

Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Prof. Dr. med. Matthias Glanemann

Veränderung der Behandlung von Verbrennungen im  
Kindesalter durch Einführung neuer Materialien am  
Universitätsklinikum des Saarlandes über einen Zeitraum  
von 12 Jahren –  
Eine retrospektive Analyse der Behandlungsverläufe

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes

2019

vorgelegt von  
Wiebke Rolfs  
geboren am  
19.03.1993  
in Delmenhorst

Tag der Promotionsprüfung: 25.06.2020

Dekan: Prof. Dr. med. Michael D. Menger

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Matthias Glanemann

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Thomas Volk

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	3
Anlagenverzeichnis .....	3
Abkürzungsverzeichnis .....	4
1 Zusammenfassung .....	6
1.1 Zusammenfassung auf Deutsch .....	6
1.2 Summary .....	8
2 Einleitung: Verbrennungen - Auftreten, Formen und Behandlung .....	9
2.1 Definition und Häufigkeit .....	9
2.2 Berechnung der verbrannten Körperoberfläche .....	10
2.3 Verbrennungsgrade .....	12
2.4 Pathophysiologie der Verbrennung .....	13
2.5 Verbrennungskrankheit .....	14
2.6 Therapie von Verbrennungen .....	15
2.6.1 Konservative Behandlung .....	15
2.6.2 Chirurgische Behandlung .....	17
2.6.3 Nachbehandlung .....	19
2.7 Ziele und Fragestellung .....	21
3 Material und Methoden .....	22
3.1 Patientengut .....	22
3.2 Datenerhebung .....	22
3.3 Datenauswertung und Statistik .....	25
3.4 Vergleich Silbersulfadiazin, Povidon-Iod und Silikon-Schaumverband .....	25
4 Ergebnisse .....	27
4.1 Patientenkollektiv .....	27
4.2 Epidemiologische Daten des Patientenkollektivs .....	27
4.2.1 Anzahl an Patienten .....	27
4.2.2 Alter und Geschlechterverteilung .....	28
4.2.3 Art der thermischen Schädigung .....	29

4.2.4	Lokalisation der thermischen Verletzung.....	31
4.2.5	Verbrennungsgrad und Größe der Verbrannten Körperoberfläche	31
4.2.6	Erstversorgung .....	33
4.2.7	Stationäre und ambulante Versorgung .....	33
4.3	Therapie und Behandlung am UKS.....	34
5	Diskussion .....	44
5.1	Diskussion der Resultate.....	46
5.2	Ausblick und Beantwortung der Fragestellung .....	54
5.3	Zusammenfassung.....	55
5.4	Kritische Anmerkungen zum Studiendesign .....	55
6	Anlagen .....	57
7	Literatur .....	61
8	Danksagung .....	69

## Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1** Neuner-Regel nach Wallace

**Abbildung 2** Diagramm nach Lund und Browder

**Abbildung 3** Flussdiagramm des Patientenkollektivs I

**Abbildung 4** Häufigkeitsverteilung von Verbrühungen und Verbrennungen in Abhängigkeit vom Patientenalter

**Abbildung 5** Flussdiagramm des Patientenkollektivs II

**Abbildung 6** Datenblatt 1: Grunddatenblatt und Unfalldaten

**Abbildung 7** Datenblatt 1: betroffene Lokalisationen eines Patienten

**Abbildung 8** Datenblatt 1: Zusammenfassung des Patienten 1

**Abbildung 9** Datenblatt 1: Zusammenfassung des Patienten 2

**Abbildung 10** Datenblatt 1: Anmerkungen

**Abbildung 11** Datenblatt 2: Verbandswechseldaten

**Abbildung 12** Datenblatt 3: Zusammenfassung der Lokalisation

## Tabellenverzeichnis

**Tabelle 1** Auftreten von thermischen Verletzungen (ICD10 T20-32) im Kindes- und Jugendalter in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2016

**Tabelle 2** Altersverteilung in Abhängigkeit vom Geschlecht

**Tabelle 3** Potenzielle Einflussfaktoren des Therapieverlaufs

**Tabelle 4** Behandlungsdauer der drei Gruppen

**Tabelle 5** Gruppenvergleich der Anzahl an Verbandswechseln

**Tabelle 6** Abstand zwischen Verbandswechseln

## Anlagenverzeichnis

Access Datenblatt

ICD-10 T20-32

## Abkürzungsverzeichnis

$\alpha$	Signifikanzniveau
Ag	Silber
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	circa
d	Tag/e
et al.	et alii/ae/a (lat.), und andere
Gruppe S	Gruppe Silikonschaumverband
Gruppe SSD	Gruppe Silber-Sulfadiazine
Gruppe PVJ	Gruppe Povidon-Iod
ICD	International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems (engl.), Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
IQR	Interquartile Range (engl.), Interquartilsabstand
m	männlich
MAG	Mepilex Ag <sup>®</sup>
Max/max.	Maximum
Min/min.	Minimum
$\mu$ l	Mikroliter
mm	Millimeter
MRSA	Methicillinresistenter Staphylococcus aureus
MW	Mittelwert
PVJ	Povidon-Iod
PVP	Polyvinylpyrrolidone
PVP-I	Povidon-Iod
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
SD	standard deviation (engl.), Standardabweichung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (engl.)
SSD	Silber-Sulfadiazin
UKS	Universitätsklinikum des Saarlandes
VKOF	verbrannte Körperoberfläche
VRE	Vancomycinresistente Enterokokken
VW	Verbandswechsel
w	weiblich

z.B. zum Beispiel  
Z.n. Zustand nach

# 1 Zusammenfassung

## 1.1 Zusammenfassung auf Deutsch

### **Therapievergleich thermischer Verletzungen im Kindesalter: eine retrospektive Datenanalyse**

**Hintergrund:** Verbrennungen sind eine häufige Unfallursache im Kindesalter. Durch die Wahl des verwendeten Therapiematerials kann Einfluss auf den Heilungsverlauf genommen werden. Das Ziel dieser Studie war es, Unterschiede im Behandlungsverlauf zwischen Salbenverbänden mit Silbersulfadiazin (SSD) oder Povidon-Iod (PVJ) und einem Silikonschaumverband (Mepilex®) zu untersuchen.

**Methoden:** Für die Durchführung der vorliegenden Studie wurden alle Patienten zwischen 0 und 17 Jahren eingeschlossen, die mindestens drei Verbandswechsel erhielten, sich innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfallgeschehen vorstellten und bis dahin nicht andernorts behandelt wurden. Außerdem wurden alle Patienten mit drittgradigen Verbrennungen oder Patienten, bei denen eine Hauttransplantation nötig war oder die einen zwischenzeitlichen Therapiewechsel erhielten, ausgeschlossen. Es erfolgte eine Auswertung aller Daten zwischen 2001 und 2012 am Universitätsklinikum des Saarlandes. Die zu untersuchenden Testgrößen wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Der Gruppenvergleich erfolgte mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests. Im Anschluss wurde ein post-hoc-Test zum direkten Gruppenvergleich durchgeführt. Für den Vergleich zwischen zwei Gruppen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt.

**Ergebnisse:** Es wurden 323 Patienten aufgrund von thermischen Verletzungen behandelt. Von diesen erfüllten 79 die Einschlusskriterien. 50 Patienten wurden mit Silikonschaumverbänden, 24 mit Silbersulfadiazin und 5 mit Povidon-Iod behandelt. Es zeigte sich eine signifikant längere Behandlungsdauer, bis zum Wechsel auf Pathenol-haltige Creme, bei Kindern, die mit Silikonschaumverbänden behandelt wurden (13 d, SSD 5,5 d, PVJ 9 d;  $p < 0,01$ ). Der Abstand zwischen zwei Verbandswechseln war in dieser Gruppe signifikant länger (stationäre VW: 2,5 d, SSD 1 d, PVJ 2,17d;  $p < 0,01$ ). Im Gegensatz hierzu zeigten sich in der Häufigkeit der Verbandswechsel keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.



**Zusammenfassung:** Ein längerer Abstand zwischen Verbandswechseln, ohne steigendes Infektionsrisiko, bei resultierender Senkung der Verbandwechselanzahl sowie Analgetikabedarfs können in Zusammenschau mit der diskutierten Literatur als Vorteile der Behandlung mit Silikonschaumverbänden gezeigt werden. Unterschiede zu Ergebnissen der vorliegenden Studie lassen sich im Studiendesign finden.

## 1.2 Summary

### **Changes in treatment of burn wounds in children by initiation of new materials at the University Hospital of Saarland over a period of 12 years – A retrospective analysis of the course of treatment**

#### **Comparison of the therapy of thermal injuries in children: a retrospective trial**

**Background:** Burns are a common cause of trauma in pediatric patients. Different dressings have a great impact on the healing process and outcome. Therefore, we tested differences between the use of silver-sulfadiazine- (SSD) and povidon-iod-bandages (PVP-I) in comparison to a silicone-coated foam dressing (Mepilex®).

**Methods:** We performed a retrospective trial in which children that received at least three dressing changes, presented within 24 hours of injury with no previous treatment or treatment-change, that had not received skin grafting and presented with burns less than full-thickness were included. Data was evaluated from 2001 to 2012. Normal distribution was tested with the Shapiro-Wilk-test. The Kruskal-Wallis-test with following post-hoc analysis was used to determine differences in the three groups. For the comparison between two groups the Mann-Whitney-U-test was performed.

**Results:** A total of 323 patients was treated, and 79 of them fit the inclusion criteria. 50 were treated with silicone-coated foam dressings, 24 with silver-sulfadiazine, and 5 with povidone-iod. Wounds of children treated with silicone-coated foam dressing showed significantly longer treatment times (13 d; SSD 5,5 d; PVP-I 9 d;  $p < 0,01$ ) and significantly longer periods between two dressing changes (Inpatients until discharge: silicon dressing 2,5 d; SSD 1 d; PVP-I 2,17 d;  $p < 0,01$ ). There was no significant difference in the number of needed dressing changes.

**Conclusion:** A longer time between dressing changes may lead to less dressing changes and analgesic use without any raise of infection risk. Those benefits of silicon-coated-foam dressings can be shown in discussion of the results with literature. Differences of this trial results may be caused by its design.

## 2 Einleitung: Verbrennungen - Auftreten, Formen und Behandlung

Thermische Verletzungen sind eine häufig auftretende Verletzungsursache. Vor allem im Kindesalter kommt es häufig zu behandlungswürdigen Verletzungen thermischer Genese. Diese Altersgruppe macht mit bis zu 30-40% einen Großteil aller thermischen Verletzungen aus [59]. Im Kleinkindalter werden sie sogar als zweithäufigste Unfallursache aufgeführt. Vor allem Verbrühungen sind als Ursache zu nennen, diese sind in etwa 80% der thermischen Verletzungen im Kleinkindalter ursächlich. [61]

Je nach Schweregrad und Ausmaß der Verletzung kann es, unter anderem durch Narbenbildung, zu langwierigen Auswirkungen auf den physischen und psychischen Zustand des Betroffenen kommen [7, 77, 80]. Daher ist es wichtig, mithilfe einer geeigneten Therapie einen positiven Einfluss auf die Wundheilung sowie die Langzeit-Prognose zu nehmen.

### 2.1 Definition und Häufigkeit

Von einer thermischen Verletzung spricht man bei einer, durch die Einwirkung von großer Hitze bedingten, Schädigung der Haut oder Schleimhäute.

Im Jahr 2016 gab es in Deutschland 18.854 Verbrennungen oder Verätzungen (ICD10 T20-T32, s. Anhang). Hiervon traten 40,65% (n= 7.665) im Alter unter 15 Jahren auf und 31,05% (n = 5.855) im Alter unter 5 Jahren (siehe Tabelle 1).[71]

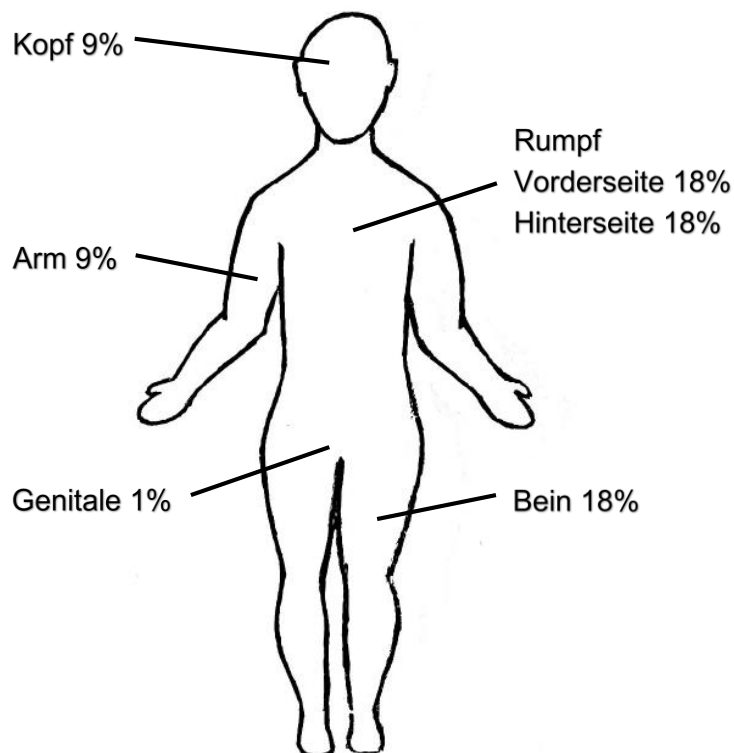
**Tabelle 1** Auftreten von thermischen Verletzungen (ICD10 T20-32) im Kindes- und Jugendalter in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2016 [71]

<i>ICD10</i>		<i>&lt; 1</i>	<i>1 bis</i>	<i>5 bis</i>	<i>10 bis</i>	<i>15 bis</i>	<i>&gt; 20</i>	<i>Alle</i>
<i>T 20 bis</i>		<i>Jahr</i>	<i>&lt; 5</i>	<i>&lt; 10</i>	<i>&lt; 15</i>	<i>&lt; 20</i>	<i>Jahre</i>	<i>Altersgruppen</i>
<i>T 32</i>			<i>Jahre</i>	<i>Jahre</i>	<i>Jahre</i>	<i>Jahre</i>		
<b>Absolute</b>	Gesamt	1.290	4.565	1.038	772	923	10.266	18.854
<b>Häufigkeit</b>	Weiblich	570	1.883	512	346	377	3.641	7.329
	Männlich	720	2.682	526	426	546	6.625	11.525
<b>Relative Häufigkeit</b>	Gesamt	6,84%	24,21%	5,51%	4,09%	4,9%	54,45%	100 %
<b>Kummulative Häufigkeit</b>	Gesamt	6,84%	31,05%	36,56%	40,65%	45,55%	100%	

## 2.2 Berechnung der verbrannten Körperoberfläche

Zur Bestimmung der verbrannten Körperoberfläche (VKOF) gibt es eine Vielzahl an Methoden, die eine Abschätzung erleichtern sollen. Hierdurch können Aussagen zur benötigten Volumentherapie, sowie eine Prognose des weiteren Verlaufs abgeschätzt werden.

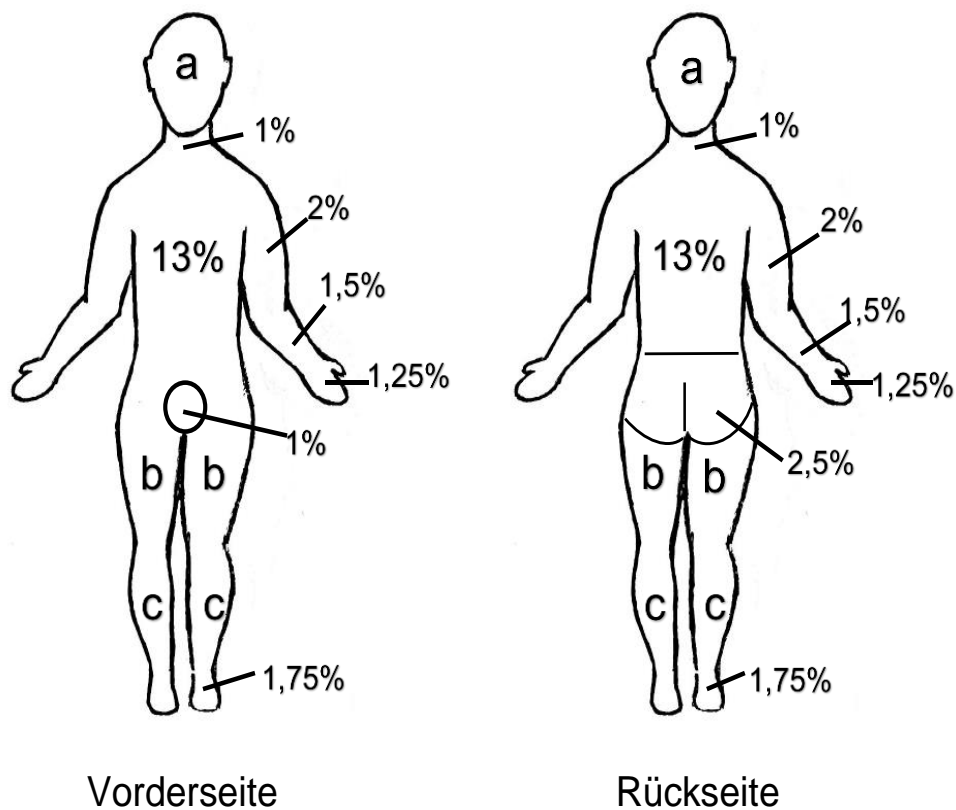
Die bekannteste Formel zur Berechnung der Körperoberfläche ist die Neuner-Regel nach Wallace. Bei dieser wird der Körper in mehrere Regionen unterteilt, wobei jede jeweils 9% der Körperoberfläche entspricht (siehe Abbildung 1). Die Arme, sowie der Kopf, werden mit jeweils 9% einbezogen. Pro Bein fließen je 9% für die Vorder- und Rückseite ein. Am Rumpf werden jeweils 18% für den vorderen und hinteren Teil berechnet. Zudem wird die Genitalregion mit 1% bewertet. [82] Im Kindesalter kommt es bei Anwendung der Neuner-Regel zu einer Überschätzung des Anteils der Extremitäten und Unterschätzung des Kopfes, weshalb die Verwendung bei Kindern unter 14 Jahren kritisch betrachtet werden sollte [62].



**Abbildung 1** Neuner-Regel nach Wallace (Eigene Abbildung)

Für das Kindesalter gibt es daher eine Adaptation der Neuner-Formel an die altersunterschiedlichen Körperproportionen. Im Unterschied zu der Neuner-Regel wird bei der Berechnung nach Lund und Browder auch das Lebensalter berücksichtigt [51]. Da der Kopf im Kindesalter im Verhältnis zu Erwachsenen deutlich größer und die Beine verhältnismäßig kleiner sind [51], ist hierdurch vor allem im Kindesalter eine genauere Abschätzung der VKOF möglich [62] (siehe Abbildung 2).

Um eine grobe Abschätzung der VKOF zu erhalten, eignet sich zudem die Handflächenregel. Laut dieser entspricht die Größe einer Hohlhand inklusive Finger einem Prozent der Körperoberfläche [68].



Alter [Jahre]	0	1	5	10	15	Erwachsen
<b>a – ½ Kopf</b>	9,5 %	8,5 %	6,5 %	5,5 %	4,5 %	3,5 %
<b>b – ½ Oberschenkel</b>	2,75 %	3,25 %	4 %	4,25 %	4,5 %	4,75 %
<b>c – ½ Unterschenkel</b>	2,5 %	2,5 %	2,75 %	3 %	3,25 %	3,5 %

**Abbildung 2** Diagramm nach Lund und Browder (Eigene Abbildung)

## 2.3 Verbrennungsgrade

Des Weiteren wird bei der Beurteilung einer thermischen Verletzung die Verbrennungstiefe beschrieben. Diese kann in vier Grade unterteilt werden.

Vor allem innerhalb der ersten Tage kann es aufgrund des sogenannten „Nachbrennens“ zu einer Zunahme des Schweregrades kommen, was eine initiale Einschätzung erschwert [10]. Vor allem bei Verbrühungen ist daher erst nach einigen Tagen die tatsächliche Tiefe und damit die Schwere der Schädigung abschließend beurteilbar [46, 48].

Die Verbrennungstiefe ist abhängig von der Ursache der thermischen Verletzung sowie der Dauer der Hitzeeinwirkung. Ebenfalls spielt die betroffene Region, bedingt durch eine unterschiedliche Dicke der Haut und ihrer Durchblutung, eine Rolle. Dies ist vor allem im Kindesalter zu bedenken, da die kindliche Haut erst im Alter von etwa fünf Jahren die Hautdicke eines Erwachsenen erreicht und somit bereits geringe Temperatureinwirkungen zu schwerwiegenden Schädigungen führen können. [32]

Bei Verbrennungen ersten Grades liegt ausschließlich eine Schädigung der Epidermis vor. Es kommt zur Ausbildung eines schmerzhaften Erythems mit Überwärmung und oberflächlicher Ödembildung. Innerhalb weniger Tage kommt es zu einer spontanen, narbenlosen Abheilung. [58] Zu berücksichtigen ist, dass bei der Berechnung der VKOF erstgradige Verbrennungen nicht berücksichtigt werden [8].

Von einer Verbrennung zweiten Grades spricht man bei Beteiligung der Dermis. Diese kann weiter unterteilt werden in Grad 2a und 2b. Liegt ausschließlich eine Verbrennung in oberflächlichen Schichten der Dermis vor, spricht man von Grad 2a. Diese präsentieren sich als schmerzempfindliche Wunden, bei denen es zu Blasenbildung mit feuchtem, rötlichem Wundgrund kommt. Innerhalb von 10-14 Tagen kommt es zu einer spontanen Abheilung, ohne dauerhafte Narbenbildung. Eine initiale Hyperpigmentierung ist jedoch möglich und kann durch unzureichenden Expositionsschutz gegenüber Sonnenlicht zu dauerhaften Pigmentveränderungen führen. [58]

Liegt zusätzlich eine Beteiligung tieferer Dermissschichten und von Hautanhangsgebilden vor, so wird dies als Grad 2b klassifiziert. Es kommt zu Blasenbildung, wobei der Wundgrund sich blass weißlich darstellt. Die Wunde ist weniger schmerzempfindlich und zudem ist die kapilläre Durchblutung reduziert. Je nach Ausmaß der Schädigung des Stratum basale, papillare und reticulare der Dermis ist die Wundheilung teilweise nur unter Narbenbildung möglich. [58]

Verbrennungen 3. Grades führen zu einer Schädigung aller Hautschichten (Epidermis, Dermis und Subcutis) und können bis auf die Muskulatur reichen. Der Wundgrund erscheint weiß, teils bräunlich. Es findet keine Durchblutung des subdermalen Gefäßplexus mehr statt und die Sensibilität ist aufgehoben. Eine spontane Heilung ist nicht mehr möglich. [58]

Die maximale Form der Verbrennung ist der 4. Grad. Es kommt zu einem vollständigen Verlust aller Hautschichten bis auf Muskulatur, Sehnen und Knochen. [4] Die Wunde stellt sich weiß, teilweise auch bräunlich-schwarz und trocken dar. Man spricht von einer Verkohlung. Infolge eines Verlustes aller sensiblen Fasern ist die Sensibilität aufgehoben und es besteht keine Schmerzempfindlichkeit mehr. Eine spontane Abheilung ist nicht möglich. [10]

## 2.4 Pathophysiologie der Verbrennung

Die Ausdehnung und der Schweregrad von Brandverletzungen sind abhängig von der Dauer, Höhe und Lokalisation der Temperatureinwirkung. Die entstehende Gewebeschädigung wird erstmals 1953 von Jackson durch die Entwicklung von drei Zonen beschrieben. [40]

Zentral kommt es zur Ausbildung einer Koagulationsnekrose, welche die Koagulationszone bildet. Diese besitzt keine vitalen Zellen mehr, so dass das Gewebe dieser Zone einer irreversiblen Schädigung unterliegt. [4]

Die sich anschließende Stasezone ist durch eine reduzierte Durchblutung sowie Ischämie gekennzeichnet. Aufgrund der Entwicklung von Ödemen, Infektionen oder einer insuffizienten Perfusion kann es im weiteren Verlauf zur Entstehung von nekrotischen Veränderungen kommen.[23] Dies führt zu einer Vertiefung und Vergrößerung der Wunde, dem sogenannten „Nachbrennen“[16]. Jedoch besitzt die Stasezone auch Regenerationspotenziale [41].

In der äußeren Hyperämiezone kommt es zur Ausbildung eines Erythems, welches innerhalb von sieben Tagen spontan abheilt. Es zeigt sich eine gute Perfusion und die Schädigung scheint auf die Epidermis beschränkt zu sein. [40]

## 2.5 Verbrennungskrankheit

Als Folge von großflächigen Verbrennungen, die mehr als 20 % der Körperoberfläche betreffen, kann es im Verlauf zu einer Ausweitung der lokalen Reaktion im Sinne eines systemischen Geschehens kommen [29]. Diese sogenannte Verbrennungskrankheit wird durch die Freisetzung und Aktivierung zahlreicher lokaler Entzündungsmediatoren, wie beispielsweise Histamin, Bradykinin und freier Sauerstoffradikaler [24], hervorgerufen. Sie kann in drei Phasen unterteilt werden [16]:

**Schockphase:** Innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Verbrennung kommt es, aufgrund von Veränderungen der Kapillarpermeabilität [16] sowie einem Absinken des kolloidosmotischen Drucks [89] zu einer Verschiebung von Volumen ins Interstitium. Bereits nach etwa vier Stunden ist eine ausgeprägte Ödembildung im Bereich des Traumas sichtbar. Diese erreicht nach 12-18 Stunden ein Maximum [1, 17]. Zudem ist die Entstehung von Ödemen des nicht direkt vom Trauma betroffenen Gewebes zu beobachten [87]. Die Folge der Volumenverschiebung kann in der Ausbildung eines Volumenmangelschocks bestehen [16]. Im Kindesalter kann es bereits ab einer VKOF von mehr als 10% drittgradiger Hautschädigung zur Entstehung eines Volumenmangelschocks kommen [46]. Außerdem kann eine unzureichende Flüssigkeitstherapie zu Funktionsstörungen weiterer Organe, beispielsweise der Nieren, des Herzens oder des Gastrointestinaltraktes, führen. [37, 87]

**Rückresorptionsphase:** Nach etwa 24 Stunden kommt es aufgrund von vermehrtem Lymphabfluss und einer Normalisierung der Kapillarpermeabilität zu einer Rückresorption der Ödeme. Dies kann zu einer intravasalen Hypervolämie führen. Außerdem zeigt sich nach etwa 48 Stunden eine vermehrte Ausschüttung von Katecholaminen und Kortison, was zu einer hypermetabolen Stoffwechsellaage führt. [16] Die Ausprägung der hypermetabolen Stoffwechsellaage ist abhängig von dem Ausmaß der VKOF [43]. Es kommt zum gesteigerten Ablauf von Glukoneogenese und Glykogenolyse [3] sowie verminderter Insulinwirkung mit resultierender hyperglykämischer Stoffwechsellaage [23].

**Inflammationsphase:** Patienten mit Verbrennungen zeigen eine ausgeprägte Antwort des humoralen und zellulären Immunsystems [58]. Dies kann, ausgehend von einer lokalen Inflammationsreaktion, zur Ausbildung eines „systemic inflammatory response syndrome“ (SIRS) führen [60]. Trotz der ausgeprägten Abwehrreaktionen liegt jedoch insgesamt eher eine Immunsupprimierung vor [30], welche, gepaart mit einer möglichen bakteriellen



Besiedlung der Verbrennungswunden, die Entwicklung einer posttraumatischen Sepsis begünstigt [89].

## 2.6 Therapie von Verbrennungen

In der Behandlung thermischer Verletzungen kann grundsätzlich zwischen konservativer und chirurgischer Therapie unterschieden werden. Die Wahl des Therapieregimes ist hierbei unter anderem abhängig vom Verbrennungsgrad sowie der VKOF.

Die Notwendigkeit einer initialen Kühlung nach thermischen Verletzungen wird in der Literatur kontrovers diskutiert [10, 46, 56]. Vor allem bei großflächigen Verbrennungen, Kleinkindern oder beatmeten Patienten ist, aufgrund der Gefahr einer Hypothermie, eine posttraumatische Kühlung mit Vorsicht anzuwenden [46]. Durch die Ausbildung einer Hypothermie kann das Letalitätsrisiko zunehmen [50].

Wenn nach einer thermischen Verletzung zunächst eine Kühlung eingeleitet wird, wird empfohlen, mit 20°C warmem bis handwarmem Wasser für nicht länger als 20 Minuten zu kühlen [10].

Epidermale Verbrennungen können konservativ mittels Wundsalben, zum Beispiel Panthenolsalbe, therapiert werden [59]. Diese können dazu beitragen die Permeabilitätsbarriere der Haut wieder herzustellen [10]. Zusätzlich ist eine lokale Kühlung und analgetische Therapie zu empfehlen [59].

Oberflächlich dermale Wunden werden ebenfalls konservativ therapiert. Ein primäres Eröffnen und Abtragen der Blasen sollte in Analgosedierung oder unter Kurznarkose erfolgen. Für die anschließende Wundversorgung stehen zahlreiche Verbandsmaterialien zur Verfügung. Nachdem die Epithelisierung abgeschlossen ist, sollte eine tägliche Pflege der regenerierten Haut mit fetthaltigen Lotionen oder Salben durchgeführt werden. [46]

Im Gegensatz hierzu liegt bei Verbrennungen vom Grad 2b und 3 eine klare Indikation zur chirurgischen Versorgung vor. Hierbei erfolgt im Anschluss an ein chirurgisches Debridement, eine Deckung der Wunden durch Voll- oder Spalthauttransplantate oder zunächst überbrückend mit Materialien zur temporären Deckung. [46]

### 2.6.1 Konservative Behandlung

Für die konservative Behandlung thermischer Verletzungen stehen zahlreiche Topika und Verbandsmaterialien zur Verfügung.

### 2.6.1.1 Povidon-Iod

Povidon-Iod (PVP-I) ist eine Kombination aus Polyvinylpyrrolidone (PVP) und dem daran gebundenen Iodid. Hierbei spielt das Iodid eine entscheidende Rolle für die antibakteriellen Eigenschaften der Lösung, welche durch die PVP-Komponente weiter verstärkt werden. [20] PVP-I besitzt ein weites antibakterielles Spektrum, das auch multiresistente Keime, wie MRSA, umfasst [75]. Zusätzlich zeigt es auch einen wirksamen Schutz gegenüber Viren, Pilzen und Protozoen [45]. PVP-I zeigt eine gute Verträglichkeit mit nur seltenem Auftreten von allergischen Reaktionen [45].

Vor allem bei Schwangeren, Neugeborenen und Patienten mit vorbestehender Schilddrüsenerkrankung sollten bei großflächiger Anwendung die Schilddrüsenhormone streng kontrolliert werden. Die Notwendigkeit ergibt sich aus der möglichen Entwicklung einer hypo- oder hyperthyreoten Stoffwechsellage. [90]

Es ist zu bedenken, dass es während der Anwendung zu einer Verfärbung der Wundflächen kommt. Dies kann die weitere Beurteilung des Heilungsverlaufs und der Wundtiefe erschweren. [59]

### 2.6.1.2 Silbersulfadiazin

Silbersulfadiazin setzt sich aus einer wässrigen Lösung von 1%-igen Silber-Ionen und Sulfadiazin zusammen. Es zeigt eine gute Wirksamkeit gegen ein weites Spektrum an grampositiven und -negativen Bakterien, wie *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* oder *Pseudomonas aeruginosa*. [5] Trotz einer geringen Penetration des Wundeschars zeigt Silbersulfadiazin eine gute antiinfektiöse Wirkung und bietet einen guten Schutz vor exogenen Infektionen.

Als Nebenwirkung kann es zur Entwicklung von Überempfindlichkeitsreaktionen, wie einer Dermatitis oder einem Exanthem, kommen. Zudem kann sich innerhalb der ersten Woche eine ausgeprägte Leukopenie (mit  $<1000/\mu\text{l}$  Leukozyten) entwickeln. Diese wird auf eine direkte toxische Wirkung auf das Knochenmark zurückgeführt. [25] Trotz ausgeprägter Leukopenie scheint es zu keiner Steigerung der Infektionsrate zu kommen [5]. Eine Normalisierung der Leukozytenzahl stellt sich, auch ohne Unterbrechung der Therapie, binnen weniger Tage ein [42]. Von Eldad et al. wird bei einem Patienten mit Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenasemangel die Entwicklung einer hämolytischen Anämie als seltene Nebenwirkung beschrieben [22].

### 2.6.1.3 Silikon-Schaumverbände

Silikon-Schaumverbände (Mepilex®, Mepilex Ag®) bestehen aus einem äußeren Polyurethan-Schaum, welchem innen eine Silikonoberfläche aufliegt [74].

Der Polyurethan-Schaum ermöglicht einen guten Abtransport von Wundexsudat. Hierdurch bleibt die Wundfläche feucht, ohne dass Flüssigkeit auf ihr steht [69]. Gleichzeitig dient er als Schutz vor Mikroorganismen [86], ist atmungsaktiv und wasserdicht [12].

Aufgrund der Silikonbeschichtung kommt es zu einem guten Halt des Verbands an unversehrter Haut, wodurch ein Verrutschen vermieden wird [12]. Gleichzeitig wird durch das Silikon ein Anhaften an die Wundfläche minimiert, was die Traumatisierung während der Verbandswechsel reduzieren soll [74].

Der Schaumverband ist auch mit einer Silber-Imprägnierung erhältlich. Dies hat durch Freisetzung von Silberionen einen antibiotischen Effekt und kann daher zu einer Reduktion einer bakteriellen Wundbesiedlungen, beispielsweise mit MRSA oder VRE, führen. [12]

## 2.6.2 Chirurgische Behandlung

Alle Patienten, deren Verbrennung einer 2b- oder 3-gradigen Schädigung entspricht, sollten im Verlauf eine chirurgische Therapie erhalten.

Durch ein frühzeitiges chirurgisches Debridement und anschließende Transplantation hat sich eine Reduktion der Infektionsrate und der Behandlungsdauer sowie eine Verbesserung im Überleben gezeigt [39, 57]. Aufgrund der anfangs schwierigen Beurteilung des Verbrennungsausmaßes, sollte bei Kindern eine eindeutige Demarkierung für bis zu zwei Wochen abgewartet werden. Eine Ausnahme bilden eindeutig 2b- oder 3-gradige Verbrennungen. Ansonsten können durch ein zurückhaltendes Verhalten die Exzisionsgröße und der Blutverlust während der Behandlung reduziert werden. [13, 18, 56]

### 2.6.2.1 Debridement

Generell kann zwischen nichtchirurgischem und chirurgischem Debridement unterschieden werden. Die nichtchirurgischen Verfahren wiederum lassen sich in eine mechanische, wie beispielsweise Abtragung mit einem Schwamm, und eine enzymatische Form unterteilen. Bei chirurgischen Debridements unterscheidet man zwischen der tangentialen und der epifaszialen Nekrektomie. [48]

Die tangentielle Nekrektomie findet vorzugsweise bei 2b-gradigen Verbrennungen Anwendung. Hierbei wird das nekrotische Gewebe schichtweise, bis zum Auftreten von punktuellen Blutungen, abgetragen. Auf diese Weise kann die Dermis in größtmöglichem Umfang geschont und erhalten werden. Dadurch kommt es zu einer geringeren Narbenbildung und Verbesserung der Elastizität der Haut. Allerdings kommt es auch zu einem größeren Blutverlust im Vergleich zur epifaszialen Variante. [48]

Drittgradige Verbrennungen sowie instabile Patienten oder großflächige, infizierte Wundflächen können eine epifasziale Nekrektomie indizieren. Hierbei erfolgt die Abtragung der kompletten Dermis und des subkutanen Fettgewebes bis auf die muskuläre Faszie. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die schnellere Durchführbarkeit, sowie der geringere Blutverlust während der Prozedur. Allerdings kommt es aufgrund des Verlustes der kompletten Dermis zu einer verstärkten Narbenbildung. [48] Zusätzlich kann es durch Schädigung des subkutanen Lymphsystems zur Ausbildung von Lymphödemen kommen [39].

### 2.6.2.2 Spalthauttransplantation

Spalthauttransplantate werden mit einer Dicke von 0,2-0,4 mm entnommen [59]. Als Spenderregion hat sich im Kindesalter vor allem die Kopfhaut bewährt. Diese zeigt eine schnelle Epithelisierung und eine geringe Neigung zu Narbenbildung oder Pigmentänderungen. Zudem wird die Wundfläche später durch die Haare verdeckt. [44, 53] Durch die geringe Dicke des Transplantats bleibt die Basalzellschicht der Entnahmestelle erhalten. Eine spontane Regeneration ist dadurch in der Regel innerhalb von etwa 14 Tagen möglich. Bei Bedarf ist dann eine erneute Transplantatentnahme möglich. [48]

Auch unter schlechteren Durchblutungsbedingungen der Empfängerregion ist ein Überleben von Spalthauttransplantaten möglich. Jedoch zeigt sie im Vergleich zu Vollhauttransplantaten infolge Schrumpfung eine verstärkte Neigung zu Kontrakturen. [66] Durch die Ausbildung von Hämatomen oder die Ansammlung von Sekret unterhalb des Transplantats kann es zum Abheben vom Wundgrund kommen, welches das Anwachsen stört oder verhindert. Um dem vorzubeugen, kann die Spalthaut mithilfe eines Skalpell skarifiziert und hierdurch eine Drainage ermöglicht werden. [59]

Bei großflächigen Verbrennungen oder nur wenigen zur Verfügung stehenden Spenderarealen können verschiedene Expansionsverfahren verwendet werden. Diese ermöglichen es, Wunden zu versorgen, deren Größe einem Vielfachen des Entnahmeareals entspricht.

Um ein Expansionsverhältnis von 2:1 bis 4:1 zu erzielen, ist die Verwendung eines gemeshen Transplantats möglich [39]. Hierzu wird die Spalthaut, mithilfe mehrerer, kleiner Inzisionen in definiertem Abstand, in eine Art Netz geschnitten. Das Transplantat kann nun durch Zug expandiert und auf eine größere Empfängerstelle aufgebracht werden. [73] Durch die so entstehenden Lücken kann Wundsekret und Blut besser abfließen. Ein Nachteil in der Anwendung von Mesh-Grafts ist das kosmetische Ergebnis, das aufgrund der Gewebelücken entsteht. Zum einen benötigen die Gewebzwischenräume längere Zeit bis zur vollständigen Epithelisierung, zum anderen kommt es zu einem dauerhaften, charakteristischen Oberflächenrelief mit Netzstruktur. Deshalb sollten gemeshete Transplantate an sichtbaren Körperregionen nicht angewandt werden. [39, 46] Im Kindesalter sollte aus kosmetischen Gründen, wenn möglich, stets ungemeshete Spalthaut verwendet werden [46].

Eine weitere Technik um großflächige Verbrennungswunden zu decken, ist die Meek-Technik [54]. Hierbei wird das Spalthauttransplantat zunächst auf eine Korkplatte aufgebracht und in kleine Quadrate geschnitten. Diese werden anschließend auf eine Trägerfolie aufgebracht, welche durch auseinanderziehen auf eine größere Fläche aufgebracht werden kann. [48] Auf diese Weise können Expansionsverhältnisse von 1:2 bis 1:9 erreicht werden. [39]

### 2.6.2.3 Vollhauttransplantation

Bei einem Vollhauttransplantat wird die komplette Haut, das heißt Epidermis und Dermis, bis auf das subkutane Fettgewebe verwendet. Aufgrund der größeren Gewebedicke kann, die initial mittels Diffusion erfolgende Perfusion des Transplantats zu Minderdurchblutung führen. Zudem sollte mittels kleiner Inzisionen eine adäquate Abflussmöglichkeit für Sekret ermöglicht werden. [48] Vollhauttransplantate neigen weniger zur Ausbildung von Kontrakturen [59] und zu geringerer Narbenbildung [39]. Allerdings benötigt das Transplantat mehr Zeit bis zur kompletten Einheilung [59] und die Entnahmestelle muss aufgrund der fehlenden Dermis primär verschlossen oder ebenfalls transplantiert werden [39].

### 2.6.3 Nachbehandlung

Im Verlauf der Wundheilung und Regeneration der Haut kann es zu ausgeprägter Narbenbildung kommen. Dies wird unter anderem durch eine lange Dauer bis zur vollständigen Epithelisierung (länger als drei Wochen), Infektionen oder spätes Debridement

und späte Transplantation begünstigt [8]. Aber auch die VKOF sowie der Verbrennungsgrad scheinen einen Einfluss auf die Entstehung von hypertrophen Narben zu haben [79]. Es ist daher wichtig, sowohl durch die Primärtherapie als auch durch die Anschlussversorgung, einen positiven Einfluss auf die Wundheilung zu nehmen. Ziel ist es, die Ausbildung hypertropher Narben zu vermeiden und eine gute Funktionalität und Beweglichkeit sicherzustellen. Hierfür gibt es eine Vielzahl an konservativen und operativen Möglichkeiten.

Zunächst sollten alle Patienten über mindestens zwei Jahre pflegende Cremes, z.B. mit Panthenol, verwenden. Diese fördern das natürliche Regenerationspotential der Haut und können Juckreiz und Entzündungen entgegenwirken.[93] Zudem ist ein intensiver Sonnenschutz wichtig. Im ersten Jahr sollte direkte Sonnenstrahlung vollständig gemieden werden, um Pigmentänderungen vorzubeugen. [61, 93]

Durch die Verwendung von Kompressionsbekleidung kann durch kontinuierlichen Druck auf die Narbe ihre Dicke und Färbung positiv beeinflusst werden. [93] Eine prophylaktische Kompressionstherapie wird bei Patienten empfohlen, deren Wundheilung einen Zeitraum von 14 Tagen überschreitet, sowie nach erfolgter Hauttransplantation [83]. Die Kompressionsbehandlung sollte über mindestens 12 bis 24 Monate erfolgen [55].

Durch die Verwendung von Silikon-Gel oder -Verbänden kann die Narbenbildung positiv beeinflusst werden. So zeigt sich eine Abnahme von Juckreiz sowie eine Verbesserung der Rauheit im Narbenbereich. [78] Die Silikon-Behandlung sollte über einen Zeitraum von mindestens zwei bis drei Monaten an 12-24 Stunden pro Tag durchgeführt werden [6].

Des Weiteren gehören zu den konservativen Methoden beispielsweise Wundmassage, Kryotherapie und intraläsionale Kortikoidinjektionen [6, 55].

Sollten Einschränkungen des Patienten durch ästhetische oder funktionelle Aspekte mithilfe konservativer Maßnahmen nicht zufriedenstellend therapierbar sein, können operative Maßnahmen ergriffen werden. Hierzu zählen Transplantationen sowie die Verwendung von Z-Plastiken [10].

## 2.7 Ziele und Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, Unterschiede zwischen Silikon-Schaumverbänden und der Anwendung von Salbenverbänden mit Silbersulfadiazin oder Povidon-Iod festzustellen. Hierzu wird anhand einer retrospektiven Analyse die Behandlungsdauer, die Verbandswechselhäufigkeit, der Analgetikabedarf sowie die Wundheilung analysiert. Hierdurch sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Besteht ein Unterschied des Behandlungsverlaufs zwischen den untersuchten Therapieverfahren?
2. Zeigen sich Unterschiede bezüglich Narbenbildung und Wundheilung?

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Patientengut

Das Patientenkollektiv zur Durchführung der retrospektiven Studie setzt sich aus allen Patienten im Alter von 0 bis 17 Jahren, die im Zeitraum 2001 bis 2012 am Universitätsklinikums des Saarlandes (UKS) aufgrund einer thermischen Verletzung in Behandlung gewesen sind, zusammen. Zunächst wurden alle Patienten im Alter von 0 bis 17 Jahren, deren Diagnoseschlüssel dem ICD-Code T20-T30 entsprach, aus dem Klinikinformationssystem SAP R/3 IS-H/i.s.h.med. des UKS ermittelt.

Alle Patienten, die nur einmalig vorstellig waren, wurden von der weiteren Erhebung ausgeschlossen. Im Rahmen der Akteneinsicht wurden weiterhin Fälle nicht in die Auswertung aufgenommen, bei denen eine der folgenden Eigenschaften zutraf: Verätzung oder Verbrennung innerer Organe, eine primäre Versorgung in einer auswärtigen Praxis oder Klinik, Verlegung in ein Verbrennungszentrum.

### 3.2 Datenerhebung

Für die Datenerhebung wurden digitale und analoge Patientenakten, Ambulanzbriefe, Notarzteinsatzprotokolle, Operationsberichte, Infusionspläne und mikrobiologische Befunde ausgewertet. Die Daten wurden mithilfe von Microsoft® Office Access 2016 für Windows in einer Datenbank erfasst.

Die Daten wurden über drei verknüpfte Datenblätter erhoben. Jedem Patienten wurde hierbei ein zusammenfassendes Datenblatt zugeordnet. Diesem wurde pro beteiligter Lokalisation ein weiteres Datenblatt untergeordnet, in welchem spezifische Daten für die einzelnen Verbrennungswunden erhoben wurden. Zudem erfolgte eine separate Erhebung der Daten jedes Verbandwechsels pro Lokalisation.

Neben den Angaben zur Patientenidentifikation wurden die folgenden Variablen für die Datenerhebung berücksichtigt:

Datenblatt 1:

#### Unfalldaten

Datum und Zeitpunkt des Unfalls

Unfallort

Unfallhergang

Art der thermischen Verletzung



Unfallursache  
Erstversorgung

### Zusammenfassung

Anzahl an Verbandswechseln (insgesamt, stationär, ambulant)  
Durchführung einer Transplantation  
Verwendung einer temporären Wunddeckung  
Durchführung einer Kompressionstherapie  
Durchführung einer Narbenkorrektur  
Anzahl an Sedierung bzw. Vollnarkosen  
Dauer der Behandlung (insgesamt, stationär, ambulant)  
Abstand zwischen Verbandswechseln (stationär, ambulant)  
Verbrannte Körperoberfläche je Verbrennungsgrad und insgesamt  
Tetanusschutz  
Schmerzmedikation  
Medikament  
Dauer einer Schmerzmittelinfusion  
Wundabstrich  
Mikrobiologischer Nachweis einer Wundbesiedlung  
Antibiotika-Gabe  
Auftreten von Nebenwirkungen  
Blutungen  
Allergien  
Vorerkrankungen

Datenblatt 2:

### Lokalisation der Verbrennung

Anzahl an Verbandswechseln (insgesamt, stationär, ambulant)  
Anzahl an Sedierung bzw. Vollnarkosen  
Dauer der Behandlung (insgesamt, stationär, ambulant)  
Abstand zwischen Verbandswechseln (stationär, ambulant)  
Durchführung einer Transplantation  
Verwendung einer temporären Wunddeckung  
Durchführung einer Kompressionstherapie  
Durchführung einer Narbenkorrektur

Datenblatt 3:

Angaben der Verbandswechsel je Lokalisation

Datum und Uhrzeit des Verbandswechsels  
Ort des Verbandswechsels (stationär, ambulant)  
Schmerzmedikation  
Anästhesieverfahren bzw. Sedativum  
Verbrennungsgrad  
Wundbefund  
Wundreinigung  
Prozedere  
Verwendete Therapie  
Salbenapplikation  
Verbandsmaterial  
Durchführung einer Transplantation  
Verwendung einer temporären Deckung

Zur Bestimmung der Behandlungsdauer, der Anzahl an Verbandswechseln und Anzahl an Sedierungen/Vollnarkosen erfolgte eine Berechnung aus den zugeordneten Lokalisationen, sowie den jeweiligen Angaben zu den einzelnen Verbandswechseln. Es wurde jeweils der größte Wert in Datenblatt 1 übernommen.

Der durchschnittliche Abstand zwischen zwei Verbandswechseln wurde als Quotient der Gesamtdauer der Behandlung und der Anzahl an Verbandswechseln berechnet. Dies erfolgte separat für die ambulante und stationäre Behandlung. Bei Patienten mit Beteiligung mehreren Lokalisationen wurde jeweils der größte Wert für die weitere Auswertung verwendet.

Die Daten der Verbandwechsel wurden erhoben, bis ein Wechsel der Behandlung auf Panthenol-haltige Salbe erfolgte. Wobei alle Verbandswechsel bis zum letzten Verbandwechsel vor dem Wechsel eingeschlossen wurden.

Zur Auswertung der Daten erfolgte eine Einteilung der thermischen Verletzungen nach verschiedenen Unfallursachen. Diese Verletzungsarten umfassen Verbrühungen, Verbrennungen, Elektroverbrennungen und chemische Ursachen. Hierbei wurden zu Verbrennungen folgende Noxen gezählt: Kontakt zu heißen Oberflächen, Flammen/offenes Feuer oder Verpuffungen/Explosionen.

### 3.3 Datenauswertung und Statistik

Die Datenanalyse erfolgte mit SPSS® Inc. Chicago, U.S.A., Version 24.0. Die Erstellung der Grafiken und Tabellen wurde mit SPSS® Inc. Chicago, U.S.A., Version 24.0 und Microsoft® Office Word 2016 durchgeführt.

Kontinuierliche Variablen wurden als Mittelwerte und Standardabweichungen formuliert. Bei kontinuierlichen Variablen, deren Verteilung keiner Normalverteilung entsprach, erfolgte die Auswertung mittels Median und Streuungsmaßen (Minimum und Maximum, Interquartilsrange). Kategorische Variablen sind als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Statistische Signifikanz wurde akzeptiert bei einem zweiseitigen p-Wert  $\leq 0,05$ .

Für den Vergleich der Gruppen wurden die Patienten nach folgenden Einschlusskriterien beurteilt:

- Verbrennungsgrad kleiner als drittgradig
- Mindestens drei Verbandswechsel
- Vorstellung am UKS innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall
- Keine Transplantation
- Kein Wechsel des Therapieregimes im Verlauf
- Verwendung von Silbersulfadiazin, Povidon-Iod oder Silikon-Schaumverband

Alle Patienten, auf die diese Kriterien nicht zutrafen, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

### 3.4 Vergleich Silbersulfadiazin, Povidon-Iod und Silikon-Schaumverband

In einem ersten Vergleich wurden die Patienten in drei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe wurde mit Silbersulfadiazin (SSD), die zweite mit Povidon-Iod (PVJ) und die dritte mit Silikon-Schaumverbänden behandelt.

Die Patienten der PVJ und SSD Gruppe wurden mit Gazeverbänden versorgt.

Für den Vergleich der Gruppen erfolgte zunächst ein Vergleich potenzieller Confounder (Alter, Geschlecht, Verbrennungsgrad, verbrannte Körperoberfläche und Art der thermischen Verletzung, Keimnachweis) mithilfe von Chi<sup>2</sup>- und Kruskal-Wallis-Test. Anschließend erfolgte mittels Shapiro-Wilk-Test eine Überprüfung auf Normalverteilung der Zielgrößen.

Zur primären Analyse erfolgte ein Vergleich der Gruppen durch den Kruskal-Wallis-Test. Im Anschluss wurden die Gruppen durch einen post-hoc Test paarweise verglichen, wobei eine

Anpassung der Signifikanzwerte mittels Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests erfolgte. Bei Vorliegen der Variablen in ausschließlich zwei der drei Gruppen erfolgte die statistische Analyse mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Patientenkollektiv

Aus dem Krankenhausverwaltungssystem SAP ließen sich die Daten von 323 Patienten mit thermischen Verletzungen im Alter von 0-17 Jahren herausfiltern, die im Zeitraum von 2001 bis 2012 am UKS versorgt wurden. 66 Patienten wurden nur einmalig als Notfall behandelt und daher von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Die Akten von sechs Patienten ließen sich nicht auffinden und flossen daher auch nicht in den weiteren Ergebnisteil ein.

Nach der ersten Akteneinsicht wurden weitere 89 Patienten, die nicht den Einschlusskriterien entsprachen, von der weiteren Auswertung ausgenommen. Bei 16 Patienten ist durch Ingestion von Säuren oder Laugen eine Verätzung innerer Organe aufgetreten. Weitere 66 Patienten wurden bereits vor der Vorstellung am UKS andernorts primärversorgt, 63 hiervon wurden zur anschließenden Akuttherapie am UKS vorstellig, 2 erhielten ausschließlich eine Narbenbehandlung und -korrektur und ein Patient wurde zur Initiierung einer Kompressionstherapie vorgestellt. Zwei Patienten wurden in ein Verbrennungszentrum verlegt. Bei drei weiteren Patienten erfolgte aufgrund eines Elektrounfalls eine stationäre Überwachung der Vitalparameter, ohne dass bei geringem Ausmaß einer Verbrennung mehrfache Wundversorgung erfolgten. Ein Patient benötigte nach Hautkontakt mit einer heißen Flüssigkeit ohne Anzeichen einer Verbrühung keine spezielle Behandlung. Außerdem lag eine falsche ICD-Zuordnung vor.

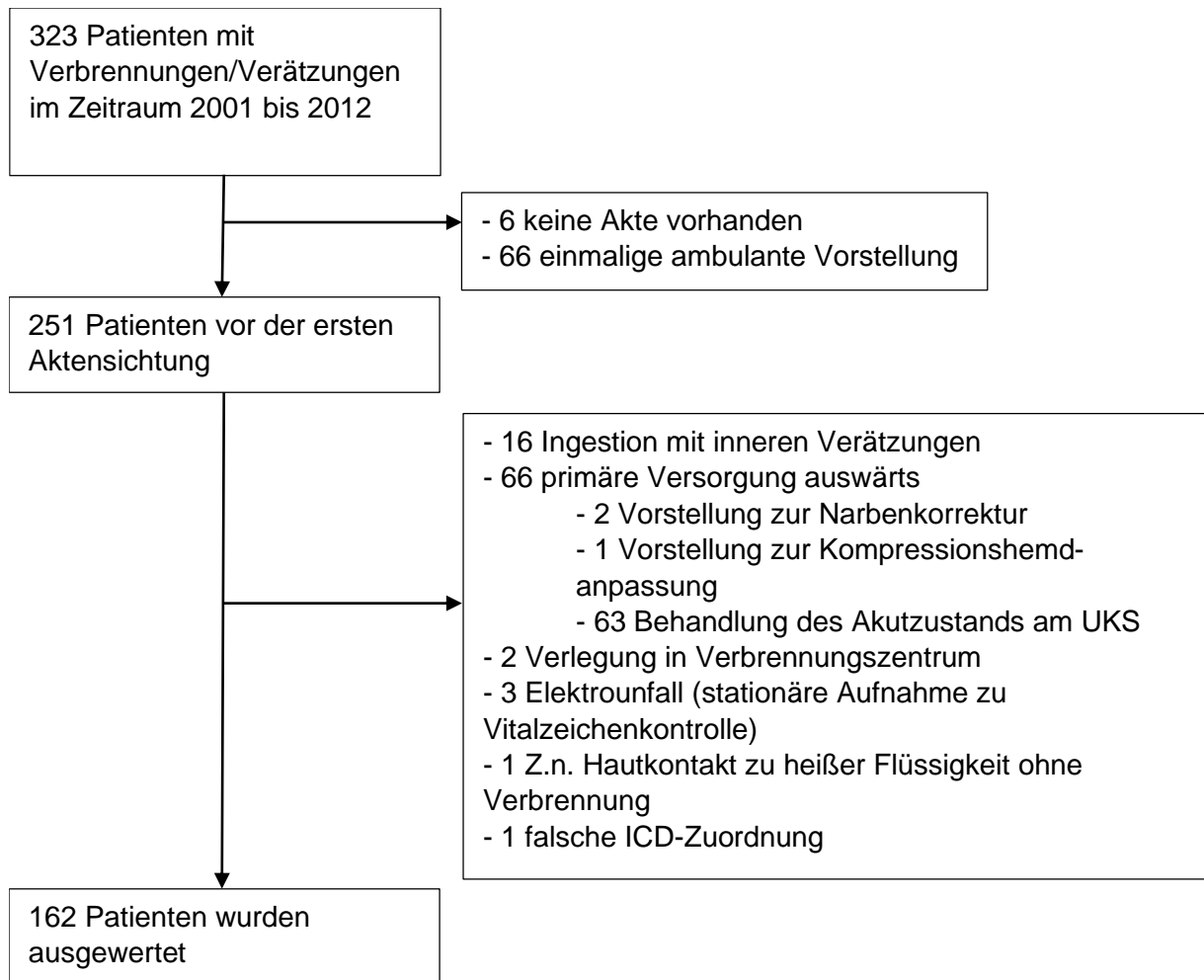
Insgesamt wurden daher die Behandlungsdaten von 162 Patienten ausgewertet.

(siehe Abbildung 3)

### 4.2 Epidemiologische Daten des Patientenkollektivs

#### 4.2.1 Anzahl an Patienten

In dem Zeitraum 2001 bis 2012 wurden am UKS 162 Patienten mit thermischen Verletzungen vorgestellt und stationär oder ambulant behandelt. Im Durchschnitt wurden jährlich 13,5 Patienten behandelt (Median 13).



**Abbildung 3** Flussdiagramm des Patientenkollektivs I

#### 4.2.2 Alter und Geschlechterverteilung

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Unfalls lag bei 3,28 Jahren (SD 4,09 Jahre, Median 1 Jahr, IQR 1 - 4 Jahre). Die Altersspanne ging von 17 Tagen bis 17 Jahren.

Für einen übersichtlicheren Vergleich der Patienten wurden diese in vier Altersgruppen unterteilt (siehe Tabelle 2).

Von den im Zeitraum 2001 bis 2012 am UKS behandelten Patienten waren 47,5% weiblich und 52,5% männlich. Vor allem im Kleinkindalter waren mehr männliche Kinder verletzt (1:1,17 w:m), während ab dem 15 Lebensjahr fast doppelt so viele Mädchen wie Jungen behandelt wurden (1,75:1 w:m). (siehe Tabelle 2)

**Tabelle 2** Altersverteilung in Abhängigkeit vom Geschlecht

	Weiblich [n (%)]	Männlich [n (%)]	Summe [n (%)]	Kummulative Summe [n (%)]
<b>Säugling (1.Lebensjahr)</b>	8 (4,9%)	10 (6,2%)	18 (11,1%)	18 (11,1%)
<b>Kleinkind (2.-6.Lebensjahr)</b>	52 (32,1%)	61 (37,7%)	113 (69,8%)	131 (80,9%)
<b>Kind (7.-14.Lebensjahr)</b>	10 (6,2%)	10 (6,2%)	20 (12,3%)	151 (93,2%)
<b>Jugendlich (15.- 18.Lebensjahr)</b>	7 (4,3%)	4 (2,5%)	11 (6,8%)	162 (100%)
<b>Summenhäufigkeit</b>	77 (47,5%)	85 (52,6%)	162 (100%)	

#### 4.2.3 Art der thermischen Schädigung

Am häufigsten waren die Verletzungen durch Verbrühungen (n=116, 73%, der gültigen Werte) verursacht. Bei 40 Patienten (25,2%) wurden die Verletzungen durch Verbrennungen bedingt. In 2 Fällen (1,3%) entstand die Verletzung durch eine elektrische Noxe. 0,6% (n=1) wurden durch chemische Ursachen bedingt. Bei drei Patienten ließ sich aus den Unterlagen die Ursache der thermischen Schädigung nicht ersehen.

52,6% (n=61) der Verbrühungen wurden durch heiße Getränke und deren Umkippen oder Herunterziehen verursacht. In 13 Fällen (11,2%) kam es durch Ziehen am Wasserkocherkabel oder Umkippen eines Wasserkochers zu einer Verbrühung. Bei 5 Kindern wurde diese durch heiße Inhalier-Flüssigkeit hervorgerufen. Bei 30 Patienten (26,1%) war heißes Wasser zum Beispiel einer Wärmflasche, der Dusche oder heiße Brühe die Verbrennungsursache. In 4 Fällen wurde durch Kontakt zu heißen Nahrungsmitteln eine Verbrühung verursacht.

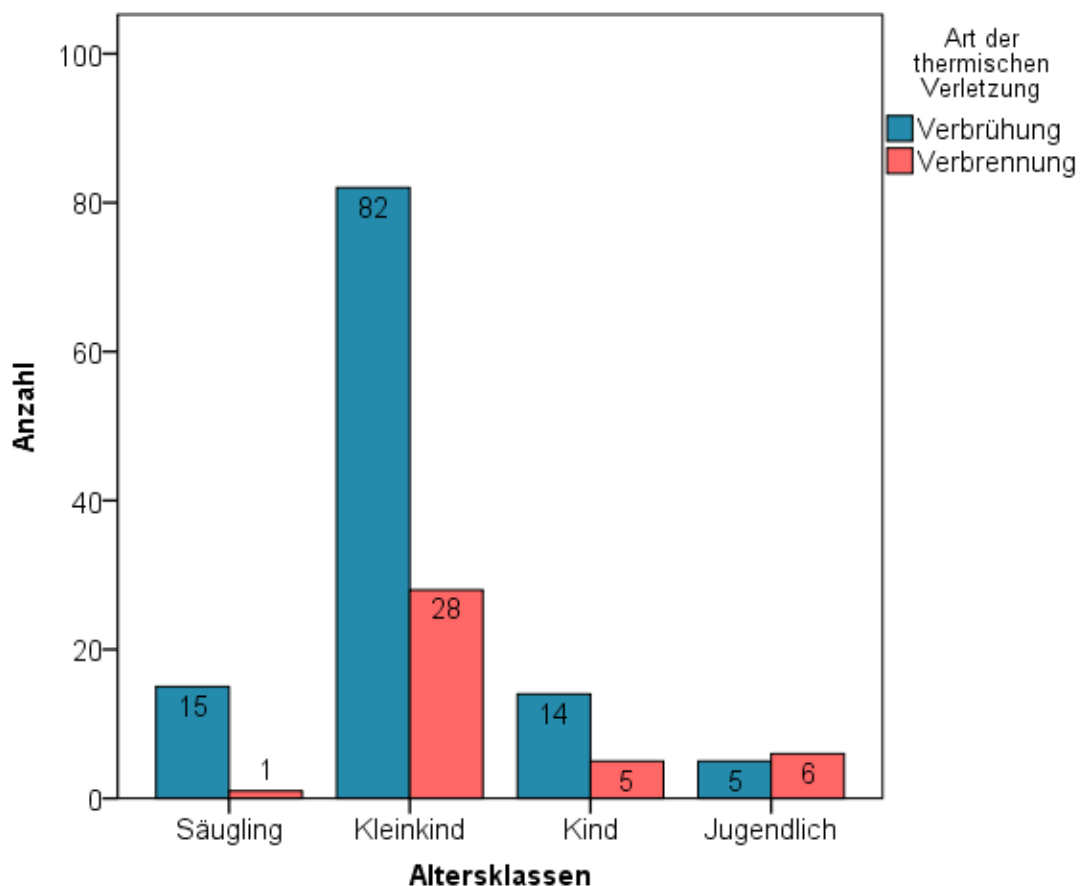
Bei zwei Patienten kam es durch Kontakt zu heißem Fett zu einer thermischen Schädigung.

Die Verbrennungen wurden vor allem durch Kontaktverbrennungen an heißen Oberflächen wie Herdplatte (n=11), Ofentür (n=5), Auspuff (n=2), Grill (n=3) oder Bügeleisen (n=4) verursacht (n=31, 77,5%). In 22,5% (n=9) der Fälle war Feuer (n=5), eine Explosion (n=2) oder eine Verpuffung (n=2) die Ursache.

Bei einem Kind trat nach einer Nabelgranulombehandlung eine Verätzung durch Verlaufen von Silbernitrat auf. Die zwei Elektroverbrennungen wurden jeweils nach operativen Eingriffen bemerkt.

Es fällt auf, dass vor allem bei Kleinkindern (n=82, 74,5%) und Säuglingen (n=15, 83,3%) Verbrühungen als Ursache der Verletzung stärker dominieren als im Schulkind- (n=14, 70%) oder Jugendalter (n=5, 45,5%) (siehe Abbildung 4).

Während die Verbrennungen bis zum 6. Geburtstag vornehmlich durch Kontaktverbrennungen (n=27, 93,1%) hervorgerufen wurden, ist ab dem Schulalter ein vermehrtes Auftreten durch Einwirkung von Feuer oder durch kleine Explosionen bzw. Verpuffungen festzustellen (n=7, 63,6%).



**Abbildung 4** Häufigkeitsverteilung von Verbrühungen und Verbrennungen in Abhängigkeit vom Patientenalter



#### 4.2.4 Lokalisation der thermischen Verletzung

Am häufigsten kam es zu thermischen Verletzungen im Bereich der Arme und Hände (85 Patienten, 52,5%). In 28,4% (n=46) der Fälle war eine Beteiligung des Kopfes und des Halsbereiches vorhanden. Bei 48 Patienten (29,6%) kam es zu einer thermischen Verletzung am Thorax und Rücken. Bei weiteren 13% (n=21) lag eine Beteiligung der Bauchdecke vor. Außerdem konnte bei 31,5% (n=51) eine thermische Verletzung der Beine beobachtet werden.

Von den 85 Patienten mit Beteiligung an der oberen Extremität war in 34 Fällen der Oberarm verbrannt, 29 Patienten hatten eine Beteiligung des Unterarms. Diese wurden vor allem durch Verbrühungen verursacht (n=24, 85,7% am Unterarm (der gültigen Werte, ein Wert fehlend); n=30, 90,9% am Oberarm (der gültigen Werte, ein Wert fehlend)). Wohingegen Verletzungen an der Hand (n=50) vorwiegend durch Verbrennungen (n=28, 58,3% (der gültigen Werte, 2 Werte fehlend)), vor allem durch Kontakt zu heißen Oberflächen (n=25, 52,1%), bedingt waren.

In 33 Fällen kam es zu einer thermischen Verletzung der Oberschenkel und in 15 zu einer Beteiligung des Unterschenkels. Die Füße waren in 20 Fällen betroffen. Thermische Verletzungen an der unteren Extremität waren vorwiegend durch Verbrühungen bedingt (n=46, 90,2%).

Auch im Rumpf- und Kopfbereich war größtenteils eine Verbrühung die Ursache der Verletzung (Kopf und Hals n=40, 87%; Thorax und Rücken n=47, 100% (der gültigen Werte, 1 Wert fehlend); Bauchdecke n=20, 95,2%).

#### 4.2.5 Verbrennungsgrad und Größe der Verbrannten Körperoberfläche

Insgesamt ist anzumerken, dass die Verbrennungstiefe in Ihrer Beurteilung von verschiedenen behandelnden Ärzten teilweise sehr unterschiedlich eingeschätzt wurde und die hier verwendeten Angaben sich auf die schwerste Verbrennungstiefe beziehen, die den Daten eines Patienten zu entnehmen war. Bei den meisten Patienten lagen verschiedene Schweregrade vor.

Von den behandelten Patienten hatten 5,7% (n=9) ausschließlich erstgradige Verbrennungen.

Am häufigsten lagen Grad 2a-Verbrennungen vor, diese waren in 56% (n=89) der gültigen Fälle zu verzeichnen, welche zu 67,8%(n=59) durch Verbrühungen und zu 31% (n=27) durch Verbrennungen und einmalig durch eine elektrische Noxe verursacht wurden. In zwei Fällen konnte keine Ursache ermittelt werden.

Grad 2b-Verbrennungen traten in 30,8% (n=49) der gültigen Fälle auf, von diesen wurden 91,7% (n=44) durch Verbrühungen hervorgerufen. In einem Fall konnte keine Ursache ermittelt werden.

Bei 12 Patienten lagen drittgradige Verbrennungen vor. Vorwiegend waren Verbrühungen die Ursache für Verbrennungen 3.Grades (n=8, 66,7%), während 33,3% (n=4) durch Verbrennungen hervorgerufen wurden.

In 3 Fällen gab es keine Angaben über die Tiefe der thermischen Verletzung.

Säuglinge hatten zu 52,9 % (n=9) Verbrennungen vom Grad IIa und zu 29,4 % (n=5) Grad IIb. Eine ausschließlich erstgradige thermische Verletzung trat in diesem Alter bei einem Patienten auf und zwei zeigten drittgradige Verletzungen.

Im Kleinkindalter trat zu 55,9 % Grad IIa (n= 62) und zu 30,6 % Grad IIb (n=8) auf. Sieben Mal zeigten sich erstgradige Verletzungen und bei acht Kindern zwischen dem zweiten und fünften Lebensjahr kam es zu Verbrennungen dritten Grades.

In der Altersgruppe Kind traten keine ausschließlich erstgradigen thermischen Verletzungen auf. Zu 50 % (n=10) waren die Verletzungen in dieser Gruppe vom Grad IIa und bei 40 % (n=8) konnten IIb-gradige Verbrennungen gesehen werden. Bei zwei Kindern lagen drittgradige Verletzungen vor.

Im Jugendalter lag bei einem Patienten eine erstgradige thermische Verletzung vor. Acht Patienten (72,7 %) wiesen eine Grad IIa-Verbrennung auf und zwei ein Grad IIb. (Verteilungen der Verbrennungsgrade in den Altersgruppen: p= 0,861).

Bei 117 Patienten konnte aus den Daten der Akten die verbrannte Körperoberfläche (VKOF) entnommen werden. Im Durchschnitt hatten die Patienten eine VKOF von 7,04% (SD  $\pm$ 6,70%; Median 5%, IQR 1% -10%). Die minimale Ausdehnung lag bei weniger 1% und die maximale betrug 30% der Körperoberfläche.

Bei fehlender Angabe bei Verbrennung der Hände, wurde diese nach der Handflächen-Regel als 1% gewertet.

In 45 Fällen konnten keine genaueren Angaben über die VKOF aus den Akten entnommen werden.

## 4.2.6 Erstversorgung

Insgesamt wurden 5 Kinder in der kinderchirurgischen und 36 in der unfallchirurgischen Notaufnahme erstversorgt. Ein Patient stellte sich zur Erstversorgung in der Hautklinik vor. Der Großteil aller Patienten (n=120; 74,1%) ist in der Kinderklinik mit der Kinderchirurgie erstversorgt worden.

## 4.2.7 Stationäre und ambulante Versorgung

134 Patienten (82,7%) wurden stationär am UKS behandelt. Bei 28 Patienten (17,3%) fand ausschließlich eine ambulante Versorgung statt.

Durchschnittlich wurden die Patienten 11,15 Tage behandelt (SD 12,15 Tage; Median 7 Tage, IQR 3 - 15 Tage). Die längste Behandlungsdauer ging über einen Zeitraum von 71 Tagen.

### 4.2.7.1 Stationäre Versorgung

Durchschnittlich wurden die Patienten 8,28 Tage stationär behandelt (SD 9,53 Tage; Median 6 Tage, IQR 2,75 - 10,25 Tage). Die längste stationäre Behandlungsdauer ging über einen Zeitraum von 57 Tagen.

11 Patienten wurden zwischenzeitlich auf der Intensivstation versorgt. Die durchschnittliche Liegedauer auf Intensivstation betrug 4,33 Tage (SD 5,10 Tage; Median 2 Tage, IQR 1 - 5,5 Tage, Max 17 Tage).

Durchschnittlich wurden stationäre Patienten 3,46 Tage ambulant behandelt (SD 7,15 Tage; Median 0 Tage, IQR 0 - 5 Tage). Die längste ambulante Behandlungsdauer ging über einen Zeitraum von 53 Tagen.

### 4.2.7.2 Ambulante Versorgung

Vor 2005 gab es keine Patienten, die ausschließlich, über einen längeren Zeitraum, ambulant behandelt wurden. Durchschnittlich wurden die Patienten 8,32 Tage ambulant behandelt (SD 10,49 Tage; Median 4 Tage, IQR 1 - 9,5 Tage). Die längste Behandlungsdauer ging über einen Zeitraum von 38 Tagen.

### 4.3 Therapie und Behandlung am UKS

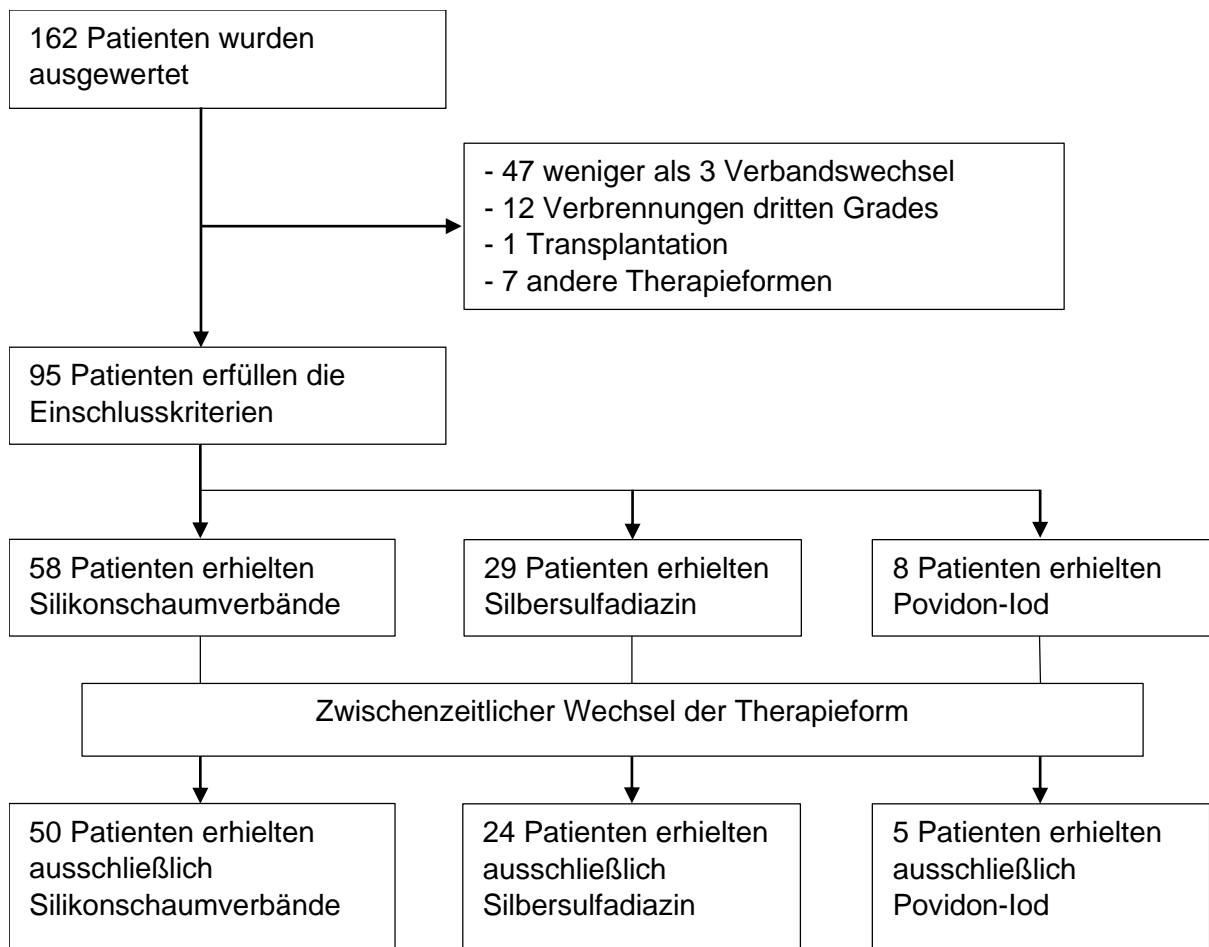
Die Patienten wurden anhand der erhaltenen Therapie in drei Gruppen unterteilt.

77 Patienten (55,0% der gültigen Werte) der Patienten wurden vornehmlich mit Silikonschaumverbänden (Gruppe S) behandelt. 37,9% (n=53) erhielten Silbersulfadiazin (Gruppe SSD) und 7,1% (n=10) Povidon-Iod-Salbenverbände (Gruppe PVJ).

Es erfolgte der Ausschluss von 47 Patienten, die weniger als drei Verbandswechsel erhielten, 12 Patienten mit drittgradiger Verbrennung, einem Patienten mit Transplantation und 7 Patienten mit anderen Verbandsmaterialien. Zudem wurden 16 Patienten, bei denen im Behandlungsverlauf verschiedene Verbandsmaterialien verwendet wurden, ausgeschlossen. 79 Patienten konnten den Einschlusskriterien standhalten, von diesen wurden 50 mit Silikonschaumverbänden, 24 mit Silbersulfadiazin (SSD) und 5 mit Povidon-Iod (PVJ) behandelt. (siehe Abbildung 5)

Ab 2006 erfolgte der Wechsel des Therapieverfahrens von Salbenverbänden auf Silikon-Schaumverbände. Bis 2007 wurden thermische Verletzungen sowohl mit Silbersulfadiazin als auch mit Povidon-Iod behandelt. 2006 erfolgte bei drei Patienten eine Therapie mit SSD und ein erster Patient wurde mit Silikon-Schaumverband behandelt. Im Jahr 2007 wurden noch zwei Patienten mit SSD und bereits acht Patienten mit Silikon-Schaumverbänden versorgt. Seit 2008 wurde ausschließlich Silikon-Schaumverbände für die Therapie thermischer Verletzungen verwendet.

Tabelle 3 zeigt die Verteilung möglicher Einflussgrößen einer Epithelisierung/Behandlungsdauer in den einzelnen Gruppen.



**Abbildung 5** Flussdiagramm des Patientenkollektivs II

**Tabelle 3** Potenzielle Einflussfaktoren des Therapieverlaufs

		Silikon- Schaumverband	Silber- Sulfadiazin	Povidon- Iod	p-Wert
<b>Geschlecht</b>	Weiblich	21	14	1	0,221
	Männlich	29	10	4	
<b>Alter [Jahre]</b>	MW	2,68	5,67	1,2	0,053
	Median	1,0	4,0	1,0	
	Min	0	0	0	
	Max	16	16	3	
<b>VKOF [%]</b>	MW	5,06	8,71	6	0,106
	Median	4,0	7,0	7,0	
	Min	1	1	1	
	Max	15	24	10	
<b>Verbrennungsgrad</b>	1	0	0	0	0,865
	2a	27	15	3	
	2b	23	9	2	
	3	0	0	0	
<b>Art der thermischen Verletzung</b>	Verbrühung	38	19	3	0,578
	Verbrennung	11	4	1	
	Elektrisch	0	1	0	
<b>Keimnachweis</b>	Positiv	8	2	1	0,795

Die durchschnittliche Behandlungsdauer in Gruppe S betrug 14,98 Tage (Median 13,00, IQR 10 – 17,25, Min 4, Max 54). 39 der 50 Patienten wurden stationär behandelt. Die Behandlung dauerte durchschnittlich insgesamt 14,56 Tage (Median 13, IQR 11 - 17, Min 5, Max 54). Die stationäre Behandlung erfolgte über einen Zeitraum von 8,13 Tagen (Median 8, IQR 5 - 11, Min 1, Max 15), zudem wurden 28 Patienten im Anschluss ambulant weiterversorgt (MW 6,44 Tage, Median 5, IQR 0 - 8, Min 0, Max 53). Während des stationären Aufenthalts wurde ein Patient über zwei Tage intensivmedizinisch versorgt. Eine ausschließlich ambulante Versorgung erfolgte bei 11 Patienten (MW 16,45 Tage, Median 10, IQR 7 - 32, Min 4, Max 38).

In Gruppe SSD betrug die durchschnittliche Behandlungsdauer aller Patienten 7,29 Tage (Median 5,50, IQR 3,25 – 7,75, Min 3, Max 45). Die 23 stationär versorgten Patienten wurden über durchschnittlich 7,35 Tage (Median 5, IQR 3 - 8, Min 3, Max 45) behandelt. Der

stationäre Aufenthalt erfolgte dabei über einen Zeitraum von 6,96 Tagen (Median 4, IQR 3 - 8, Min 2, Max 45). Eine anschließende ambulante Versorgung erfolgte bei drei Patienten über 0,39 Tage (Median 0, IQR 0 - 0, Min 0, Max 4). Ein Patient wurde über sechs Tage ausschließlich ambulant versorgt.

Die Patienten aus Gruppe PVJ wurden im Schnitt 12,4 Tage (Median 9, IQR 6 – 20,5, Min 6, Max 27) behandelt. Die Gesamtbehandlungsdauer der vier stationär behandelten Patienten betrug 12,00 Tage (Median 7,5, IQR 6 – 22,5, Min 6, Max 27). Die stationäre Versorgung erfolgte über eine Dauer von 7,50 Tagen (Median 7,5, IQR 6 - 9, Min 6, Max 9). Während des stationären Aufenthalts wurde ein Patient einen Tag intensivmedizinisch versorgt. Ein Patient wurde im Verlauf über 18 Tage ambulant weiter betreut. Zudem erfolgte bei einem Patienten eine ausschließlich ambulante Behandlung über 14 Tage.

Es zeigt sich, dass Patienten der Gruppe S eine signifikant längere Gesamtbehandlungsdauer als Patienten der anderen beiden Gruppen hatten ( $p < 0,01$ ). Im paarweisen Gruppenvergleich ergab sich dieser Unterschied für den Vergleich zwischen Gruppe S und SSD ( $p < 0,01$ ). Auch für die stationäre Versorgung zeigten sich längere Behandlungsdauern der Gruppe S, die sich ebenfalls für den paarweisen Vergleich zwischen Gruppe S und SSD ergeben (Gesamtbehandlungsdauer  $p < 0,01$ ; stationäre Behandlungsdauer  $p = 0,025$ ; ambulante Behandlungsdauer  $p < 0,01$ )).

Die Fallzahl ausschließlich ambulant behandelter Patienten war zu gering, um einen aussagefähigen statistischen Vergleich durchzuführen.

In Tabelle 4 ist die Behandlungsdauer der drei Gruppen dargestellt.

**Tabelle 4** Behandlungsdauer der drei Gruppen

			Silikon- Schaum- verband	Silber- Sulfadiazin	Povidon- Iod	p- Wert	
<b>Behandlungs- dauer [d]</b>	Alle	N	50	24	5		
	Patienten	Gesamtdauer	MW	14,98	7,29	12,40	<0,01
			Median	13,00	5,50	9,00	
			Min	4	3	6	
			Max	54	45	27	
	Stationäre	N	39	23	4		
	Patienten	Gesamtdauer	MW	14,56	7,35	12,00	<0,01
			Median	13,00	5,00	7,50	
			Min	5	3	6	
			Max	54	45	27	
		Stationär	MW	8,13	6,96	7,50	0,025
			Median	8,00	4,00	7,50	
			Min	1	2	6	
			Max	15	45	9	
		Ambulant	MW	6,44	0,39	4,50	<0,01
			Median	5,00	0,00	0,00	
			Min	0	0	0	
			Max	53	4	18	
	Ambulante	N	11	1	1		
	Patienten	MW	16,45	6,00	14,00	-	
Median		10,00	6,00	14,00			
Min		4	-	-			
Max		38	-	-			



Für alle Patienten ergab sich eine Gesamtzahl an Verbandswechseln von 5,1 für Gruppe S (Median 5, IQR 4 - 6, Min 3, Max 10). Die stationär versorgten Patienten hatten im Verlauf insgesamt 5,21 Verbandswechsel (Median 5, IQR 4 - 6, Min 3, Max 10), hiervon erfolgten 3,74 (Median 4, IQR 3 - 5, Min 1, Max 7) während des stationären Aufenthaltes und 1,46 (Median 1, IQR 0 - 2, Min 0, Max 6) in der ambulanten Nachversorgung. Die ausschließlich ambulant betreuten Patienten hatten durchschnittlich 4,73 Verbandswechsel (Median 4, IQR 3 - 6, Min 3, Max 8).

In Gruppe SSD erhielten die Patienten durchschnittlich 5,42 Verbandswechsel (Median 4,5, IQR 3,25 - 7, Min 3, Max 14). Bei stationär behandelten Patienten lag der Durchschnitt bei 5,48 (Median 5, IQR 3 - 7, Min 3, Max 14) über den gesamten Behandlungszeitraum. Während der stationären Versorgung erfolgten 5,17 Verbandswechsel (Median 4, IQR 3 - 7, Min 2, Max 14). Für einen Patienten erfolgten in der ambulanten Nachbehandlung drei weitere Verbandswechsel. Bei einem ausschließlich ambulant versorgten Patienten erfolgten vier Verbandswechsel.

In Gruppe PVJ wurden 5,6 Verbandswechsel (Median 5, IQR 4 – 7,5, Min 4, Max 9) durchgeführt. Für die stationär behandelten Patienten ergab sich eine Gesamtzahl von 5,75 Verbandswechsel (Median 5, IQR 4 – 8,25, Min 4, Max 9). Hiervon erfolgten 4,50 (Median 4, IQR 4 – 5,5, Min 4, Max 6) im stationären Aufenthalt. Fünf weitere Verbandswechsel wurden bei einem Patienten nach Entlassung im ambulanten Umfeld durchgeführt. Zudem erhielt ein Patient ausschließlich fünf ambulante Verbandswechsel.

Es zeigt sich, dass die Anzahl an Verbandswechseln in allen Gruppen eine ähnliche Verteilung aufweist. Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Tabelle 5 zeigt die Anzahl an Verbandswechseln für die einzelnen Gruppen.

**Tabelle 5** Gruppenvergleich der Anzahl an Verbandswechseln

				Silikon- Schaum- verband	Silber- Sulfadiazin	Povidon- Iod	p- Wert
<b>Anzahl Verbands- wechsel (VW)</b>	Alle Patienten	Gesamtanzahl	MW	5,10	5,42	5,60	0,830
			Median	5,00	4,50	5,00	
			Min	3	3	4	
			Max	10	14	9	
	Stationäre Patienten	Gesamtanzahl	MW	5,21	5,48	5,75	0,811
			Median	5,00	5,00	5,00	
			Min	3	3	4	
			Max	7	14	9	
	Stationäre VW		MW	3,74	5,17	4,50	0,242
			Median	4,00	4,00	4,00	
			Min	1	2	4	
			Max	7	14	6	
	Ambulante VW		MW	1,46	0,30	1,25	-
			Median	1,00	0,00	0,00	
			Min	0	0	0	
			Max	6	3	5	
Ambulante Patienten		MW	4,73	4,00	5,00	-	
		Median	4,00	4,00	5,00		
		Min	3	-	-		
		Max	8	-	-		

Im Durchschnitt lagen 2,53 Tage (Median 2,5, IQR 2 - 3, Min 1, Max 4) zwischen zwei stationären und 4,20 Tage (Median 3,88, IQR 3 - 5, Min 2, Max 8,83) zwischen zwei ambulanten Verbandswechseln der stationär betreuten Patienten aus Gruppe S. Für ausschließlich ambulant behandelte Patienten betrug der durchschnittliche Abstand zwischen zwei Verbandswechseln 3,78 Tage (Median 3, IQR 2,86 – 4,57, Min 1,5, Max 7,75). In Gruppe SSD lagen zwischen zwei stationären Verbandswechseln 1,25 Tage (Median 1, IQR 1 – 1,5, Min 0,67, Max 4,0) und 1,28 Tage (Median 1,33, IQR 1 – 1, Min 1, Max 1,5) zwischen zwei ambulanten Verbandswechseln. Bei dem ausschließlich ambulant versorgten Patienten der Gruppe SSD zeigte sich ein durchschnittlicher Abstand zwischen den Verbandswechseln von 1,67 Tagen.

Für Gruppe PVJ ergab sich ein Abstand von 2,00 Tagen (Median 2,17, IQR 1,17 – 2,67, Min 1, Max 2,67) bei stationären und 3 Tagen bei ambulanten Verbandswechseln der stationär betreuten Patienten. Zudem erfolgten die Verbandswechsel in einem Abstand von 3,25 Tagen bei dem nur ambulant behandelten Patienten.

Für die stationär behandelten Patienten zeigt sich eine signifikant längere Dauer zwischen zwei stationären Verbandswechseln für Gruppe S ( $p < 0,01$ ). Diese ergab sich für den Vergleich zu Gruppe SSD. Auch für den Abstand zwischen ambulanten Verbandswechseln in Gruppe S konnte ein signifikanter Unterschied gesehen werden ( $p = 0,012$ ).

Der durchschnittliche Abstand zwischen zwei Verbandswechseln wird in Tabelle 6 dargestellt.

**Tabelle 6** Abstand zwischen Verbandswechseln

				Silikon- Schaum- verband	Silber- Sulfadiazin	Povidon- Iod	p- Wert
<b>Abstand zwischen Verbandswec hseln (VW) [d]</b>	Stationäre Patienten	Stationäre VW	MW	2,53	1,25	2,00	<0,01
			Median	2,50	1,00	2,17	
			Min	1,00	0,67	1,00	
			Max	4,00	4,00	2,67	
	Ambulante VW	Ambulante VW	MW	4,20	1,28	3,00	0,012
			Median	3,88	1,33	3,00	
			Min	2,00	1,00	3,00	
			Max	8,83	1,50	3,00	
	Ambulante Patienten	Ambulante VW	MW	3,78	1,67	3,25	-
			Median	3,00	1,67	3,25	
			Min	1,50	-	-	
			Max	7,75	-	-	

Von den stationär behandelten Patienten wurde bei 39 Patienten der Gruppe S, 11 Patienten der Gruppe SSD und 3 Patienten der Gruppe PVJ Verbandswechsel unter Sedierung durchgeführt. Für die Gesamtheit der stationär versorgten Patienten wurde bei durchschnittlich 3,28 Verbandswechseln in Gruppe S eine Sedierung verwendet (Median 3, IQR 2 - 4, Min 1, Max 6) (Gruppe SSD: MW 1,22, Median 0, IQR 0 - 2, Min 0, Max 6; Gruppe PVJ: MW 2,75, Median 3,5, IQR 0,75 - 4, Min 0, Max 4) ( $p < 0,01$  bei paarweisem Vergleich Gruppe S und SSD).

Im stationären Verlauf erfolgte die Durchführung eines Verbandswechsels unter Vollnarkose bei 6 Patienten in Gruppe S und einem Patienten in Gruppe SSD. Bezogen auf alle stationären Patienten wurde bei 0,31 (Gruppe S: Median 0, IQR 0 - 0, Min 0, Max 3) bzw. 0,13 (Gruppe SSD: Median 0, IQR 0 - 0, Min 0, Max 3) Verbandswechseln eine Vollnarkose angewandt ( $p = 0,208$  zwischen Gruppe S und SSD im Mann-Whitney-U-Test). Nur ein Patient aus Gruppe S, der nur ambulant versorgt wurde, hatte einmalig einen Verbandswechsel in Sedierung und einmalig unter Vollnarkose.

Eine intravenöse Schmerztherapie erhielten 29 Patienten der Gruppe S, 5 Patienten aus Gruppe SSD und 2 Patienten aus Gruppe PVJ. Diese erfolgte durchschnittlich, in Bezug auf alle Patienten, über eine Dauer von 2,77 Tagen in Gruppe S (Median 2,00, IQR 0 - 4, Min 0,

Max 8), 0,57 Tagen in Gruppe SSD (Median 0, IQR 0 - 0, Min 0, Max 3) und 1,50 Tagen in Gruppe PVJ (Median 1,50, IQR 0 - 3, Min 0, Max 3) ( $p < 0,01$  im paarweisen Vergleich Gruppe S und SSD).

Keiner der Patienten erhielt eine temporäre Deckung der Wunden. Zudem erfolgten im Beobachtungszeitraum keine Narbenkorrekturen. Ein Patient in Gruppe SSD, sowie 10 Patienten in Gruppe S erhielten im Verlauf eine Kompressionshemdtherapie.

Da sich in den Akten nur in einigen Fällen eine ausreichende Dokumentation der Wundverhältnisse finden ließ, konnte kein Vergleich über den Fortschritt des Heilungsprozesses erfolgen.

## 5 Diskussion

Die lokale Wundbehandlung ist nicht nur hinsichtlich einer optimalen Wundheilung und einer Restitutio ad integrum von Bedeutung. Der Abstand sowie die Häufigkeit von Verbandswechseln ist, wie Zens et al. bei der Auswertung der Daten ihres kurzzeitstationären Behandlungsprogramms bei Behandlungen von kindlichen Verbrennungen herausfanden, vor allem im Kindesalter ein entscheidender Faktor, da Schmerzen während der Prozedur und Angst vor den Behandlungen in diesem Alter verstärkt sein können [92]. Kinder kombinieren Schmerzerlebnis und Verbandswechsel und bilden hieraus Zusammenhänge, wie Heynemann et al. feststellten [34]. Daraus ergibt sich eine besondere Bedeutung für die Therapiewahl, da diese Behandlungsdauer und Häufigkeit der Verbandswechsel maßgeblich beeinflusst [26, 52, 85].

Nach Dauber et al. ist zudem eine ausreichende analgetische Therapie während des gesamten Behandlungsverlaufs von großer Bedeutung, da Schmerzen (4,6 von 5) von bis zu 96% der Patienten angegeben werden [15]. Eine mangelhafte Schmerztherapie während der Behandlung kann langfristig unter anderem zur Entwicklung einer chronischen Hyperalgesie führen [88]. In einer Studie von Schneider et al. zeigte sich, dass ein Großteil der Patienten auch nach Abschluss der Behandlung über Schmerzen im alltäglichen Leben berichtet [63].

Einige Patienten berichten von anhaltendem Juckreiz, welcher vor allem bei hypertropher Narbenbildung gelegentlich auftreten kann [63, 64]. Bei 13-23% kommt es dadurch im späteren Verlauf jedoch zu depressiven Stimmungsveränderungen und bei 13-45% sogar zu einer posttraumatischen Belastungsstörung. Risikofaktoren hierfür sind laut van Loey et al. beispielsweise weibliches Geschlecht, vorbestehende Depressionen und die Sichtbarkeit der Brandnarben. [63, 80]

All diese Faktoren können einen Einfluss auf die Lebensqualität der Patienten nehmen. Dies zeigt die große Bedeutung der Wahl eines geeigneten Verbandmaterials, da durch die Wahl der verwendeten Materialien bereits unterschiedliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. So ist unter anderem der Abstand zwischen den einzelnen Verbandswechseln, die Schmerzhaftigkeit während der Prozedur und auch die Gesamtdauer der Behandlung abhängig von der Art der Wundversorgung [9, 26, 28, 34, 38, 46, 61, 85]. Es besteht auch ein Zusammenhang zwischen der Zeit bis zur vollständigen Epithelisierung und der Narbenqualität [27, 70]. Gee Kee et al. zeigten in einer Follow-Up-Studie eine signifikant schlechtere Beurteilung der Narbenqualität bei Zunahme der Epithelisierungszeit [27]. Singh

et al. konnte bei verzögerter Wundheilung eine Zunahme an hypertropher Narbenbildung zeigen [70].

Aufgrund der langfristigen Auswirkungen der Therapiewahl, sollte diese auf eine möglichst geringe Beeinträchtigung des physischen und psychischen Zustands des Patienten abzielen.

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, Unterschiede bezüglich des Behandlungsverlaufs und der Wundheilung zwischen einer Therapie mit Salbenverbänden mit Silbersulfadiazin oder Povidon-Iod und Silikon-Schaumverbänden zu eruieren.

Während Salbenverbände in der Regel täglich oder zweitäglich erneuert werden müssen, ist für Silikon-Schaumverbände ein längerer Abstand zwischen den Verbandswechseln möglich. Gee Kee et al. konnten bei einem 5- bis 7-täglichen Verbandwechsel eines Silikon-Schaumverbands (Mepilex Ag®) keinen Anstieg von Infektionen feststellen. Zudem ließ sich eine Reduktion bezüglich nachfolgender Hauttransplantation und Re-Operationen bemerken. [26]

In dieser und weiteren Studien konnte bereits gezeigt werden, dass durch Silikonbeschichtete Verbandsmaterialien eine Reduktion der Behandlungsdauer, der Verbandswechselanzahl und der Schmerzintensität während der Behandlung erzielt werden kann [9, 14, 26, 28, 69, 72]. Dies wird auf eine geringere Haftung an der Wundoberfläche und eine gute Wunddrainage zurückgeführt. Es kommt zu weniger Schmerzen beim Abziehen des Verbandes und einer geringeren Schädigung der regenerierenden Haut. [14]

Durch von Wasiak et al. konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung von SSD eine Verzögerung der Wundheilung verursacht wird [84]. Es wird vermutet, dass durch SSD eine direkt hemmende Wirkung auf die Wundheilung hervorgerufen wird. In einer experimentellen Studie an Schweinen konnten Hoekstra et al. eine Verlangsamung der epithelialen Regenerationszeit mit einer anfänglichen Dermatitis-artigen Hautreaktion unter Therapie mit SSD sehen. [35] Zudem ist bei Verwendung von SSD Salbenverbänden ein täglicher Verbandswechsel notwendig [46, 61], während denen es bei der Abnahme des Verbandes oder beim Abbaden aufgrund der größeren Adhäsion an der Wundoberfläche zu einem vermehrten Auftreten von Schmerzen und zu Läsionen der bereits regenerierenden Haut kommen kann [52, 81, 85].

## 5.1 Diskussion der Resultate

Zum Zeitpunkt der Verletzung waren die von uns behandelten Patienten im Durchschnitt 3,28 Jahre alt, wobei der Median bei einem Jahr liegt. Insgesamt überwog der Anteil an männlichen Patienten, ausschließlich im Jugendalter wurden mehr Mädchen als Jungen behandelt.

Ein vermehrtes Auftreten von thermischen Verletzungen im Kleinkindalter konnte bereits in einigen Studien gezeigt werden [21, 47, 76]. Dies kann man auf die kindliche Neugierde zurückführen, welche, gepaart mit einer mangelnden Gefahreinschätzung und einer noch reduzierten Bewegungskontrolle, das Risiko von Verletzungen besonders erhöht [2, 49, 76]. Das vermehrte Auftreten beim männlichen Geschlecht lässt sich durch Unterschiede der Verhaltensweisen zwischen Mädchen und Jungen erklären, wobei Jungen eher zu einem wilderen und risikoreicherem Verhalten neigen [33].

Von den 162 behandelten Patienten hatten 116 (73%) eine Verbrühung, wobei diese vor allem im Kleinkind- (74,5%) und Säuglingsalter (83,3%) dominierten. Dies lässt sich, wie bereits zuvor erwähnt, durch die große Neugier und Unerfahrenheit im Kleinkindesalter begründen. Der klassische Unfallmechanismus in dieser Altersklasse besteht im Herunterziehen flüssigkeitsgefüllter Gegenstände [19]. Durch das Herunterziehen oder Umkippen der Flüssigkeit kommt es zum Überschütten des Körpers. Die Folge ist eine typische Verletzungslokalisation an Kopf- und Thorax sowie der oberen Extremität. Diese typische Verteilung wird in mehreren Studien beschrieben, jedoch finden sich keine genauen Angaben über die Häufigkeiten. So wird beispielsweise von Zeitlin et al. in einer Verlaufsstudie über Langzeitfolgen von Verbrennungen im Kindesalter eine deutliche Dominanz der Verletzungen am Thorax und der oberen Extremität beschrieben. 90% der untersuchten thermischen Verletzungen waren durch Verbrühungen bedingt. [91] Diese Dominanz konnte auch in der vorliegenden Studie im vermehrten Auftreten von Verbrühungen an Kopf und Thorax (87-100%) sowie den Armen (85,7-90,9%) nachvollzogen werden.

Eine Ausnahme bilden thermische Verletzungen an den Händen, welche vornehmlich durch Kontaktverbrennungen mit beispielsweise einem Bügeleisen oder dem Backofen verursacht wurden (52,1%). Die vorliegende Dominanz von Kontaktverbrennungen an den Händen stimmt mit den Ergebnissen von Harper et al. überein. Sie zeigten in ihrer Studie über Kontaktverbrennungen durch Heizkörper ein gehäuftes Auftreten im Bereich der Hände und Unterarme (36%). [31]



Im Jungendalter ist bezüglich der Unfallursache ein Wandel in Richtung Verbrennungen durch Feuer und kleinere Explosionen zu bemerken. Durch steigende Experimentierfreude mit beispielsweise brennbaren Flüssigkeiten oder Feuerwerkskörpern kann dieser Unterschied erklärt werden. Dies wird auch in der Arbeit von Trop zum Thema „Das brandverletzte Kind“ beschrieben. Er zeigt auf, dass in verschiedenen Altersgruppen unterschiedliche Risiken bestehen, wie beispielsweise auch die zunehmende Experimentier- und Risikofreude bei Jugendlichen. [76]

Anhand der Daten wird deutlich, dass bereits ein kurzer Moment der Unachtsamkeit zu schwerwiegenden Verletzungen führen kann. Daher ist es von großer Bedeutung, vor allem im Kleinkindesalter, Gefahren außerhalb der Reichweite der Kinder zu halten.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch für Schulkinder und Jugendliche eine ausreichende Aufklärung über Gefahren, die beispielsweise von Feuer ausgehen, sowie eine bestmögliche Aufsicht im Umgang mit Unfallquellen nötig ist. Um das Risiko von thermischen Verletzungen zu verringern, ist eine Aufklärung von Eltern sowie die Umsetzung der genannten Maßnahmen von großer Bedeutung.

Aus den von uns erhobenen Daten geht hervor, dass die Behandlung bis zum Therapiewechsel auf Panthenol-haltige Salben mit Silikon-Schaumverbänden signifikant länger dauert als unter Verwendung von SSD (Gruppe S 14,98 Tage; Gruppe SSD 7,29 Tage;  $p < 0,01$ ). Eine Erklärung für die längere Behandlungsdauer von Gruppe S kann in Unterschieden zwischen dem Alter und Verbrennungsgrad der Gruppen gesucht werden. Auf einem Signifikanzniveau von  $\alpha=0,05$  ließen sich für beide Merkmale jedoch keine signifikanten Unterschiede eruieren.

Patienten mit SSD wurden nach Entlassung oft frühzeitig auf eine lokale Wundbehandlung mit Panthenolsäure umgestellt, da ambulante Verbandswechsel mit SSD mit Abbaden der Salbe und Wundbelägen oft nur eingeschränkt möglich waren. Ein weiterer Grund ist, dass der Schaumverband aufgrund des Tragekomforts oft über das Ende der direkten Wundheilung hinaus bis zur Fertigstellung eines Kompressionsverbandes getragen werden, um die neue und junge Haut zu schützen.

Es fällt jedoch ein Trend dahingehend auf, dass die Patienten der Gruppe S und Gruppe PVJ jünger sind als die Patienten der Gruppe SSD (Gruppe S 2,68 Jahre, Gruppe SSD 5,67 Jahre, Gruppe PVJ 1,2 Jahre;  $p=0,053$ ). Ein weiterer Grund für die längere Behandlungsdauer bei

jüngeren Patienten könnte eine tendenziell tiefere Verletzung in diesem Alter sein. Da die Haut bei jüngeren Kindern noch dünner ist als bei Erwachsenen oder Jugendlichen, reichen bereits kürzere Expositionsdauern bzw. –temperaturen für tieferreichende Verletzungen der Epidermis und Dermis [32]. Die Vermutung, dass korrelierend zum jüngeren Alter eine Dominanz tieferer thermischer Verletzungen besteht, konnte anhand der erhobenen Daten jedoch nicht bestätigt werden ( $p= 0,86$ ).

Bei dem Vergleich der Gruppen hinsichtlich der Verbrennungstiefe zeigt sich, dass in Gruppe S mehr Patienten mit tief zweitgradigen Verbrennungen (Verbrennungsgrad 2b) behandelt wurden (s. Tabelle 3). Auch wenn der Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant ist ( $p= 0,865$ ), könnte hierdurch eine Einflussnahme auf die Behandlungsdauer in Gruppe S bedingt sein. Da die Tiefe einer thermischen Verletzung einen entscheidenden Einfluss auf die Wundheilung hat, kommt es bei zunehmendem Verbrennungsgrad zu einer längeren Behandlungsdauer. [65, 67]

In einem Review über die Einflüsse von lokalen pathophysiologischen Abläufen in thermisch geschädigter Haut, konnten Shupp et al. diesen Zusammenhang unter anderem auf fehlende Wachstumsfaktoren zurückführen [67]. Shakespear beschreibt in einer Studie den Zusammenhang des epithelialen Regenerationspotenzials mit der Verbrennungstiefe im Hinblick auf Einflüsse von Epithelzellen. Aufgrund der Schädigungen von Hautanhangsgebilden, wie Haarfollikeln und Schweißdrüsen, ist bei tiefergradigen thermischen Verletzungen eine Regeneration der Epithelzellen, ausgehend von diesen Strukturen, nicht mehr möglich. Die Folge ist eine vom Wundrand ausgehende Wundheilung. Diese Faktoren führen zu einer Verzögerung der Wundheilung und unter Umständen auch zu einer Heilung unter Narbenbildung.[65]

Ähnliche Ergebnisse der Behandlungsdauer zeigte eine randomisierte Vergleichsstudie von Tang et al. in der tief zweitgradige Verbrennungen („deep partial-thickness burn“) vergleichend mit SSD ( $n=82$ ) oder silberimprägnierten Silikon-Schaumverbänden (Mepilex Ag® [MAg]) ( $n=71$ ) behandelt wurden. Patienten zwischen fünf und 65 Jahren (Durchschnittsalter: 36,2 Jahre) wurden über einen Zeitraum von vier Wochen nach der thermischen Verletzung bei wöchentlichen Evaluationen bezüglich Epithelisierung, Gebrauch der Materialien, Schmerzen vor, während und nach der Prozedur beurteilt. Über den gesamten Studienverlauf hin konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der Heilungsrate zwischen den Gruppen gesehen werden (MAg  $n= 56$  von 71, 79%; Median 15 Tage bis zur Vollständigen Epithelisierung; SSD  $n= 65$  von 82, 79%; Median 16 Tage;  $p=$

0,74). Jedoch konnte beim ersten Besuch, nach einer Woche, eine signifikant größere Anzahl an bereits vollständig epithelisierten Wunden unter Therapie mit MAg gesehen werden (n=13, 18%; SSD n=4, 5%; p=0,016), sowie eine bereits prozentual weitervorgeschriftene Epithelisierung der noch nicht vollständig abgeheilten Wunden (MAg 44,3%; SSD 27,0%; p=0,0092). Im Unterschied zu der vorliegenden Studie wurden auch Patienten mit bis zu 10 % VKOF drittgradigen thermischen Verletzungen eingeschlossen, wobei nur tief zweitgradige Verletzungen in die Beurteilung einfließen. Zudem war eine Behandlung mit SSD über einen Zeitraum von bis zu 24 Stunden vor Randomisierung in eine Behandlungsgruppe zulässig, wenn die Vorstellung innerhalb von 36 Stunden nach dem Trauma erfolgte. [72]

Die von den vorliegenden Daten abweichenden Ergebnisse von Silverstein et al. legen eine kürzere Dauer bis zur vollständigen Epithelisierung bei Anwendung von Silikon-Schaumverbänden (MAg) nahe (MAg 13,44 Tage; SSD 17,11 Tage)[69]. In einer prospektiven Vergleichsstudie zwischen MAg und SSD untersuchten Silverstein et al. die Unterschiede in der Behandlung zweitgradiger thermischer Verletzungen. Das Mindestalter für einen Einschluss lag bei 5 Jahren ohne eine Altersbeschränkung nach oben, so dass sich ein deutlich höheres Durchschnittsalter der Patienten zeigt (Mepilex Ag 37 Jahre; SSD 49 Jahre). Alle Patienten mit thermischen Verletzungen, die sich innerhalb von 36 Stunden nach Unfallereignis vorstellten und eine VKOF zwischen 2,5% und 20% von Grad II geschädigter Haut aufwiesen, wurden in die Studie aufgenommen. Zudem wurden Patienten mit drittgradigen Verletzungen eingeschlossen, wobei zur Auswertung ausschließlich die zweitgradigen Areale herangezogen wurden. [69]

Ähnliche Studien wurden von Gotschall et al. und Bugman et al. durchgeführt. Beide Studien erfolgten an einem pädiatrischen Patientenkollektiv mit Einschluss bis zum 12. bzw. 15. Lebensjahr (Durchschnittsalter: Bugmann et al.: SSD 3.43±3.7 Jahre; Mepitel 3.29±3.09 Jahre). Die Therapie erfolgte in einer Gruppe mit SSD, die Patienten der Vergleichsgruppe wurden in beiden Studien mit einem silikon-beschichteten Polyamidverband (Mepitel®) behandelt. [9, 28] Bugmann et al. schloss alle Patienten mit thermischen Verletzungen, die sich innerhalb von 24 Stunden nach dem Trauma vorstellten, ohne eine vorherige Therapie erhalten zu haben, in die Studie ein. Zudem erfolgte ein Ausschluss bei Beteiligung des Gesichts. [9] Im Unterschied hierzu wurden von Gotschall et al. alle Kinder mit einer VKOF von maximal 15 % und zweitgradiger thermischer Verletzung eingeschlossen. Bei vorbestehender Erkrankung wie beispielsweise Leukopenie erfolgte der Ausschluss aus der Studie. [28]

Auch in diesen zwei Studien, in denen ein Vergleich zwischen einem silikon-beschichteten Polyamidverband (Mepitel®) und SSD erfolgte, konnte eine kürzere Epithelisierungszeit bei Kindern, die mit Mepitel® versorgt wurden, gesehen werden [9, 28].

Es zeigen sich weitere Unterschiede zum Studiendesign der vorliegenden Arbeit. Alle vier Studien wurden prospektiv durchgeführt, wodurch sich während der Verbandswechsel zuvor festgelegte Werte erheben ließen. Hierdurch war es möglich, einen Heilungszeitraum bis zur vollständigen Epithelisierung festzustellen. Es ist anzumerken, dass nach Entlassung im ambulanten Management in der Studie von Silverstein et al. nur wöchentliche Vorstellungen erfolgten, wodurch es nicht möglich war einen genauen Zeitpunkt der vollständigen Epithelisierung festzustellen [69]. Anhand von Kaplan-Meier-Kurven wurden die Fortschritte der Epithelisierung zu mehreren Zeitpunkten bestimmt. Hier waren die Daten der Patienten mit silikon-beschichteten Verbänden stets denen der Patienten, die mit SSD therapiert wurden, überlegen. [28, 69] Ebenso wurden die Patienten in der Studie von Tang et al. nur einmal wöchentlich beurteilt, sodass kein genauer Zeitpunkt der vollständigen Epithelisierung zu eruieren ist [72].

Aufgrund der Datenlage ist in der vorliegenden Studie eine Auswertung bis zu einem Therapiewechsel auf Panthenol-haltige Creme erfolgt. Es ist denkbar, dass die Entscheidung hierzu untersucherabhängig unterschiedlich war. Somit ist nicht sicher festzustellen, ob es sich in den Studien um den gleichen Endpunkt der Messungen handelt. Dies führt zu einer erschweren Interpretation der Ergebnisse.

Zudem ist der genaue Verbrennungsgrad der Patienten in den beschriebenen Studien teilweise nicht bekannt. Es wurden Patienten eingeschlossen, deren Wunde als „partial-thickness burn“ klassifiziert wurde. [28, 69] Dies umfasst alle zweitgradig verbrannten Wunden. Somit lässt sich nicht nachvollziehen, ob es sich um oberflächlich (2a, „superficial partial-thickness burn“) oder tief (2b, „deep partial-thickness burn“) zweitgradige Verbrennungen handelte.

Bugmann et al. ordneten allen Verbrennungsgraden eine Nummer zu (2a=2; 2b=2,5; 3=3). Im Durchschnitt lag die Verbrennungstiefe im Bereich einer 2a-gradigen Verbrennung (SSD  $2.05 \pm 0.2$ ; Mepitel  $2.02 \pm 0.08$ ). Jedoch wurden, soweit aus den angegebenen Daten ersichtlich, auch drittgradige Verbrennungen eingeschlossen. [9] Für drittgradige Verbrennungen sind Silikonschaumverbände in Deutschland nicht zugelassen. Auch hier zeigt sich eine Einschränkung bezüglich eines Vergleichs der Ergebnisse, da sich die

Angaben bezüglich des Verbrennungsgrades der Studien nicht sicher vergleichen lassen. Wie bereits erwähnt, verlängert sich durch tiefgradige thermische Verletzungen die Dauer der Behandlung [65, 67]. Es wäre daher denkbar, dass der Anteil der tieferen thermischen Verletzungen in unserem Studienkollektiv höher ist als in den Vergleichsgruppen, was einen Einfluss auf die Ergebnisse hätte. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse von Tang et al. gestützt, die in Ihrer Studie ausschließlich tief zweitgradige thermische Verletzungen einbezogen und keinen signifikanten Unterschied der Epithelisierungsdauer aufzeigen konnten [72].

Die Ergebnisse der Studien zeigen eine gegensätzliche Tendenz bezüglich der Behandlungsdauer. Ein Grund hierfür könnte unter anderem auch im unterschiedlichen Studiendesign liegen. Durch das prospektive Vorgehen in den beschriebenen Arbeiten war es möglich, beide Gruppen nach den gleichen Standards zu versorgen und die unterschiedlichen Verbandsmaterialien als einzige Variable festzulegen. Aufgrund des retrospektiven Charakters der vorliegenden Arbeit ist es möglich, dass zusätzlich zu Unterschieden der Wundauflage auch weitere Behandlungsschemen voneinander abweichend waren. Da hierauf während der Erhebung der Daten kein Schwerpunkt gelegt wurde, lassen sich diesbezügliche Unterschiede nicht beurteilen.

Für die Anzahl der durchgeführten Verbandswechsel konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden (Gruppe S 5,1; Gruppe SSD 5,48; Gruppe PVJ 5,75;  $p=0,83$ ).

Die Daten von Silverstein et al. zeigen eine deutlich geringe Anzahl an Verbandswechseln unter Verwendung von Mepilex Ag®. (MAg 2,24; SSD 12,4). Die Verbandswchsel erfolgten für Patienten, die mit SSD therapiert wurden, ein bis zweimal täglich, während MAg alle 5-7 Tage bzw. in der akuten Phase alle 3-5 Tage gewechselt wurde. [69]

Ebenso konnten Tang et al. eine signifikant geringere Anzahl an Verbandswchseln bei Behandlung mit MAg aufzeigen (MAg 3,06; SSD 14,0;  $p < 0,0001$ ). Wie auch in der Arbeit von Silverstein et al. erfolgten die Verbandswchsel mit SSD täglich und mit MAg alle 5-7 Tage. [72]

Der Zeitraum zwischen zwei Verbandswchseln für Gruppe SSD (stationäre VW 1,25 Tage) zeigt ähnliche Abstände, wohin Gruppe S geringe Abstände im Vergleich zu den Studien aufweist (stationäre VW 2,53 Tage). Dies kann in Kombination mit den gefundenen Unterschieden der Behandlungsdauer eine Erklärung für die vorhandenen Unterschiede bezüglich der Gesamtzahl an Verbandswchseln sein.

Im Vergleich zu bisherigen Studien mit Mepilex® ist der Abstand zwischen Verbandswechseln in dieser Studie relativ kurz (2,53 Tage versus 5-7 Tage) [26, 69, 72].

In die vorliegende Studie einbezogene Patienten wurden über den kompletten Behandlungszeitraum ausschließlich mit einem Verbandsmaterial behandelt. Ein zwischenzeitlicher Wechsel im Therapieregime führte zu einem Ausschluss der Studie. Hierbei wurden jedoch auch Patienten eingeschlossen, deren Verletzungen zu Beginn mit Mepilex® transfer versorgt wurden und bei denen erst im Verlauf bei abnehmender Wundsekretion ein Wechsel auf Mepilex® erfolgte. Aufgrund vermehrter Wundsekretion zu Beginn der Wundheilung ist ein regelmäßiger Wechsel von Wundauflagen (Kompressen) auf dem Mepilex® transfer notwendig. Das Mepilex® transfer selbst kann hierbei für maximal 7 Tage auf der Wunde verbleiben. Hierdurch kann der kürzere Abstand zwischen zwei Verbandswechseln bedingt sein.

Durch kurze Abstände zwischen Verbandswechseln ist eine engmaschige Wundbeurteilung und damit auch ein schnelles Detektieren von Infektionen möglich. In einer Vergleichsstudie mit Bacitracin-Gaze-Verbänden konnten GeeKee et al. kein Vermehrtes Auftreten von Infektionen bei fünf- bis sieben-täglichen Verbandswechseln mit MAg feststellen [26]. Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein längeres Verbleiben der Verbände ohne erhöhtes Infektionsrisiko möglich ist. Hierdurch ließe sich demnach auch die Anzahl der notwendigen Verbandswechsel weiter reduzieren. Zu berücksichtigen ist, dass Mepilex Ag® durch die Freisetzung von Silberionen selbst das Wundmilieu beeinflusst und dadurch eine antibiotische Wirkung entfaltet.

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Häufigkeit an Verbandswechseln, die unter Sedierung durchgeführt wurden. Alle stationär behandelten Patienten und ein ausschließlich ambulant versorgter Patient der Gruppe S erhielten mindestens für einen Verbandswechsel eine Sedierung. Im Unterschied hierzu wurde nur bei knapp der Hälfte der stationären Patienten aus Gruppe SSD und bei drei Viertel der stationären Patienten aus Gruppe PVJ eine Sedierung verwendet ( $p < 0,01$ ). Wenn auch nicht statistisch signifikant, zeigte sich auch ein vermehrter Gebrauch von Verbandswechseln in Vollnarkose für Gruppe S (7 von 50; SSD 1 von 24;  $p = 0,208$ ). Die Verbandswechsel der Gruppe S erfolgten in der Regel im Operationssaal und die Kinder bekamen bei der Erstversorgung in der Regel großzügig eine Allgemeinnarkose, da das Verbrennungsausmaß und auch die Intensität der durchzuführenden Wundversorgung (Blasenabtragung oder chirurgische Nekrektomie oder

Escharotomie) vor dem Eingriff noch nicht bekannt war. Die Folgeeingriffe erfolgten dann soweit möglich in Sedierung oder unter intravenöser Analgesie.

Zusätzlich zu einer oralen Analgesie erhielten Kinder der Gruppe S über einen signifikant längeren Zeitraum ein intravenöses Analgetikum (Gruppe S 2,77 Tage; Gruppe SSD 0,57 Tage; Gruppe PVJ 1,5 Tage;  $p < 0,01$ ). Außerdem fällt auf, dass ca. drei Viertel der stationär versorgten Patienten aus Gruppe S im Verlauf eine intravenöse Analgesie erhielten, im Vergleich zu ca. einem Viertel aus Gruppe SSD und der Hälfte aus Gruppe PVJ.

Da kein Vergleich über die Dosierung oder Art der verwendeten Analgetika erfolgte, ist es nicht möglich, anhand dieser Daten endgültige Rückschlüsse bezüglich der Analgetikadosis und des Analgetikabedarfs zu ziehen. Trotzdem erwecken die Ergebnisse den Anschein eines erhöhten Schmerzniveaus unter der Verwendung von Silikon-Schaumverbänden. Zu berücksichtigen ist allerdings auch die längere Behandlungsdauer der Patienten der S-Gruppe und auch die höhere Anzahl von Patienten mit einer tieferen Verbrennung.

Bei der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse ist weiter zu berücksichtigen, dass aufgrund personeller Änderungen in der Kinderchirurgie am UKS ab 2006 die Einführung eines neuen Verbrennungsmanagements bezüglich Analgesie und Sedierung erfolgte. Eine großzügigere Analgesie sowie Wundversorgungen in Narkose oder Sedierung wurde zur Vermeidung einer weiteren Traumatisierung durch ein erhöhtes Schmerzerleben der Kinder begonnen. Es ist wahrscheinlich, dass diese grundsätzlichen Änderungen im Behandlungsmanagement thermischer Verletzungen des Kindesalters für die gefundenen Unterschiede mit verantwortlich sind.

Im Widerspruch zu einem erhöhten Schmerzempfinden mit Silikon-Verbänden stehen die Ergebnisse von Silverstein et al.. Durch die Verwendung von altersadaptierten Schmerzskalen erfolgte die Erhebung der empfundenen Schmerzen während des Entfernens eines Verbands, der neuen Verbandsanlage und während des Tragens der Verbände. Es zeigten sich signifikant niedrigere Schmerz-Scores während der Verbandsanlage ( $p = 0,018$ ) und während des Tragens ( $p = 0,048$ ). Hingegen keine statistisch signifikanten Unterschiede der Schmerzen während des Entfernens der Verbände ( $p = 0,097$ ). [69] Ebenso erfolgte durch Tang et al. eine Analyse des Schmerzempfindens vor, während und nach dem Verbandswechsel anhand einer Visuellen Analog Scala (VAS 0-100). Auch hier zeigte sich während aller erneuten Vorstellungen ein signifikant geringeres Schmerzniveau bei Patienten, die mit MAg behandelt wurden. Jedoch ließen sich keine

signifikanten Unterschiede bezüglich des Analgetikabedarfs zeigen.[72] Auch von Gotschall et al. konnte unter Verwendung einer Schmerzskala geringere Schmerzen bei Patienten, die silikon-beschichtete Verbände (Mepitel®) erhielten, festgestellt werden. Vor allem während der akuten Phase der Behandlung stellte sich eine Reduktion der gemessenen Schmerzen dar. Zudem fielen weniger Kosten durch Narkotika-Gebrauch an. [28]

Diese Ergebnisse legen im Unterschied zu den von uns gefundenen Daten eine Reduktion der Schmerzen durch Silikon-Verbände nahe. Ein Grund für die geringeren Schmerzen wird in der reduzierten Adhäsion am Wundgrund gesehen. In einer randomisierten prospektiven Studie zwischen Mepitel® und einem Paraffin-Gaze-Verband konnten von Dahlstrøm et al. signifikante Unterschiede bezüglich der Haftung am Wundgrund, der Dauer, Schmerzen und Blutungshäufigkeit während Verbandswechsell festgestellt werden. Aufgrund einer Haftung an der umgebenden, gesunden Haut und reduzierter Adhäsion an verletzten Hautarealen sei es zu einer Reduktion von Schmerzen und Blutungen sowie einer Verkürzung der Dauer der durchgeführten Verbandswechsel gekommen.[14]

Eine Schmerzreduktion durch Silikon-Verbände, wie sie in den Studien von Silverstein, Tang und Gotschall gesehen wurde, unterstützt die Vermutung, dass die Änderungen im Behandlungsmanagement thermischer Verletzungen am UKS ein Grund für die abweichenden Ergebnisse dieser Studie sind.

Für die Anwendung von Povidon-Iod-Salbe konnte aufgrund der kleinen Fallzahl von fünf Patienten im Unterschied zu den anderen verwendeten Verbandsmaterialien für keinen der analysierten Parameter eine Signifikanz gezeigt werden.

## 5.2 Ausblick und Beantwortung der Fragestellung

Die Vorteile einer Behandlung mit Silikon-beschichteten Verbandsmaterialien anderer Studien konnten in der vorliegenden Arbeit nicht reproduziert werden. Bezüglich der Behandlungsdauer und des Analgetikabedarfs stellte sich die Behandlung mit SSD als überlegen dar. Für die Behandlung mit Silikon-Schaumverbänden ließ sich eine längere Zeitspanne zwischen den Verbandswechseln als Vorteil zeigen.

Eine Studie bezüglich der Lebensqualität nach einer thermischen Verletzung könnte herangezogen werden, um auch die langfristige Heilung von häutigen und psychischen Wunden zu beurteilen. Hierdurch ließen sich langfristige Auswirkungen der Behandlung vergleichen.



Es konnten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich Keimbesiedlungen zwischen den Gruppen finden. Gee Kee et al. konnte bereits zeigen, dass auch bei längerem Verbleiben der Verbände kein erhöhtes Infektionsrisiko von Silikon-Schaumverbänden ausgeht [26]. Somit wäre es denkbar, in einer weiteren Studie durch gezielt längere Abstände zwischen Verbandswechseln deren Anzahl zu reduzieren. Hierdurch könnte es auch zu einer Beeinflussung des Schmerzerlebens kommen. Eine Erhebung mithilfe einer Schmerzskala wäre ergänzend denkbar.

### 5.3 Zusammenfassung

In der diskutierten Literatur und den erhobenen Daten zeigt sich ein Überwiegen von Vorteilen der Behandlung mittels eines Silikonschaumverbandes. Hierbei zeigten sich weniger Verbandswechsel und eine geringere Analgesienotwendigkeit. Ein längeres Verbleiben eines Silikon-Verbands führt nicht zu einer Erhöhung des Infektionsrisikos. Die von uns erhobenen Daten stehen diesen Ergebnissen in manchen Punkten entgegen. Hier ist insbesondere die längere Behandlungsdauer und eine häufigere bzw. längere Analgesie in der Gruppe S zu nennen. Wobei wir hierfür die unterschiedlichen Studiendesigns im Hinblick auf Unterschiede im Einschluss der Patienten, der Verbrennungstiefe und der Definition des Therapieendes sowie den retrospektiven Charakter unserer Studie verantwortlich machen.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeit wurde das Vorgehen bei der Behandlung von Verbrennungen in der Abteilung für Kinderchirurgie aktualisiert. Silikonschaumverbände werden länger belassen, um die Anzahl der Verbandswechsel zu reduzieren. Die posttraumatische Schmerztherapie wird häufiger hinterfragt. Eine antibiotische Prophylaxe wird nicht mehr durchgeführt.

### 5.4 Kritische Anmerkungen zum Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie. Dadurch bedingt, konnten nur in den Krankenunterlagen vorhandene Fakten erhoben werden, welche in unterschiedlichem Umfang vorhanden waren.

Während der Auswertung hat sich gezeigt, dass bei einem Teil der Fälle nur unzureichende Angaben bezüglich des primären Wundstatus gemacht wurden. Dies erschwerte nicht nur

einen Vergleich der Gruppen in Bezug auf den Heilungsprozess, sondern auch die Auswertung bezüglich der VKOF und des Verbrennungsgrades.

Die Auswertung der Nachversorgung war bei einem Teil der frühen Patienten nicht möglich, da sie oft auswärtig nachversorgt wurden oder die Behandlung vorzeitig abbrachen.

Bei der Auswertung wurde der Wechsel der Wundbehandlung auf Panthenolsalben-Behandlung als Endpunkt festgelegt. Es ist zu vermuten, dass dies bei allen Patienten zu einem ähnlichen Zeitpunkt der Wundheilung geschehen ist. Jedoch waren nicht immer konkrete Angaben bezüglich der Epithelisierung vorhanden, so dass nicht sicher beurteilbar ist, ob diese zu diesem Zeitpunkt bereits bei allen Patienten abgeschlossen war.

Aufgrund der eng gefassten Einschlusskriterien für die Studie ist es zu einer starken Dezimierung des Patientenkollektivs gekommen. Es wäre zu überlegen, die Gruppe der Salbenverbände zusammenzufassen und auch Patienten trotz Therapiewechsel zwischen SSD und PVJ gemeinsam als eine Gruppe auszuwerten. Hierzu müsste jedoch zunächst ein Vergleich zwischen den beiden Therapieformen und unter Therapiewechsel erfolgen, um eine mögliche Beeinflussung der Zielparameter zu vermeiden. Da jedoch in der vorliegenden Studie kein ausreichend großes Kollektiv für einen Vergleich der Gruppen zur Verfügung stand, war dies nicht möglich. Homann et al. konnten in einer Studie zeigen, dass unter dem Einsatz eines PVJ-haltigen Hydrogel-Verbands im Vergleich zu SSD eine signifikant schnellere Wundheilung erfolgte (PVJ Hydrogel  $9,9 \pm 4,5$  Tage; SSD  $11,3 \pm 4,9$  Tage) [36]. Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein Zusammenfassen der beiden Gruppen aufgrund von Unterschieden bezüglich der Zielwerte auch nicht sinnvoll wäre.

Abschließend ist festzustellen, dass aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse und unter wissenschaftlichen Aspekten eine prospektive und am besten randomisierte Studie zur Behandlung der Verbrennung aufgestellt werden sollte, um weitere Erkenntnisse über den Verlauf der Wundheilung und die Unterschiede im Therapieverlauf zu erlangen.

# 6 Anlagen

## Access Datenblatt

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Nachname  Vorname

Geburtsdatum  Alter  Geschlecht

Anschrift

**Berechnungen starten**

**Unfalldaten** Wundbehandlung Lokalisationen Zusammenfassung Anmerkung

Datum des Unfalls  Uhrzeit

Ort

Erstversorgender  Anschlussversorgung  Nachbehandlung

Verbrennungsart

Unfallhergang  Ursache

Abbildung 6 Datenblatt 1: Grunddatenblatt und Unfalldaten

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

**Unfalldaten** Wundbehandlung Lokalisationen Zusammenfassung Anmerkung

<input type="checkbox"/> Kopf Rechts	<input type="checkbox"/> Kopf Links	<input type="checkbox"/> Genital
<input type="checkbox"/> HalsRechts	<input type="checkbox"/> HalsLinks	<input type="checkbox"/> Rücken
<input type="checkbox"/> Schulter Rechts	<input type="checkbox"/> Schulter Links	<input type="checkbox"/> Gesäß
<input type="checkbox"/> Thorax Rechts	<input type="checkbox"/> Thorax Links	<input checked="" type="checkbox"/> Augenbeteiligung
<input type="checkbox"/> Oberarm Rechts	<input type="checkbox"/> Oberarm Links	
<input type="checkbox"/> Unterarm Rechts	<input type="checkbox"/> Unterarm Links	
<input type="checkbox"/> Hand Rechts	<input type="checkbox"/> Hand Links	
<input type="checkbox"/> Abdomen Rechts	<input type="checkbox"/> Abdomen Links	
<input type="checkbox"/> HüfteRechts	<input type="checkbox"/> HüfteLinks	
<input type="checkbox"/> Oberschenkel Rechts	<input type="checkbox"/> OberschenkelLinks	
<input type="checkbox"/> Unterschenkel Rechts	<input type="checkbox"/> Unterschenkel Links	
<input type="checkbox"/> Fuß Rechts	<input type="checkbox"/> Fuß Links	

Abbildung 7 Datenblatt 1: betroffene Lokalisationen eines Patienten

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Unfalldaten Wundbehandlung Lokalisationen Zusammenfassung **Anmerkung**

Anzahl der Wundbehandlung  Intensivstation   
 Anzahl Stationär  Anzahl In Ambulant   
 Anzahl Sedierung Chloralhydrat  Anzahl Sedierung D+K  Anzahl Vollnarkose   
 Dauer der Behandlung  Dauer Stationär  Dauer Ambulant   
 Erste Behandlung  Beginn Ambulanz  Ende der Behandlung

Größe der verbrannten Körperoberfläche insgesamt  
 GesamtKOF  GradIKOF  GradIIaKOF   
 GradIIbKOF  GradIIIKOF   
 GradI  GradIIa  GradIIb  GradIII

Behandlungsform  
 Wundreinigung  Verbandsmaterial   
 Verband  TempDeckung   
 Transplantation  Kompressionshemd  Narbenkorrektur

**Abbildung 8** Datenblatt 1: Zusammenfassung des Patienten 1

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Behandlungsform  
 Wundreinigung  Verbandsmaterial   
 Verband  TempDeckung   
 Transplantation  Kompressionshemd  Narbenkorrektur

Tetanusimpfung  Tetanuschutz   
 Schmerztherapie b.B. 1  Schmerztherapie b.B. 2  PCA-Pumpe   
 Dauer der Schmerztherapie  Dauerhafte Schmerztherapie   
 Infusionstherapie  Antibiotika

Allergische Reaktion  Blutungen   
 Vorerkrankung   
 AbstrichMB  Keim   
 Keimbefall  Keim

**Abbildung 9** Datenblatt 1: Zusammenfassung des Patienten 2

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Unfalldaten Wundbehandlung Lokalisationen Zusammenfassung **Anmerkung**

Anmerkung

Abschlussbefund  Letzte Vorstellung

**Abbildung 10** Datenblatt 1: Anmerkungen

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Unfalldaten Wundbehandlung Lokalisationen Zusammenfassung **Anmerkung**

Lokalisation

Keimbefall  Keim

Transplantation  Temporäre Deckung

Kompressionshemd

Wundbehandlung Zusammenfassung

Datum  Uhrzeit

Stationär  Ambulant

Schmerztherapie  Anästhesie

Verbrennungsgrad  Befund

Wundreinigung  Prozedere

Verband  Verbandsmaterial

Transplantation  Temporäre Deckung

Kompressionshemd

**Abbildung 11** Datenblatt 2: Verbandswechseldaten

**Grunddaten** Nachname  Vorname  Geburtsdatum

Unfalldaten Wundbehandlung **Lokalisierungen** Zusammenfassung Anmerkung

Lokalisation    
 Keimbefall  Keim    
 Transplantation   Temporäre Deckung   
 Kompressionshemd

**Wundbehandlung** Zusammenfassung

Lokalisation

Anzahl Wundbehandlung	<input type="text" value="0"/>		
Anzahl Stationär	<input type="text" value="0"/>	Anzahl Ambulanz	<input type="text" value="0"/>
Anzahl Sedierung Chloralhydrat	<input type="text" value="0"/>		
Anzahl Sedierung Ketanest	<input type="text" value="0"/>		
Anzahl Vollnarkose	<input type="text" value="0"/>		
Dauer der Behandlung	<input type="text" value="0"/>	Erste Behandlung	<input type="text"/>
Beginn der Ambulanz	<input type="text"/>	Ende Behandlung	<input type="text"/>
Dauer Stationär	<input type="text" value="0"/>	Dauer Ambulant	<input type="text" value="0"/>

**Abbildung 12** Datenblatt 3: Zusammenfassung der Lokalisation

## ICD-10 T20-32 [11]

T20.- Verbrennung oder Verätzung des Kopfes und des Halses

T21.- Verbrennung oder Verätzung des Rumpfes

T22.- Verbrennung oder Verätzung der Schulter und des Armes, ausgenommen Handgelenk und Hand

T23.- Verbrennung oder Verätzung des Handgelenkes und der Hand

T24.- Verbrennung oder Verätzung der Hüfte und des Beines, ausgenommen Knöchelregion und Fuß

T25.- Verbrennung oder Verätzung der Knöchelregion und des Fußes

T26.- Verbrennung oder Verätzung, begrenzt auf das Auge und seine Anhangsgebilde

T27.- Verbrennung oder Verätzung der Atemwege

T28.- Verbrennung oder Verätzung sonstiger innerer Organe

T29.- Verbrennungen oder Verätzungen mehrerer Körperregionen

T30.- Verbrennung oder Verätzung, Körperregion nicht näher bezeichnet

T31.-! Verbrennungen, klassifiziert nach dem Ausmaß der betroffenen Körperoberfläche

T32.-! Verätzungen, klassifiziert nach dem Ausmaß der betroffenen Körperoberfläche

## 7 Literatur

1. Arturson G, Jakobsson O P (1985) Oedema measurements in a standard burn model. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 12: 1–7.
2. Bang R L, Ebrahim M K, Sharma P N (1997) Scalds among children in Kuwait. *European journal of epidemiology* 13: 33–39.
3. Baron D M, Metnitz P G H (2009) Metabolische Veränderungen bei Brandverletzten - Pathophysiologie und Therapie. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS* 44: 494–499.
4. Bergmann P A, Siemers F (2016) Verbrennungswunden. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 37–44.
5. Bessey P Q (2007) Wound care. In: Herndon D N (eds) *Total burn care*, 3rd ed. Saunders Elsevier, Edinburgh, pp 127–135.
6. Bloemen M C T, van der Veer W M, Ulrich M M W, van Zuijlen P P M, Niessen F B, Middelkoop E (2009) Prevention and curative management of hypertrophic scar formation. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 35: 463–475.
7. Bock O, Schmid-Ott G, Malewski P, Mrowietz U (2006) Quality of life of patients with keloid and hypertrophic scarring. *Archives of Dermatological Research* 297: 433–438.
8. Brownson E G, Gibran N S (2018) Evaluation of the Burn Wound: Management Decisions. In: Herndon D N (eds) *Total Burn Care* 5th ed.. Elsevier, pp 87-92.e2.
9. Bugmann P, Taylor S, Gyger D, Lironi A, Genin B, Vunda A, La Scala G (1998) A silicone-coated nylon dressing reduces healing time in burned paediatric patients in comparison with standard sulfadiazine treatment. a prospective randomized trial. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 24: 609–612.
10. Bühner G, Beier J P, Horch R E, Arkudas A (2017) Chirurgische Behandlung von Verbrennungen. Besonderheiten bei Kindern. *Der Hautarzt; Zeitschrift für Dermatologie, Venerologie, und verwandte Gebiete* 68: 385–392.
11. Bundesministeriums für Gesundheit Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information. <https://www.dimdi.de/> (19.12.2019).
12. Chadwick P, Taherinejad F, Hamberg K, Waring M (2009) Clinical and scientific data on a silver-containing soft silicone foam dressing: an overview. *Journal of wound care* 18: 483-484, 486-490.
13. Cubison T C S, Pape S A, Parkhouse N (2006) Evidence for the link between healing time and the development of hypertrophic scars (HTS) in paediatric burns due to scald injury. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 32: 992–999.

14. Dahlstrøm K K (1995) A New Silicone Rubber Dressing Used as a Temporary Dressing Before Delayed Split Skin Grafting. A prospective randomised study. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery* 29: 325–327.
15. Dauber A, Osgood P F, Breslau A J, Vernon H L, Carr D B (2002) Chronic persistent pain after severe burns. A survey of 358 burn survivors. *Pain medicine* 3: 6–17.
16. Dembinski R, Kauczok J, Deisz R, Pallua N, Marx G (2012) Operative Therapie und Intensivmedizin bei Schwerbrandverletzten - Teil 1: die ersten 24 Stunden. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS* 47: 542-53
17. Demling R H, Mazess R B, Witt R M, Wolberg W H (1978) The study of burn wound edema using dichromatic absorptiometry. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 18: 124–128.
18. Desai M H, Rutan R L, Herndon D N (1991) Conservative treatment of scald burns is superior to early excision. *Journal of Burn Care & Rehabilitation* 12: 482–484.
19. Drago D A (2005) Kitchen scalds and thermal burns in children five years and younger. *Pediatrics* 115: 10–16.
20. Durani P, Leaper D (2008) Povidone-iodine. Use in hand disinfection, skin preparation and antiseptic irrigation. *International wound journal* 5: 376–387.
21. Eich U, Lohmeyer J A, Siemers F, Mailänder P (2009) Thermische Verletzungen im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 157: 350–355.
22. Eldad A, Neuman A, Weinberg A, Benmeir P, Rotem M, Wexler M R (1991) Silver sulphadiazine-induced haemolytic anaemia in a glucose-6-phosphate dehydrogenase-deficient burn patient. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 17: 430–432.
23. Fakin R M, Guggenheim M, Wallner C, Lehnhardt M (2016) Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 45–52.
24. Friedl H P, Till G O, Trentz O, Ward P A (1989) Roles of histamine, complement and xanthine oxidase in thermal injury of skin. *The American journal of pathology* 135: 203–217.
25. Fuchs P C, Thamm O C (2016) Lokalthherapie. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 87–98.
26. Gee Kee E L, Kimble R M, Cuttle L, Khan A, Stockton K A (2015) Randomized controlled trial of three burns dressings for partial thickness burns in children. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 41: 946–955.



27. Gee Kee E L, Kimble R M, Cuttle L, Stockton K A (2016) Scar outcome of children with partial thickness burns. A 3 and 6 month follow up. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 42: 97–103.
28. Gotschall C S, Morrison M I, Eichelberger M R (1998) Prospective, randomized study of the efficacy of Mepitel on children with partial-thickness scalds. *Journal of Burn Care & Rehabilitation* 19: 279–283.
29. Grunwald T B, Garner W L (2008) Acute burns. *Plastic and reconstructive surgery* 121: 311e-319e.
30. Hansbrough J F, Zapata-Sirvent R, Hoyt D (1990) Postburn Immune Suppression: An inflammatory response to the burn wound? *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 30: 671–675.
31. Harper R D, Dickson W A (1996) Domestic central heating radiators. A cause for concern in all age groups. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 22: 217–220.
32. Heimbach D, Engrav L, Grube B, Marvin J (1992) Burn depth. A review. *World journal of surgery* 16: 10–15.
33. Hettiaratchy S, Dziewulski P (2004) ABC of burns. Introduction. *British Medical Journal (Clinical Research Edition)* 328: 1366–1368.
34. Heyneman A, Hoeksema H, Vandekerckhove D, Pirayesh A, Monstrey S (2016) The role of silver sulphadiazine in the conservative treatment of partial thickness burn wounds. A systematic review. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 42: 1377–1386.
35. Hoekstra M J, Hupkens P, Dutrieux R P, Bosch MMC, Brans T A, Kreis R W (1993) A comparative burn wound model in the New Yorkshire pig for the histopathological evaluation of local therapeutic regimens. Silver sulfadiazine cream as a standard. *British Journal of Plastic Surgery* 46: 585–589.
36. Homann H-H, Rosbach O, Moll W, Vogt P M, Germann G, Hopp M, Langer-Brauburger B, Reimer K, Steinau H-U (2007) A liposome hydrogel with polyvinyl-pyrrolidone iodine in the local treatment of partial-thickness burn wounds. *Annals of Plastic Surgery* 59: 423–427.
37. Howard T S, Hermann D G, McQuitty A L, Woodson L C, Kramer G C, Herndon D N, Ford P M, Kinsky M P (2013) Burn-induced cardiac dysfunction increases length of stay in pediatric burn patients. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 34: 413–419.

38. Hundeshagen G, Collins V N, Wurzer P, Sherman W, Voigt C D, Cambiaso-Daniel J, Nunez Lopez O, Sheaffer J, Herndon D N, Finnerty C C, Branski L K (2018) A Prospective, Randomized, Controlled Trial Comparing the Outpatient Treatment of Pediatric and Adult Partial-Thickness Burns with Suprathel or Mepilex Ag. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 39: 261–267.
39. Ismail Aly M E, Dannoun M, Jimenez C J (2018) Operative Wound Management. In: Herndon D N (eds) *Total Burn Care* 5th ed. Elsevier, pp 114-130.e2.
40. Jackson D M (1953) The diagnosis of the depth of burning. *British Journal of Surgery* 40: 588–596.
41. Jackson D M (1969) Second thoughts on the burn wound. *The journal of trauma* 9: 839–862.
42. Jarrett F, Ellerbe S, Demling R (1978) Acute leukopenia during topical burn therapy with silver sulfadiazine. *American journal of surgery* 135: 818–819.
43. Jeschke M G, Mlcak R P, Finnerty C C, Norbury W B, Gauglitz G G, Kulp G A, Herndon D N (2007) Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. *Critical care* 11: R90.
44. Khalid K, Tarar M N, Mahmood F, Malik F S, Mehrose M Y, Ata-ul-Haq (2008) Scalp as a donor site for split thickness skin grafts. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad : JAMC* 20: 66–69.
45. Lachapelle J-M, Castel O, Casado A F, Leroy B, Micali G, Tennstedt D, Lambert J (2013) Antiseptics in the era of bacterial resistance. A focus on povidone iodine. *Clinical Practice* 10: 579–592.
46. Lange B, Wessel L M (2016) Operatives Management bei Kindern. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 249–261.
47. Langer S, Hilburg M, Drucke D, Herweg-Becker A, Steinstrasser L, Steinau H U (2006) Verbrennungsbehandlung von Kindern. Eine Analyse am Klinikum der Universitat Bochum. *Der Unfallchirurg* 109: 862–866.
48. Lehnhardt M, Kolbenschlag J (2016) Operatives Management der frischen Verbrennung. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 157–172.
49. Lindblad B E, Terkelsen C J (1990) Domestic burns among children. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 16: 254–256.

50. Lönnecker S, Schoder V (2001) Hypothermie bei brandverletzten Patienten – Einflüsse der präklinischen Behandlung. *Chirurg* 72: 164–167.
51. Lund C, Browder N (1944) The estimation of areas of burns. *Surgery, gynecology & obstetrics* 72: 352–358.
52. Martin F T, O'Sullivan J B, Regan P J, McCann J, Kelly J L (2010) Hydrocolloid dressing in pediatric burns may decrease operative intervention rates. *Journal of Pediatric Surgery* 45: 600–605.
53. Martinot V, Mitchell V, Fevrier P, Duhamel A, Pellerin P (1994) Comparative study of split thickness skin grafts taken from the scalp and thigh in children. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 20: 146–150.
54. Meek C P (1958) Successful microdermagrafting using the Meek-Wall microdermatome. *American journal of surgery* 96: 557–558.
55. Mustoe T A, Cooter R D, Gold M H, Hobbs F D R, Ramelet A-A, Shakespeare P G, Stella M, Téot L, Wood F M, Ziegler U E (2002) International clinical recommendations on scar management. *Plastic and reconstructive surgery* 110: 560–571.
56. Nunez Lopez O, Norbury W B, Herndon D N, Lee J O (2018) Special Considerations of Age. The pediatric burned patient. In: Herndon D N (eds) *Total Burn Care* 5th ed. Elsevier, pp 372-380.e2.
57. Ong Y S, Samuel M, Song C (2006) Meta-analysis of early excision of burns. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 32: 145–150.
58. Pallua N, Bulow S von (2006) Behandlungskonzepte bei Verbrennungen Teil I: Allgemeine Aspekte. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 77: 81-92.
59. Pallua N, Bulow S von (2006) Behandlungskonzepte bei Verbrennungen. Teil II: Technische Aspekte. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 77: 179-86.
60. Pallua N, Heimbarg D von (2003) Pathogenic role of interleukin-6 in the development of sepsis. Part I: Study in a standardized contact burn murine model. *Critical care medicine* 31: 1490–1494.
61. Rothoef T, Herweg-Becker A, Hamelmann E (2016) Thermische Verletzungen im Kindesalter. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 223–247.
62. Schiestl C, Beynon C, Balmer B (2007) What are the Differences? - Treatment of Burns in Children Compared to Treatment in Adults. *Osteo trauma care* 15: 26–28.

63. Schneider J C, Harris N L, El Shami A, Sheridan R L, Schulz J T, Bilodeau M-L, Ryan C M (2006) A descriptive review of neuropathic-like pain after burn injury. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 27: 524–528.
64. Scott J R, Muangman P, Gibran N S (2007) Making sense of hypertrophic scar. A role for nerves. *Wound repair and regeneration : official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society* 15 Suppl 1: 27-31.
65. Shakespeare P (2001) Burn wound healing and skin substitutes. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 27: 517–522.
66. Shimizu R, Kishi K (2012) Skin graft. *Plastic surgery international* 2012: 563493.
67. Shupp J W, Nasabzadeh T J, Rosenthal D S, Jordan M H, Fidler P, Jeng J C (2010) A review of the local pathophysiologic bases of burn wound progression. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 31: 849–873.
68. Siemers F, Bergmann P A (2016) Stationäre Aufnahme, Prognose, Verbrannte Körperoberfläche. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 77–86.
69. Silverstein P, Heimbach D, Meites H, Latenser B, Mozingo D, Mullins F, Garner W, Turkowski J, Shupp J, Glat P, Purdue G (2011) An open, parallel, randomized, comparative, multicenter study to evaluate the cost-effectiveness, performance, tolerance, and safety of a silver-containing soft silicone foam dressing (intervention) vs silver sulfadiazine cream. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 32: 617–626.
70. Singh V, Devgan L, Bhat S, Milner S M (2007) The pathogenesis of burn wound conversion. *Annals of Plastic Surgery* 59: 109–115.
71. Statistisches Bundesamt Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000 (Fälle, Berechnungs- und Belegungstage, durchschnittliche Verweildauer). Gliederungsmerkmale: Jahre, Behandlungsort, Alter, Geschlecht, Verweildauer, ICD10-4-Steller. Recherche: Schlagwortsuche Verbrennungen. <http://www.gbe-bund.de/> (23.08.2018).
72. Tang H, Lv G, Fu J, Niu X, Li Y, Zhang M, Zhang G, Hu D, Chen X, Lei J, Qi H, Xia Z (2015) An open, parallel, randomized, comparative, multicenter investigation evaluating the efficacy and tolerability of Mepilex Ag versus silver sulfadiazine in the treatment of deep partial-thickness burn injuries. *The journal of trauma and acute care surgery* 78: 1000–1007.
73. Tanner J C, JR. Vandeput J, Olley JF. (1964) The mesh skin graft. *Plastic and reconstructive surgery* 34: 287–292.

74. Thomas S (2010) Surgical dressings and wound management. A unique source of reference on the development, key properties and clinical use of surgical dressings and modern wound management materials. Medetec, Cardiff.
75. Traoré O, Fayard SF, Laveran H (1996) An in-vitro evaluation of the activity of povidone-iodine against nosocomial bacterial strains. *Journal of Hospital Infection* 34: 217–222.
76. Trop M (2002) Das brandverletzte Kind. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 150: 1408–1422.
77. van Baar M E, Essink-Bot M L, Oen I M M H, Dokter J, Boxma H, van Beeck E F (2006) Functional outcome after burns. A review. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 32: 1–9.
78. van der Wal M B A, van Zuijlen P P, van de Ven P, Middelkoop E (2010) Topical silicone gel versus placebo in promoting the maturation of burn scars. A randomized controlled trial. *Plastic and reconstructive surgery* 126: 524–531.
79. van der Wal M B A, Vloemans J F P M, Tuinebreijer W E, van de Ven P, van Unen E, van Zuijlen P P M, Middelkoop E (2012) Outcome after burns. An observational study on burn scar maturation and predictors for severe scarring. *Wound repair and regeneration : official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society* 20: 676–687.
80. van Loey N E E, van Son M J M (2003) Psychopathology and psychological problems in patients with burn scars. *Epidemiology and management. American journal of clinical dermatology* 4: 245–272.
81. Vloemans A F P M, Hermans M H E, van der Wal M B A, Liebrechts J, Middelkoop E (2014) Optimal treatment of partial thickness burns in children. A systematic review. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 40: 177–190.
82. Wallace A B (1951) The exposure treatment of burns. *Lancet* 1: 501–504.
83. Ward R S (1991) Pressure Therapy for the Control of Hypertrophic Scar Formation after Burn Injury. *Journal of Burn Care & Rehabilitation* 12: 257–262.
84. Wasiak J, Cleland H (2009) Burns (minor thermal). *British Medical Journal Clinical Evidence* 2009.
85. Wasiak J, Cleland H, Campbell F, Spinks A (2013) Dressings for superficial and partial thickness burns. *The Cochrane database of systematic reviews*: CD002106.
86. White R (2005) Evidence for atraumatic soft silicone wound dressing use. *Wounds UK* 1: 104–109.
87. Wurzer P, Culnan D, Cancio L C, Kramer G (2018) Pathophysiology of Burn Shock and Burn Edema. In: Herndon D N (eds) *Total Burn Care* 5th ed. Elsevier, pp 66-76.e3.

88. Yuxiang L, Lingjun Z, Lu T, Mengjie L, Xing M, Fengping S, Jing C, Xianli M, Jijun Z (2012) Burn patients' experience of pain management. A qualitative study. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 38: 180–186.
89. Zahn P K, Wolf B M, Hohn A (2016) Intensivmedizin. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 105–114.
90. Zamora J L (1986) Chemical and microbiologic characteristics and toxicity of povidone-iodine solutions. *The American Journal of Surgery* 151: 400–406.
91. Zeitlin R E, Järnberg J, Somppi E J, Sundell B (1998) Long-term functional sequelae after paediatric burns. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* 24: 3–6.
92. Zens T, Yan A, Lee C W, Schmitz C, Faucher L, Gibson A (2018) A Pediatric Burn Outpatient Short Stay Program Decreases Patient Length of Stay With Equivalent Burn Outcomes. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* 39: 353–362.
93. Ziegenthaler H (2016) Narbenbehandlung nach thermischer Verletzung. In: Lehnhardt M, Hartmann B, Reichert B (eds) *Verbrennungschirurgie*, 1st ed. Springer Berlin Heidelberg, pp 417–429.

## 8 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Matthias Glanemann für die Möglichkeit der Promotion in seiner Abteilung.

Bei Herrn Dr. med. Clemens-Magnus Meier möchte ich mich herzlich bedanken, dass er mir das interessante Thema überlassen hat. Durch seine Diskussionsbereitschaft hat er mir geholfen das wissenschaftliche Arbeiten zu erlernen. Außerdem danke ich ihm für seine vielfältigen und ausführlichen Anmerkungen und Korrekturen.

Herrn Dipl.-Ing. Peter Jacob danke ich für die Unterstützung bei der Erstellung meines Datenblatts und der Programmierung der Berechnungen.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Dipl.-Stat. Gudrun Wagenpfeil für ihre statistische Beratung bedanken.

Ich danke den freundlichen Mitarbeitern des Archivs der Kinderklinik und Chirurgie fürs Bereitstellen und Heraussuchen der Akten.

Außerdem danke ich Frau Tabea Fuhrmann für die Zeichnung meiner Abbildungen.

Einen großen Dank möchte ich auch meinem Vater Jörg Rolfs widmen, der geduldig sämtliche Versionen meiner Dissertation Korrektur gelesen hat. Ich danke meinen Eltern, dass sie mich stets unterstützt und motiviert haben.