabilitation durch Physikalische Medizin. *Phys Rehab Kur Med* 1993;3:89-94

Gangemi EN et al. Epidemiology and risk factors for pathologic scarring after burn wounds. *Arch Facial Plast Surg*. 2008;10:93-102

Grewohl M. Verbrennungen. In: *Ergotherapie in der Orthopädie, Traumatologie und Rheumatologie*, Koesling C, Bollinger Herzka T (Hrsg) 2008. 222-6

Giannoni-Pastor A, Eiora-Orosa FJ, Fidel Kinori SG, Arguello JM, Casas M. Prevalence and Predictors of Posttraumatic Stress Symptomatology Among Burn Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Burn Care Res. 2016;37(1):e79-e89.

Häuser W. 2. Aktualisierung der S3 Leitlinie „Langzeitanwendungen von Opioiden bei chronischen nicht-tumorbedingten Schmerzen „LONTS“. Der Schmerz 2020;34, 204- 244.

Holavanahalli RK et al. Select Practices in Management and Rehabilitation of Burns. 2011: A Survey Report. Journal of Burn Care & Research 2011; 32(2):210-23  
Fulton FE. Silicone gel sheeting for the prevention and management of evolving hypertrophic and keloid scars. Dermatol Surg 1995;21:947-51

Jarrett M, McMahon M, Stiller K. Physical outcomes of patients with burn injuries--a 12 month follow-up. J Burn Care Res. 2008; 29:975-84

Juckett G, Hartman-Adams H. Management of keloids and hypertrophic scars. Am Fam Physician. 2009;870(3):253–60

Kara S, Seyhan N, Öksüz S. Effectiveness of early rehabilitation in hand burns. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2023;29:6 691-697

Kenzo K, Walles J, Kase T. Clinical therapeutic applications of the kinesio taping method. Tokyo:Ken Ikai;2003

Kerckhove van den E. Assessment of the influence of pressure and silicone on burn related scars. In: Biomedical Sciences, Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Vol. Doctor in Motor Rehabilitation and Physiotherapy. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven. 2003;1-140.

Kerckhove van den E et al. Reproducibility of repeated measurements on post-burn scars with Dermascan C. Skin Res Technol. 2003;9:81-4

Kerckhove van den E et al. Silicones in the rehabilitation of burns: a review and overview. Burns. 2001;27:205-214.

Kerckhove van den E, Stappaerts K, Fieuws S, et al. Die Beurteilung von Erythem und Dicke von verbrennungsbedingten Narben während der Druckbekleidungstherapie als vorbeugende Maßnahme bei hypertropher Narbenbildung. Verbrennungen. 2005;31(6):696-702. doi:10.1016/j.burns.2005.04.014

Ketchum LD, Cohen IK, Masters FW. Hypertrophic scars and keloids. A collective review. *Plast Reconstr Surg.* 1974;53:140-54

Ketchum LD, Robinson DW, Masters FW. Follow-up on treatment of hypertrophic scars and keloids with triamcinolone. *Plast Re-constr Surg.* 1997;48:256-9

Kraemer MD, Jones T, Deitch EA. Burn contractures: incidence, predisposing factors, and results of surgical therapy. *J Burn Care Rehabil.* 1988;9:261-5

Kowal-Vern A, Criswell BK. Burn scar neoplasms: a literature review and statistical analysis. *Burns.* 2005;31:403-13

Lawrence JW et al. Epidemiology and impact of scarring after burn injury: a systematic review of the literature. *J Burn Care Res.* 2012;33:136-46

Lee KC, Dretzke J, Grover L, Logan A, Moiemmen N. A Systematic Review of Objective Burn Scar Measurements." *Burns Trauma.* 2016;4:14. doi: 10.1186/s41038-016-0036-x. PMID: 27574684

Macintyre L, Baird M. Pressure garments for use in the treatment of hypertrophic scars - a review of the problems associated with their use. *Burns.* 2006; 32(1):10-5

Malick MH, Carr J. Manual on Management of the burn patient. Library of Congress Catalog Card 1982 Number 82-83018

McKibben JB et al. Epidemiology of burn injuries II: psychiatric and behavioural perspectives. *International review of psychiatry* 2009; 21:512-21

Meaume S et al. Management of scars: updated practical guidelines and use of silicones. *Eur J Dermatol.* 2014;24:435-43

Middelkoop E, Monstrey S, Teot L et al. Scar management: practical guidelines. Maca-Cloetens. 2011

Monstrey S et al. Updated scar management practical guidelines: non-invasive and invasive measures. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2014;67:1017-25.

Richard R et al. Burn rehabilitation and research: proceedings of a consensus sum-mit. *J Burn Care Res.* 2009;30:543-73.92-6

Romanowski KS, Carson J, Pape K, Bernal E, Sharar S, Wiechman S, Carter D, Liu YM, Nitzschke S, Bhalla P, Litt J, Przkora R, Friedman B, Popiak S, Jeng J, Ryan CM, Joe V. American Burn Association Guidelines on the Management of Acute Pain in the Adult Burn Patient: A Review of the Literature, a Compilation of Expert Opinion, und Nächste Schritte. J Burn Care Res. 2020;41(6):1129-1151.

Rumbach, A. F. Clinical progression and outcome of dysphagia following thermal burn injury: A prospective cohort study. Journal of Burn Care and Research 2012a;33(3): 336–346.

Mukhdomi GJ et al. Cellulitis associated with burn scars: a retrospective review. J Burn Care Rehabil. 1996; 17:346-50

Nast A et al. S2k-Leitlinie Therapie pathologischer Narben (hypertrophe

Narben und Keloide) – Update 2020. J Dtsch Dermatol Ges. 2020.

<https://doi.org/10.1111/ddg.1427>

Ripper S, Stolle A, Seehausen A, Klinkenberg , Germann G, Hartmann B, Renneberg B. Psychische Folgen schwerer Brandverletzungen. Der Unfallchirurg. 2010;113(11) 915-22-

Roques C. Massage applied to scars. Wound Repair Regen. 2002;10:126-8

Schaub K et al. Den Alltag spürbar machen - Auswirkungen der Therapie nach dem Affolter-Modell auf das Bewusstsein und den Fähigkeitsrückgewinn bei einem Patienten im Minimally Conscious State (MCS) minus. Ergoscience. 2020;15:2 66-75

Sharp PA et al. Development of a Best Evidence Statement for the Use of Pressure

Therapy for Management of Hypertrophic Scarring. J Burn Care Res. 2015

Sood RF et al. Race and Melanocortin 1 Receptor Polymorphism R163Q Are Associated with Post-Burn Hypertrophic Scarring: A Prospective Cohort Study. J Invest Dermatol 2015; 135:2394-401

Spanholtz TA, Theodorou P, Amini P, Spilker G. Versorgung von Schwerstverbrannten- Akuttherapie und Nachsorge. Dtsch Arztebl Int 2009; 106(38):607-13

Spilker G, Tolksdorf-Kremmer A, Küppers S. Kompressionstherapie. In: Bruck JC, Müller FE, Steen M (Hrsg) Handbuch der Verbrennungsmedizin. 2002. 353-65

Stella M, Castagnoli C, Gangemi EN. Postburn scars: an update. *Int J Low Extrem Wounds* 2008;7:176-81

Stufenschema der WHO. [http://www.betanet.de/download/betanet\\_769\\_Stufenschema-der-WHO.pdf](http://www.betanet.de/download/betanet_769_Stufenschema-der-WHO.pdf) [Zugriff 05.12.2014]

Suetake T et al. Functional analyses of the stratum corneum in scars. Sequential studies after injury and comparison among keloids, hypertrophic scars, and atrophic scars. *Arch Dermatol*. 1996;132:1453-8

Sullivan T et al. Rating the burn scar. *J Burn Rehabil*. 1990; 11:256-60

Suna K, Yu et al. Unterdruckvakuummassage - Ein neuer Ansatz zur Optimierung von Verbrennungsnarben. Abstract-Band der 23. Jahrestagung der DAV 11. bis 14. Jan. 2005 Falera/Schweiz

Thombs BD, Bresnick MG, Magyar-Russell G. Depression in survivors of burn injury: a systematic review. *General hospital psychiatry*. 2006; 28(6): 494-502

Tomasek JJ et al. Myofibroblasts and mechano-regulation of connective tissue remodelling. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2002; 3:349-63

Patiño O et al. Massage bei hypertrophen Narben. *J Burn Care Rehabil*. 1999;20(3):268-71

Penn JW, Grobbelaar AO, Rolfe KJ. The role of the TGF-beta family in wound healing, burns and scarring: a review. *International journal of burns and trauma*. 2012; 2:18-28

Van Loey NE & Van Son MJ. Psychopathology and psychological problems in patients with burn scars: epidemiology and management. *American journal of clinical dermatology*. 2003; 4, 245-272.

Varkey M, Ding J, Tredget EE. Advances in Skin Substitutes-Potential of Tissue Engineered Skin for Facilitating Anti-Fibrotic Healing. *Journal of functional biomaterials*. 2015; 6:547-63.

Warden GD, Warner PM. Functional sequelae and disability assessment. In: *Total Burn Care* (Herndon DN, ed). Elsevier. 2012;700-5

Wal van der MB et al. Outcome after burns: an observational study on burn scar maturation and predictors for severe scarring. *Wound Repair Regen*. 2012; 20:676-87

Wallis-Simon H, Renneberg B. Psychische Faktoren bei schweren Brandverletzungen: Psychotherapeutische Beiträge zur Verbesserung der Lebensqualität. Psychotherapeutenjournal, 2009; 2:142-52

Wallingford SC et al. Skin cancer arising in scars: a systematic review. Dermatol Surg. 2011; 37:1239-44

WHO: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit, 2005

Wilkes GH. Osseointegration and the plastic surgeon: a time for reflection. Plast Reconstr Surg. 1994;93(3):582-4

Ziegenthaler H, Brückner L, Reuter BM. Rehabilitation Brandverletzter – Ein Konzept flexibler Betreuung. In: Bruck JC, Müller FE, Steen M (Hrsg) Handbuch der Verbrennungsmedizin. 2002;394-413

Ziegenthaler H et al. Der polytraumatisierten Brandverletzten - Die besondere Herausforderung in der Rehabilitation. Orthopäde. 2005;34:906-16

Ziegenthaler H, Neumann U. Extremitätenverlust nach thermischen Trauma – Eine komplexe Herausforderung für zielorientierte Rehabilitation und individuelle prothetische Versorgung. Med Orth Tech. 2012;132:4 47-55

Ziegler UE. Internationale klinische Empfehlungen zur Narbenbehandlung. Zentralbl Chir 2004;129:296-306

## 17 Zusammensetzung der Leitliniengruppe

### 17.1 Leitlinienkoordinator\*in/Ansprechpartner\*in

Leitlinienkoordinator\*in:

Apl. Prof. Dr. med. Thomas Kremer

Leitliniensekretariat:

Klinik für Plastische und Handchirurgie mit Brandverletzenzentrum

Delitzscher Strasse 141

04109 Leipzig

Tel: 0341/9092555

E-Mail: [leitlinien@verbrennungsmedizin.de](mailto:leitlinien@verbrennungsmedizin.de)

### 17.2 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Tabelle 1: Mitglieder der Leitliniengruppe

Mandatstragende	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Prof. Dr. Thomas Kremer	Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Bernd Hartmann	Deutsche Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgie	01.09.2022 bis Abschluss
Prof. Dr. Rüdger Kopp	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Stefan Ziesing	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Annette Stolle	Deutschsprachige Gesellschaft für Psychotraumatologie	01.09.2022 bis Abschluss
Prof. Dr. Andreas Eisenschenk	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie	01.09.2022 bis Abschluss

Mandatstragende	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Holger Pauli	Bundesinventionsverband für Orthopädietechnik	01.09.2022 bis Abschluss
Heiko Bargfrede	Deutscher Verband für Physiotherapie	01.09.2022 bis Abschluss
Annika Schrader	Deutsche Interdisziplinäre Gesellschaft für Dysphagie	01.12.2022 bis Abschluss
Dr. Mechthild Sinnig	Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Hans Ziegenthaler	Deutsche Gesellschaft für Physikalische und Rehabilitative Medizin	01.09.2022 bis Abschluss
Prof. Dr. Cornelia Müller	Deutsche Dermatologische Gesellschaft	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Ulrich Limper	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin	01.09.2022 bis Abschluss
Birthe Hücke	Deutscher Verband Ergotherapie	01.09.2022 bis Abschluss
Eva Aumann	Cicatrix e.V.	01.09.2022 bis Abschluss

Weitere Teilnehmende	Funktion & Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
PD Dr. Jochen Gille	Co-Autor; Verbrennungsmedizin / Intensivmedizin	01.09.2022 bis Abschluss
Prof. Dr. Justus Beier	Co-Autor; Verbrennungsmedizin / Chirurgie	01.09.2022 bis Abschluss
Dr. Björn Bliesener	Co-Autor; Verbrennungsmedizin / Intensivmedizin	01.09.2022 bis Abschluss
PD Dr. Rüdiger Kopp	Co-Autor, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin	01.09.2022 bis Abschluss

An der Leitlinienerstellung haben die Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH), der Deutsche Bundesverband für Narbentherapie (DBNT), die Deutsche Gesellschaft für Schmerzmedizin (DGS) und die Deutsche Gesellschaft für Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde (DGPPN) nicht teilgenommen. Diese wurden zu Beginn der Leitlinienerstellung angefragt, konnten aber aufgrund fehlender Ressourcen (DBNT), hoher Belastung mit Leitlinienprojekten (DGCH; DGPPN) bzw. inhaltlich anderem Fokus (DGS) keine Mandatsträger zur Leitlinienerstellung entsenden.

Die Leitlinie wurde nach Fertigstellung durch die Vorstände der beteiligten Fachgesellschaften **und Organisationen** verabschiedet.

### **17.3 Patient\*innen/Bürger\*innenbeteiligung**

Die Leitlinie wurde unter direkter Beteiligung von Patienten(vertreter\*innen) erstellt. Herr/Frau **Eva Aumann** der Selbsthilfeorganisation Cicatrix e.V. (Gemeinschaft für Menschen mit Verbrennungen und Narben) war stimmberechtigt und vom **01.09.2022** bis **zum Abschluss** an der Erstellung der Leitlinie beteiligt.

### **17.4 Methodische Begleitung**

Bei der Aktualisierung wurde die Leitlinie durch Frauke Schwier, AWMF-Leitlinienberaterin, methodisch begleitet.

## **18 Informationen zu dieser Leitlinie**

### **18.1 Methodische Grundlagen**

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 1.1 vom 27.02.2013).

Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) - Ständige Kommission Leitlinien. AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. 1. Auflage 2012.<http://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk.html>

## **18.2 Systematische Recherche, Auswahl und kritische Bewertung der Evidenz**

Die Grundlage für die Aktualisierung der Leitlinie bildet die bestehende Leitlinie sowie aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen/Publikation entsprechend einer aktuellen Literaturrecherche (PubMed).

## **18.3 Strukturierte Konsensfindung**

In einem Kick-off meeting (21.09.2022) wurde die vorhandene Leitlinie gesichtet und es wurde eine aktualisierte Gliederung und Struktur der neuen Leitlinie konsentiert. Zusätzlich wurden entsprechend der Expertise Arbeitsgruppen gebildet (s. Tabelle), die jeweils von einem Arbeitsgruppenleiter koordiniert wurden. Innerhalb dieser Arbeitsgruppen wurden die Kapitel der vorhandenen Leitlinie gesichtet und der Überarbeitungsbedarf festgelegt. Dieser wurde im Rahmen eines Konsenstreffens am 17.11.2022 konsentiert. Anschliessend wurden die Kapitel innerhalb der Arbeitsgruppen überarbeitet bzw. neu erstellt und konsentiert. Der Arbeitsstand wurde innerhalb der gesamten Leitliniengruppe am 6.2.2023 und am 30.03.2023 abgestimmt. Anschließend erfolgten 9 digitale Arbeitstreffen innerhalb der Leitliniengruppe zur Überarbeitung der Leitlinien mit Prüfung und Neuentwicklung von Empfehlungen und Hintergrundtexte. Die strukturierte Konsensfindung erfolgte mit der Delphi-Technik. Abgestimmt wurde nicht anonymisiert über einen online Survey. Unveränderte Empfehlungen wurden en-bloc und neue Empfehlungen einzeln abgestimmt. Es gab folgende Abstimmungsmöglichkeiten: „Ich stimme zu“, „Ich bin dagegen und habe den folgenden Änderungsvorschlag“ oder ggf. gab es eine Enthaltung aufgrund von Interessenskonflikten. Für alle Empfehlungen wurde ein starker Konsens/Konsens nach 2 Runden erzielt. Die Feststellung der Konsensstärke ist unten dargelegt (s.Kapitel 17.4).

## **18.4 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke**

Festlegung des Empfehlungsgrades

IN TABELLE 2 IST DIE VERWENDETE EMPFEHLUNGSGRADUIERUNG DARGESTELLT.

Tabelle 2 Beispiel 1: Dreistufiges Schema zur Graduierung von Empfehlungen

Beschreibung	Ausdrucksweise	Symbol (fakultativ)
Starke Empfehlung	Soll /Soll nicht	↑↑ / ↓↓
Empfehlung	Sollte /sollte nicht	↑ / ↓
Empfehlung offen	Kann erwogen/verzichtet werden	↔

Feststellung der Konsensstärke

DIE KONSENSSTÄRKE WURDE GEMÄß TABELLE 3 KLASSIFIZIERT.

Tabelle 3: Feststellung der Konsensstärke

Klassifikation der Konsensusstärke	
Starker Konsens	> 95% der Stimmberechtigten
Konsens	>75-95% der Stimmberechtigten
Mehrheitliche Zustimmung	>50-75% der Stimmberechtigten
Keine mehrheitliche Zustimmung	<50% der Stimmberechtigten

## Redaktionelle Unabhängigkeit

### 18.5 Finanzierung der Leitlinie

Es erfolgte keine finanzielle Unterstützung bei der Erstellung der Leitlinie

### 18.6 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

*Die Angaben zu den Interessen wurden auf dem durch die AWMF eingerichteten Portal Interessenerklärung Online erhoben und von Thomas Kremer und Frauke Schwier auf einen thematischen Bezug zur Leitlinie bewertet. Es erfolgte keine Eigenbewertung der Interessen. Als geringer Interessenkonflikt wurden einzelne Vorträge finanziert von der Industrie bewertet. Als moderater Interessenskonflikt wurden Tätigkeiten in Advisory boards/wissenschaftlichen Beiräten oder als Gutachter sowie Managementverantwortung industriefinanzierter Studien oder Aktienbesitz einzelner Firmen bewertet. Hohe Interessenkonflikte wurden angenommen, wenn ein Eigentumsinteresse, ein Arbeitsverhältnis in der Industrie oder hoher Aktienbesitz vorlagen. Ein geringer Interessenskonflikt hatte eine Limitierung der Leitungsfunktion zur Folge. Ein moderater Interessenkonflikt hatte eine Stimmenthaltung zur Konsequenz. Ein hoher*

*Interessenkonflikt führte zum Ausschluss von der Beratung und Abstimmung zum betreffenden Thema.*

## 19 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie gilt ab dem 1.9.2025 bis zur nächsten Aktualisierung voraussichtlich bis zum 31.8.2030. Zuständig für die Aktualisierung der Leitlinie ist PD Dr. Gabriel Hundeshagen (Leitlinienbeauftragter der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin [DGV]; [gabriel.hundeshagen@bgu-ludwigshafen.de](mailto:gabriel.hundeshagen@bgu-ludwigshafen.de), Leitliniensekretariat: DGV; Langenbeck-Virchow-Haus; Luisenstr. 58-59; D-10117 Berlin)

## 20 Einreichung zur Publikation bei der AWMF

<b>Versionsnummer:</b>	<b>8.0</b>
<b>Erstveröffentlichung:</b>	01/1999
<b>Überarbeitung von:</b>	09/2025
<b>Nächste Überprüfung geplant:</b>	08/2030

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online

## 21 Anhang: Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Im Folgenden sind die Interessenerklärungen als tabellarische Zusammenfassung dargestellt sowie die Ergebnisse der Interessenkonfliktbewertung und Maßnahmen, die nach Diskussion der Sachverhalte von der der LL-Gruppe beschlossen und im Rahmen der Konsensuskonferenz umgesetzt wurden.

### Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Im Folgenden sind die Interessenerklärungen als tabellarische Zusammenfassung dargestellt sowie die Ergebnisse der Interessenkonfliktbewertung und Maßnahmen, die nach Diskussion der Sachverhalte von der der LL-Gruppe beschlossen und im Rahmen der Konsensuskonferenz umgesetzt wurden.

**Leitlinienkoordination: Kremer, Thomas**

**Leitlinie: Behandlung thermischer Verletzungen bei Erwachsenen**

**Registernummer: 044-001**

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Prof. Dr. med. Andreas Eisenschenk	Nein	Nein	Erster Berliner Prothesenkurs Hand und Unterarm  AO-Kurs Hand  Siebter Operationskurs Handchirurgie	Nein	Nein	Nein	V-BG Forum Erfurt,  Mitglied und Beirat des Vorstandes: Deutsche Gesellschaft für Handchirurgie  Mitglied: DGOU, DGOUC, DAM; DAH	COI: keine: keine

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
			UNI Greifswald					
Annika, Schrader	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: DGD Deutsche Gesellschaft für Dysphagie	COI: keine: keine
Aumann, Eva	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitglied: keine, Wissenschaftliche Tätigkeit: keine, Klinische Tätigkeit: keine, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: keine, Persönliche Beziehung: keine	COI: keine: keine
Prof. Dr. med. Beier, Justus	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Mitglied im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV) und durch diese mandatiert als Vertreter des Ressorts "Verbrennungschirurgie" die LL mit zu autorieren	COI: keine: keine
Dr. med. Bliesener, Björn	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Mitgliedschaft: Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV)- Mitglied des Review-Boards und des Arbeitskreises Intensivmedizin Mitgliedschaft: European Burn Association (EBA) Mitgliedschaft: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGA) Mitgliedschaft: European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC) Mitgliedschaft: Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten (BDA), Mitglied: Mitgliedschaft: European Society of	COI: keine: keine

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen- / oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Intensive Care Medicin (ESICM), Wissenschaftliche Tätigkeit: Verbrennungsmedizin Rekonstruktive Chirurgie, Klinische Tätigkeit: Verbrennungsmedizin Intensivmedizin Notfallmedizin Katastrophenmedizin Schmerztherapie, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: Instruktor CoAutor: BTC48 / Burn Trauma Care during first 48hrs Instruktor: EMSB / Emergency Management of severe Burns	
PD Gille, Jochen	Nein	Nein	Sächsische Landesärztekammer	Nein	Universität Würzburg	Nein	Mitglied: Beirat für Intensivmedizin der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV), Wissenschaftliche Tätigkeit: Intensivtherapie bei Brandverletzten (Schwerpunkt: Infektion, Schocktherapie, Ernährungstherapie)2024, Klinische Tätigkeit: Intensivtherapie bei Brandverletzten	Erstversorgung inklusive Vit C-Gabe zur Reduktion oxidativer Stress COI: keine: Konsequenz: keine
Dr. Hartmann, Bernd	Nein	Nein	Schulungen Vorträge Symposium JUZO, PMI	Nein	LR	Nein	Mitglied: DGV, DGPRÄC, BDC, , Klinische Tätigkeit: Behandlung von Schwerbrandverletzten, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: Symposium Narbe JUZO Symposium Wunde PMI	Narbenbehandlung und Wundbehandlung bei Verbrennungen COI: gering: Limitierung Leitungsfunktion
Heiko, Bargfrede	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein; als „experner Berater“ mandatiert für den Deutschen	COI: keine: keine

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungs- vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*innen- interessen (Patent, Urheber*innen- recht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Verband Physiotherapie	
Hucke, Birthe	IQWiG	Innovationsfondprojekte: PrioPEG, PRIMAS, TherTrain, u.a.	Freiberuflich und für verschiedene Fortbildungsanbieter	Fachartikel und Fachbuchbeiträge; Schulz-Kirchner-Verlag, Thieme-Verlag	Nein	Nein	Mitglied: Deutscher Verband der Ergotherapeuten e.V. (DVE), Vorstandstätigkeit, Mitglied: Deutsche Gesellschaft für Ergotherapiewissenschaft (DGEW) aktive Mitgliedschaft, Mitglied: Council of Occupational Therapists for the European Countries (COTEC) aktive Mitgliedschaft, Mitglied: World Federation of Occupational Therapists (WFOT, Mitgliedschaft, Mitglied: Spitzenfrauen Gesundheit, Mitgliedschaft, Mitglied: EBM-Netzwerk, institutionelle Mitgliedschaft, Mitglied: KLUG, Institutionelle Mitgliedschaft, Wissenschaftliche Tätigkeit: diverse Fachthemen Ergotherapie, ICF, Management im Gesundheitswesen, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: Freiberuflich und für verschiedene Fortbildungsanbieter	COI: keine, Konsequenz keine
Prof. Dr. med. Kopp, Rüdiger	HBOX	Nein	Meditavita	Nein	DFG	Nein	Wissenschaftliche Tätigkeit: Entwicklung, Evaluierung und Validierung ECMO-Systeme, Klinische Tätigkeit: Intensivmedizin inkl kardiovaskulär, Trauma, Neuro, Schwerbrandverletzte, Viszeral Weaning	Interessenerklärung zur Nachbearbeitung COI: noch nicht bewertet: Bitte benennen Sie die Themen für Vortrags-, Beratungs- und Forschungstätigkeiten ein.

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Prof. Dr. med. Kremer, Thomas	Nein	Nein	Nein	Nein	Universität Würzburg, EU-gefördertes Projekt	Nein	Mitglied: Cicatrix e.v. (Selbsthilfegruppe Schwerbrandverletzte); Paulinchen e.V.; DGPRÄC, DGV, DGS, Wissenschaftliche Tätigkeit: Verbrennungsmedizin, Klinische Tätigkeit: Brustrekonstruktion (autolog und mit Implantaten), Beteiligung an Fort-/Ausbildung: keine, Persönliche Beziehung: Keine	Erstversorgung inklusive Vit-C-Gabe zur Reduktion des oxidativen Stresses COI: keine: Kein IKE Konsequenz: keine
Prof. Dr. med. Müller, Cornelia S. L.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Deutschen Gesellschaft für Dermatochirurgie (DGDC) Deutsche dermatologische Gesellschaft (DDG) Berufsverband der Deutschen Dermatologen e.V. (BVDD) Arbeitsgemeinschaft für dermatologische Histologie (ADH) Deutsche Gesellschaft für Pathologie (DGP) Internationale Akademie für Pathologie (IAP) European Society of Dermatopathology (ESDP) Mitgliedschaft im Netzwerk Evidenzbasierte Medizin e.V. Mitgliedschaft im Bundesverband Deutscher Pathologen e.V. Mitglied der Kommission für Qualitätssicherung der Deutschen Gesellschaft für Dermatologie (2+2 Kommission, seit 2023) Mitglied im Herausgeber-Board der Aktuelle Dermatologie Aktuelle Dermatologie - Georg Thieme Verlag	COI: keine: keine

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							International Society of Dermatopathology (ISDP), Wissenschaftliche Tätigkeit: Dermatopathologie, Klinische Tätigkeit: Dermatopathologie	
Pauli, Holger	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Bundesinnungsverband für Orthopädietechnik	Rehabilitation und Narbentherapie COI: moderat: Limitierung Leitungsfunktion und Stimmhaltung bei obigen Thema
AWMF Beraterin Schwier, Frauke	Keine	Keine	DGKiM e.V., Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie	Institut für Sozialarbeit und Sozialpädagogik e.V.	DGKiM e.V., Deutsche Krebsgesellschaft, Netzwerk Universitätsmedizin COVID19, BMG, Netzwerk Universitätsmedizin Medicine for Pandemic Preparedness 2.0, G-BA Innovationsfonds, Canadian Public Health Agency	Keine	Mitgliedschaften: DGKiM e.V., DGfPI e.V., DGKCH e.V.; Wissenschaftliche Tätigkeit: Leitlinien und Leitlinienmethodik, Methodik der leitlinienbasierten Leistungsmessung/Qualitätsindikatoren; Klinische Tätigkeit: keine; Teilnahme an Fort- und Weiterbildung: Leitlinienseminare im Rahmen des Curriculums für Leitlinienentwickler in Deutschland; Persönliche Beziehungen: keine	Institutionelle Projekte im Sinne des Institutsauftrags  COI: keine: keine
Dr. med. Sinnig, Mechthild	PolyMedics Innovations GmbH	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: 1. Arbeitskreis "Das schwerbrandverletzte Kind" 2. Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin, Klinische Tätigkeit: Thermische Verletzungen im Kindesalter, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: Klinikpartnerschaften der Gesellschaft für internationale	Enzymatisches Debridement, Dermis-Ersatz und Verbandsmaterialien COI: moderat: Limitierung Leitungsfunktion und Stimmhaltung oben genannte Themen

	Tätigkeit als Berater*in und/oder Gutachter*in	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/ oder Schulungstätigkeit	Bezahlte Autor*innen-/ oder Coautor*innenschaft	Forschungsvorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer*inneninteressen (Patent, Urheber*innenrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Zusammenarbeit	
Dr. med. Stefan, Ziesing	Nein	Instand e.V., Düsseldorf, Berufsverband der Ärzte für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie	Karl Schulze, Neustadt/Rbge.	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Mitglied in der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), Instand e.V., Wissenschaftliche Tätigkeit: - / -, Klinische Tätigkeit: Diagnostische Mikrobiologie, Klinische Mikrobiologie, Antibiotic Stewardship; Qualitätssicherung Labor, Beteiligung an Fort-/Ausbildung: - / -, Persönliche Beziehung: - / -	COI: keine, Konsequenz keine
Dr. Stolle, Annette	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Deutsche Gesellschaft für Psychotraumatologie, Deutsche Psychotherapeuten Vereinigung; Deutsche Gesellschaft für Psychologie, Deutsche Schmerzgesellschaft	COI: keine, Konsequenz keine
Dr. med. Ulrich, Limper	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin / Beirat; Deutsche Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin	COI: keine, Konsequenz keine
Dr. Ziegenthaler, Hans	Nein	Nein	Fa. Juzo, Bundesfachschule Dortmund	Nein	Nein	Nein	Mitglied: Fachbeirat Rehabilitation im Vorstand der DGV e.V., Wissenschaftliche Tätigkeit: Rehabilitation Brandverletzter und Polytraumatisierter, ICF-Orientierte Rehabilitation, Reha-Assessments, Klinische Tätigkeit: Rehabilitation Brandverletzter	Rahabilitation Schwerbrandverletzter COI: gering: Limitierung Leitungsfunktion