

**Diplomarbeit**

**VERBRANNT KÖRPEROBERFLÄCHE HAT EINE  
AUSSAGEKRAFT**

**Dokumentation der verbrannten Körperoberfläche mit neuen  
Kindermodellen der BurnCase 3D Software.**

**Eine retrospektive Analyse.**

eingereicht von

**Raphaela Lingitz**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde  
(Dr.<sup>in</sup> med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz  
Pädiatrische Intensivstation und Brandverletzteneinheit

unter der Anleitung von

**Priv. Doz. Dr. med. univ. Klaus Pfurtscheller  
Dr. med. univ. Holger Hubmann**

## **Eidesstattliche Erklärung**

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 02.07.2018.*

*Raphaela Lingitz eh*

## **Vorwort**

Die Motivation, diese Diplomarbeit über verbrannte Körperoberfläche und ihre Relevanz zu verfassen, entstand während des ersten Jahres meines Pharmaziestudiums, als ich bei Univ.-Prof. Dr.<sup>in</sup> med. univ. Marija Trop das freie Wahlfach „Pathophysiologie und Therapie der Verbrennungskrankheiten“ besuchte. Unsere kleine Gruppe an Studierenden bekam die Gelegenheit einen Fallbericht über Verbrennungen während des Haarebleichens in Zusammenhang mit Nickelschmuck zu schreiben. Dieses Wahlfach weckte mein Interesse an Brandverletzungen und an der Behandlung und Optimierung der Therapie von Verbrennungen.

Des Weiteren kam ich präklinisch im Rahmen meiner freiwilligen Tätigkeit bei einer Rettungsorganisation immer wieder zu Brandverletzungen, wo ich oftmals die Diskussion am Einsatzort über das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche und im Zusammenhang damit des Flüssigkeitsmanagements mitbekam. Niemand vor Ort war so routiniert in der Einschätzung, dass man sich sicher war, wie großflächig verbrannt die Patientin oder der Patient jetzt wirklich ist. Es wurden verschiedenste Methoden, von der Handflächenregel über die Neuner-Regel bis hin zur Kalkulation mit Apps am Handy, zu Rate gezogen und oftmals unterschieden sich die Ausmaße beträchtlich.

Einen weiteren Unterschied beim Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche gab es bei der Übergabe der Patientin oder des Patienten im Schockraum oder Intensivstation, wo Expertinnen und Experten dann die verbrannte Körperoberfläche einschätzten und mit Hilfe der Lund-Browder Chart ausrechneten. Oftmals kam es hier zu einer deutlichen Überschätzung der verbrannten Körperoberfläche am Notfallort und somit auch zu einem Flüssigkeitsbonus.

## **Danksagungen**

Mein Dank gilt Herrn Priv. Doz. Dr. med. univ. Klaus Pfurtscheller und Herrn Dr. med. univ. Holger Hubmann für die Betreuung meiner Diplomarbeit. Des Weiteren möchte ich mich beim Team der Universitätsklinik für Kinder und Jugendheilkunde an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit für die Bereitstellung der Krankengeschichten und des Computers mit der Software bedanken.

Weiters möchte ich mich ganz herzlich bei RISC Software GmbH für die Bereitstellung der Software BurnCase 3D mit den neuen Kindermodellen bedanken. Besonderer Dank gilt hierbei Herrn Mag. Dr. Michael Giretzlehner und DI. Dr. Stefan Thumfart für die Unterstützung bei etwaigen aufgetretenen Problemen und Fragen betreffend der Software sowie auch Unterstützung bei statistischen Fragen.

Zu Dank verpflichtet bin ich auch Frau DI. BSc. Gudrun Pregartner vom Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation für die Hilfe bei statistischen Fragestellungen.

Ein herzlicher Dank gilt meinen Eltern Susanne und Karl, meinen Geschwistern Alexandra und Andreas und meinen Großeltern für die ideelle Unterstützung bei all meinen Vorhaben und die für mich da waren, wenn ich sie brauchte. Ein weiterer Dank gilt meinen engen Freunden, die mich mein ganzes Studium über begleitet haben. Weiters bedanken möchte ich mich bei meinem Partner, Christoph für seine ideelle Unterstützung und Geduld.

## **Widmung**

**In memoriam Dr.<sup>in</sup> med. univ. Helga Lingitz**

## Zusammenfassung

Die verbrannte Körperoberfläche spielt in der Behandlung von brandverletzten Kindern und Jugendlichen eine große Rolle. Nicht selten wird das Ausmaß der Verbrennung über- oder unterschätzt, was sich dann auf die weitere Versorgung der Patientinnen und Patienten auswirken kann. Zu den gängigen Berechnungsmethoden zählen die Neuner-Regel, die allerdings auf Kinder nur mäßig gut anwendbar ist, die Handflächenregel und die Lund-Browder Chart. Diese Methoden hängen alle sehr von der Expertise des behandelnden ärztlichen Teams ab. Einen Gold-Standard zur Berechnung gibt es bis dato noch nicht.

Das Ziel dieser retrospektiven Datenanalyse ist es, die herkömmlichen Berechnungsmethoden der Brandverletzteneinheit der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz mit den neu erstellten Kindermodellen von der Software BurnCase 3D [1] zu vergleichen und zu untersuchen, ob es einen Unterschied zwischen den verschiedenen Berechnungen der verbrannten Körperoberfläche gibt. Hierfür wurden die Krankengeschichten der Kinder und Jugendlichen, die in den Jahren 2013 bis 2015 aufgrund einer Verbrennung an der Brandverletzteneinheit der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz behandelt wurden, retrospektiv analysiert und das dokumentierte Verbrennungsausmaß statistisch ausgewertet. Die von den Patientinnen und Patienten angefertigten Fotos und deren Maße wurden herangezogen, um diese in BurnCase 3D einzupflegen, um auch hier das Verbrennungsausmaß zu bestimmen.

Insgesamt wurden 79 Patientinnen und Patienten in die retrospektive Datenanalyse eingeschlossen. Es ergibt sich kein signifikanter Unterschied in den Oberflächen zwischen den manuellen Berechnungen und den Berechnungen von BurnCase 3D [1], wobei sich die Berechnungen im Verlauf der Studie mehr und mehr angleichen, da die Kinderklinik im Jahre 2013 begonnen hat BurnCase 3D zu verwenden..

Da das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche eine große Rolle in der weiteren Versorgung, bei der Auswahl des Krankenhauses, dem Flüssigkeitsmanagement und auch in der Prognose spielt, ist es wichtig, hier die Möglichkeiten einer möglichst objektiven Dokumentation zu nützen, um nicht ausschließlich auf die Expertise sehr erfahrener Kolleginnen und Kollegen angewiesen zu sein.

## **Abstract**

### Background

The total burned body surface area (TBBSA) of a burn victim plays an important role for the further treatment of a burn victim. In daily routine the TBBSA is often over- or underestimated which could have an important impact on the further treatment of patients. Common calculation methods are the Rule of Nine (which is not really applicable in children), the Palm Rule and the Lund-Browder Chart.

### Methods

Goal of this retrospective analysis is to compare and investigate the conventionally used methods for the calculation of the total burned body surface area with the new children models of the RISC software BurnCase 3D [1]. For this reason the patient history of the children who were in hospital at the Paediatric Burn Unit of the University Children's Hospital of Graz because of a burn injury from January 2013 to December 2015 was analysed. Important data was extracted from the patient history to be able to compare the total burned surface area calculated by hand with the new children models of BurnCase 3D software.

### Results

79 patients were included in this retrospective analysis and there was no significant difference in the calculation of the TBBSA between the conventionally used method and the calculations of the BurnCase 3D software [1]. Over the years of the retrospective analysis the calculations became more and more similar because the department of child and adolescent medicine began to use BurnCase 3D additionally to the Lund Browder Chart.

### Conclusions

The TBBSA plays an important role for the further treatment, the choice of the hospital, the fluid management and the further prognosis. For this reason it is recommended to have the most objective methods as possible in order to be not dependant on the specialised knowledge of the most experienced paediatricians.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	I
Vorwort.....	II
Danksagungen .....	III
Widmung .....	IV
Zusammenfassung .....	V
Abstract.....	VI
Inhaltsverzeichnis .....	VII
Glossar und Abkürzungen .....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XII
Graphikverzeichnis.....	XIII
1 Einleitung .....	1
2 Allgemeines.....	2
2.1 Aufbau der Haut .....	2
2.1.1 Epidermis.....	2
2.1.2 Dermis .....	2
2.1.3 Subkutis .....	3
2.1.4 Hautanhangsgebilde.....	3
2.2 Funktionen der Haut .....	4
2.2.1 Schutzfunktion.....	4
2.2.2 Stoffwechselfunktion.....	4
2.2.3 Kommunikation und Sensorik .....	5
2.3 Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen.....	5
2.4 Definition der Verbrennung.....	6
2.4.1 Pathophysiologie .....	7
2.5 Verbrennungsgrade.....	8
2.5.1 Grad 1 .....	8
2.5.2 Grad 2 .....	9
2.5.3 Grad 3 .....	9
2.5.4 Grad 4 .....	10
2.6 Versorgung von Verbrennungen von der Präklinik zur Klinik .....	10
2.6.1 Erste Hilfe.....	10
2.6.2 Präklinik .....	11

2.6.3	Krankenhaus .....	12
2.7	Einfluss der verbrannten Körperoberfläche auf die weitere Therapie.....	13
2.8	Händische Berechnungsmethoden der verbrannten Körperoberfläche .....	16
2.8.1	Handflächenregel.....	16
2.8.2	Neuner-Regel nach Wallace .....	18
2.8.3	Lund Browder Chart.....	19
2.9	Die Geschichte von BurnCase 3D und den Kindermodellen .....	20
3	Material und Methoden .....	27
3.1	Studiendesign und Patientinnen- und Patienten - Auswahl.....	27
3.2	Herkömmliche Berechnungsmethode / klinische Evaluierung an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz .....	28
3.3	Dateneingabe in BurnCase 3D .....	30
3.4	Datenauswertung .....	32
4	Ergebnisse – Resultate.....	33
5	Diskussion .....	42
5.1	Ergebnisdiskussion .....	42
5.2	Diskussion bezüglich Durchführung .....	45
6	Conclusio.....	47
7	References .....	48
8	Anhang .....	53

## Glossar und Abkürzungen

ABSI	Abbraviatet Burn Severity Index
ARDS	acute respiratory distress syndrome
BC3D	BurnCase 3D
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
ca	zirka
cm	Zentimeter
cm <sup>2</sup>	Quadratcentimeter
etc	et cetera
FFP	fresh frozen plasma
ICD10	International Classification of Diseases and related health problems
h	Stunde
H	Körpergröße in Zentimeter
ICC	Intraklassen Korrelationskoeffizient
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KI	Konfidenzintervall
KOF	Körperoberfläche
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
ml	Milliliter
mm	Millimeter
µm	Mikrometer
NaCl	Natrium Chlorid
pH-Wert	negativ dekadischer Logarithmus der Wasserstoff Ionen (H <sup>+</sup> )-Konzentration, Maß für den sauren / basischen Charakter einer wässrigen Lösung
TBBSA	total burned body surface area
usw.	und so weiter
UV	ultraviolett
Verbrennung 1. Grades	epidermale Verbrennung / 1°ige Verbrennung

Verbrennung 2. Grades	Zusammenfassung der folgenden zwei Verbrennungsgrade / 2°ige Verbrennung
Verbrennung 2a Grades	oberflächlich dermale Verbrennung
Verbrennung 2b Grades	tief dermale Verbrennung
Verbrennung 3. Grades	ganz dermale Verbrennung / 3°ige Verbrennung
Verbrennung 4. Grades	Verkohlung / 4°ige Verbrennung
VKOF	verbrannte Körperoberfläche
W	Körpergewicht in Kilogramm
WHO	Welt Gesundheitsorganisation
z.B.	zum Beispiel
°C	Grad Celsius
%	Prozent
/	pro
x	mal
3D	dreidimensional
2D	zweidimensional

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Haut [7] .....	3
Abbildung 2: Verbrennungsgrade [14], modifiziert nach Raphaela Lingitz .....	10
Abbildung 3: Handflächenregel [35], modifiziert nach Raphaela Lingitz .....	17
Abbildung 4: Neuner-Regel nach Wallace [35], modifiziert nach Raphaela Lingitz .....	18
Abbildung 5: Lund Browder Chart [35, 40], modifiziert nach Raphaela Lingitz .....	20
Abbildung 6: Fotos der Verbrennungsoffer mit verschiedenen Wundarealen abgebildet auf dem Fragebogen ( Patient 1: 2 Jahre, männlich, 12 kg, 87 cm; Patient 2: 35 Jahre, männlich, 80 kg, 182 cm; Patientin 3: 4 Jahre, weiblich, 16 kg, 102 cm) [46].....	24
Abbildung 7: 3D Modell-Sammlung von BurnCase 3D [43] .....	25
Abbildung 8: Kindermodelle mit verschiedenen Proportionen im Vergleich [48] .....	26
Abbildung 9: Lund Browder Chart verwendet an der Universitätsklinik für Kinder und Jugendheilkunde, pädiatrische Intensivstation und Brandverletzteneinheit.....	29
Abbildung 10: überlagertes Foto auf das Kindermodell von BurnCase 3D [1] .....	32

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Formeln zur Berechnung der Flüssigkeitstherapie nach Verbrennungstrauma [28] .....	15
Tabelle 2: Intraklassen Korrelationskoeffizient (ICC(2,1)).....	39
Tabelle 3: Kruskal Wallis Test Ränge der Altersgruppen.....	40
Tabelle 4: Kruskal Wallis Test Altersgruppen Ergebnis .....	40
Tabelle 5: Kruskal Wallis Test Ränge Jahre .....	41
Tabelle 6: Kruskal Wallis Test Ergebnisse Jahre .....	41
Tabelle 7: Rohdatentabelle .....	53

## Graphikverzeichnis

Grafik 1: Altersgruppen.....	33
Grafik 2: Verteilung der Verbrennungsgrößen nach klinischer Evaluierung und BurnCase 3D .....	35
Grafik 3: Darstellung der VKOF nach klinischer Evaluierung und BurnCase 3D .....	36
Grafik 4: Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe in Anlehnung an den Bland – Altman Plot.....	37
Grafik 5: Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe in Prozent in Anlehnung an den Bland – Altman Plot.....	38
Grafik 6: Verteilung der Verbrennungsgrößen klinische Evaluierung und BurnCase 3D kategorisiert .....	44
Grafik 7: Mittelwert der Differenzen von klinischer Evaluierung zu BurnCase 3D nach Jahren.....	45

# 1 Einleitung

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Abschätzung der verletzten Körperoberfläche bei Kindern nach einem thermischen Trauma und die Auswirkungen auf die Therapie, im Speziellen auf den Flüssigkeitsersatz in der Akutphase. Die Kernfrage dieser Arbeit besteht darin, den Unterschied zwischen der herkömmlich berechneten Körperoberfläche und der Berechnung mit BurnCase 3D [1] anhand der neuen Kindermodelle festzustellen, da das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche große Auswirkungen auf den weiteren Therapieverlauf, speziell auf das Flüssigkeitsmanagement, hat. Kinder können einen Verbrennungsschock bereits ab einer verbrannten Körperoberfläche von zehn Prozent erleiden. Sie haben ein geringeres Blutvolumen und geringere Flüssigkeitsreserven, wodurch es leichter zu einem hypovolämischen Schock kommen kann. Inadäquates Flüssigkeitsmanagement in der akuten Phase der Verletzung kann somit mit einer erhöhten Komplikationsrate und auch Mortalität einhergehen [2]. Genauere Ausführungen dazu folgen im Kapitel 2.3 und 2.7.

Die Hypothese besteht darin, dass die verbrannte Körperoberfläche überwiegend überschätzt wird und somit in weiterer Folge ebenfalls die errechneten und verabreichten Flüssigkeitsmengen. Aufgrund dessen werden zwei verschiedene Methoden zur Berechnung beziehungsweise (bzw.) Abschätzung der verbrannten Körperoberfläche für den Vergleich herangezogen. Es werden dabei die verbrannten Körperoberflächen auf zwei verschiedene Arten, einerseits mit der Lund-Browder-Chart, andererseits mit den neuen Kindermodellen von BurnCase 3D [1], einem speziellen Computerprogramm, berechnet und miteinander verglichen. Die Daten werden von der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz zur Verfügung gestellt. Die Computersoftware BurnCase 3D [1] wird von RISC Software GmbH für die Studie bereit gestellt. Durch Vergleich der zwei Methoden sollen klinisch-relevante Zusammenhänge bzw. Unterschiede für die Berechnung aufgezeigt werden. Diese Erkenntnisse sollten im Idealfall Einzug in den klinischen Alltag finden.

## **2 Allgemeines**

### **2.1 Aufbau der Haut**

Das größte und somit auch ein lebenswichtiges Organ beim Menschen ist die Haut mit einer Fläche von etwa 1,6 bis 2 m<sup>2</sup> beim Erwachsenen, abhängig von der Größe und dem Gewicht des Menschen [3]. Die Haut variiert in ihrer Dicke abhängig von der Lokalisation und der Funktion, die sie zu erfüllen hat, zwischen 1,5 und 6 mm [4].

Die Haut setzt sich aus Epidermis, Dermis und Subkutis zusammen. Sie unterscheidet sich regional abhängig von ihrer Funktion mit verschiedenen Hautanhangsgebilden wie Nägeln, Haaren und Hautdrüsen [3] wie in Abbildung 1 dargestellt.

#### **2.1.1 Epidermis**

Die Epidermis ist die äußerste Schicht der Haut. Sie ist ein mehrschichtig verhorntes Plattenepithel und setzt sich selbst aus fünf Schichten zusammen. Die unterste Schicht ist das Stratum basale oder Basalschicht, die mit ihrer mitotischen Aktivität permanent für neue Keratinozyten sorgt. Danach folgt das Stratum spinosum, wo die Zellen durch Zytoplasmafortsätze miteinander verbunden sind. Die Keratinisierung startet hier. Diese zwei Schichten werden gemeinsam auch als Stratum germinativum bezeichnet. Als nächste Schicht folgt das Stratum granulosum. Die Zellen enthalten viele Keratohyalin granula, die beim Verhornungsprozess eine Rolle spielen. Amorphes Material wird in den Interzellularraum eingelagert. Dies erschwert die Passage von Wasser. An der Oberfläche findet man das Stratum corneum mit abgeplatteten und verhornten Zellen ohne Zellkern, welchen sie während der Keratinisierung verloren haben. Hier schilfern permanent tote Hautschüppchen ab [3–5].

#### **2.1.2 Dermis**

Die Dermis oder Lederhaut befindet sich zwischen der Epidermis und der Subkutis. Sie besteht aus zwei Schichten: Dem Stratum papillare, das der Epidermis anliegt und dem Stratum reticulare. Das Stratum papillare besteht aus lockerem, zellreichem Bindegewebe mit einem Geflecht aus Kollagenfasern, elastischen Fasern und Abwehrzellen sowie Meissner-Tastkörperchen, Rezeptoren für das Berührungsempfinden.

Das Stratum reticulare besteht hauptsächlich aus straffem Bindegewebe, das geflechtartig angeordnet ist, um Zugbelastungen zu widerstehen. Der Flüssigkeitsanteil dieser Schicht bestimmt die Straffheit der Haut [3–5].

### 2.1.3 Subkutis

Die Subkutis besteht aus lockerem Bindegewebe, welches septenartig angeordnet ist und in den Zwischenräumen Fettzellen, auch Adipozyten genannt, enthält. Das Fettgewebe ist verschieblich mit der Haut und dem darunterliegenden Gewebe, wie den Muskeln und dem Periost, verankert. Die Subkutis dient je nach Körperregion als Druckpolsterung, Wärmeisolation oder Energiespeicher und unterscheidet sich auch dementsprechend in der Dicke. Da die Fettverteilung hormonabhängig ist, ergeben sich bei Männern und Frauen unterschiedliche Verteilungen [3–5].

### 2.1.4 Hautanhangsgebilde

Zu den Hautanhangsgebilden zählen Haare, Nägel, Drüsen, Blutgefäße sowie sensorische Nervenfasern für Schmerz-, Druck-, Tast- und Temperaturempfinden. Die Hautanhangsgebilde entwickeln sich aus in die Tiefe wachsenden Epithelzapfen der Epidermis, die sich nach und nach differenzieren. Somit entstehen alle Hautanhangsgebilde aus der Epidermis, die von der Dermis in ihrem Wachstum beeinflusst werden und in der Dermis liegen. [3, 5, 6].

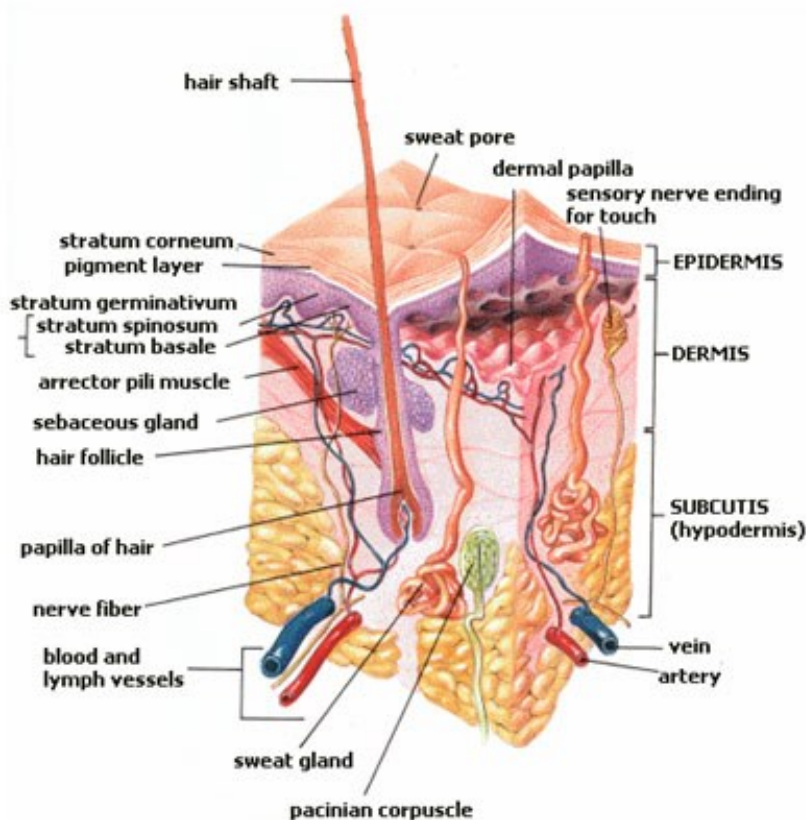


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Haut [7]

## **2.2 Funktionen der Haut**

Die Haut hat eine Reihe von wichtigen Aufgaben im Leben eines Menschen zu erfüllen. Sie ist verantwortlich, den Körper vor schädlichen Einflüssen, wie zum Beispiel mechanischen, thermischen, chemischen und physikalischen Noxen, zu schützen.

### **2.2.1 Schutzfunktion**

Die Hornhaut bildet gemeinsam mit dem sauren pH – Wert von 5,5 – 5,7 eine äußere Barriere gegen schädigende Mikroorganismen [4]. Zusätzlich besitzt die Epidermis einen hohen Anteil an Langerhans-Zellen. Diese gehören als spezifische Abwehrzellen dem Monozyten-Makrophagen-System an [4].

Die Epidermis, die elastischen und kollagenen Fasern der Dermis und die Subkutis fangen Stöße, Reibung und Druck ab. Weiters vermindert die intakte Haut große Flüssigkeitsverluste durch Evaporation. Bei Hitze kommt es zur Schweißbildung, welche bei Verdunstung den Körper kühlt. Bei Kälte hingegen stellen sich die Körperhaare auf und bilden so eine isolierende Luftschicht [4]. Die Subkutis bildet eine Isolationsschicht, welche der Haut einerseits Schutz vor thermischer Schädigung wie Kälte und Wärme bietet und andererseits hilft, die Körpertemperatur zu regulieren, was durch Vasokonstriktion bei Kälte und Vasodilatation bei Hitze funktioniert [4].

Eine weitere wichtige Funktion ist der Schutz vor UV-Licht. Hier kommt es einerseits zur Reflexion und Absorption des Lichtes durch die Epidermis und den Schutzfilm der Haut, andererseits sind die Melanozyten verantwortlich für den Hauttyp, welcher, abhängig von der Pigmentierung, mehr oder weniger UV-Licht verträgt. Die Zellen der Haut verfügen über Reparaturen, welche Schäden, die zum Beispiel durch UV-Licht verursacht, reparieren können [4].

### **2.2.2 Stoffwechselfunktion**

Die Transpiration der Haut dient dem Körper zum einen zur Abkühlung bei großer Hitze, zum anderen als Ausscheidungsweg von Stoffwechselendprodukten und überschüssiger Flüssigkeit. Die Haut kann über Cholesterin Cholecalciferol, eine Vorstufe des Vitamins D<sub>3</sub>, synthetisieren, welches wichtig für den Knochenaufbau ist, da es die Resorption von Calcium aus dem Darm fördert. Die Fettspeicherung in der Subkutis dient erstens als Baufett und zweitens als Speicherfett [4].

### **2.2.3 Kommunikation und Sensorik**

Die Haut besitzt eine Reihe an Rezeptoren und freie Nervenendigungen, die für das Schmerz-, Vibrations- und Temperaturempfinden, sowie den Tastsinn verantwortlich sind. Gerade im Gesichtsbereich können aufgrund der Gesichtsfarbe und Mimik Rückschlüsse auf Erkrankungen gezogen werden. Des Weiteren spiegelt die Haut auch die vegetativen Reaktionen [4], wie zum Beispiel (z.B.) Schwitzen bei Hitze oder Aufregung, Erröten bei Verlegenheit, etc. wieder.

### **2.3 Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen**

Kinder unterscheiden sich von Erwachsenen in ihrer Anatomie und Physiologie sowie auch in ihrem Verhalten. Kinder haben viele Besonderheiten, die bei ihrer medizinischen Behandlung in Betracht gezogen werden müssen. Je älter sie werden, desto mehr entspricht ihr Körperbau und ihre Physiologie der eines Erwachsenen.

In diesem Kapitel wird hauptsächlich auf die Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen eingegangen, die in Bezug auf Verbrennungen wichtig sind.

Die Proportionen von Kindern und Erwachsenen unterscheiden sich beträchtlich. Kinder, im Besonderen Säuglinge, haben einen großen Kopf und ein großes Abdomen im Vergleich zum Thorax und den Extremitäten. Daraus ergibt sich, dass die Körperoberfläche bezogen auf das Körpergewicht das Zwei- bis Dreifache der eines Erwachsenen beträgt [8]. Diese Proportionen verändern sich rasch im Laufe der Entwicklung und während des Wachstums des Kindes. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Berechnungsmethoden, die für die verbrannte Körperoberfläche bei Erwachsenen verwendet werden, nur mit Modifikationen einigermaßen auf die Körperoberfläche der Kinder angewendet werden können.

Ein weiterer wichtiger Unterschied, der vor allem bei der Verbrennungsentstehung relevant ist, ist die geringere Hautdicke von Kindern [8]. Die Hautdicke bei Neugeborenen beträgt 50 µm [9] und bei Kindern jünger als fünf Jahre ungefähr 0,56 mm im Gegensatz zu jener eines Erwachsenen mit einer durchschnittlichen Hautdicke von ca. 1,5 mm [6]. Dadurch ergibt sich bei einer Wassertemperatur von 54 °C eine Einwirkdauer von 31 Sekunden beim Erwachsenen, um zu einer drittgradigen Verbrennung zu führen, beim Kleinkind reichen dafür schon zehn Sekunden aus. Bei 65 °C reicht beim Kleinkind schon eine halbe Sekunde aus [6]. Zu der dünnen Haut haben Kinder zusätzlich eine verminderte subkutane Fettschicht.

Des Weiteren haben Kinder im Gegensatz zu Erwachsenen eine noch mangelnde Thermoregulation wodurch es leichter zur Hypo- oder auch Hyperthermie kommen kann [6]. Verantwortlich für den größeren Aufwand zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur sind zum einen die große Körperoberfläche im Verhältnis zum Gewicht, die Verdunstungskälte und die dünnere Haut, sowie die geringere subkutane Fettschicht [8]. Zusätzlich zu diesen drei Faktoren kommt hinzu, dass Kinder bis zu einem ungefähren Alter von sechs Jahren nicht in der Lage sind über das Kälte-Muskelzittern Wärme zu generieren. Die Wärmeproduktion geschieht hier zum größten Teil durch den Metabolismus des braunen Fettgewebes [8]. Am besten lassen sich die Schwierigkeiten des Neugeborenen, seine Temperatur konstant zu halten, im Vergleich von Neutral zu kritischer Temperatur zeigen. Entkleidet man ein Neugeborenes bei einer Zimmertemperatur von 23 °C, würde das für einen Erwachsenen bedeuten, sich bei 1 °C zu entkleiden [8].

Bei kindlichen Verbrennungsoptern ist auch das Risiko für eine Dehydratation erhöht, da die Kinder über einen verminderten Flüssigkeitsspeicher verfügen, die Evaporation über die Körperoberfläche erhöht, sowie der Flüssigkeitsbedarf gesteigert ist. Somit haben die Kinder über den Tag gesehen einen gesteigerten Flüssigkeitsumsatz bei einem verminderten Filtrationsvermögen der Niere [6]. Des Weiteren ist das Blutvolumen bezogen auf das Gewicht zwar pro Kilogramm Körpergewicht größer als bei Erwachsenen, aber aufgrund ihres geringeren Gewichts total gesehen um einiges geringer.

Kinder neigen aufgrund ihres noch nicht abgeschlossenen Wachstums eher zu hypertrophen Narben. Dies wiederum kann zu Problemen ästhetischer und mechanischer Art führen, wenn die Narben in den sichtbaren Bereichen der Haut liegen oder über Gelenke verlaufen.

#### ***2.4 Definition der Verbrennung***

Laut WHO ist eine Verbrennung bzw. eine Verbrühung eine Verletzung der Haut oder des darunter liegenden Gewebes, die in erster Linie durch Hitze einwirkung verursacht wird. Abhängig von der Expositionsdauer und der Hitze einwirkung entstehen unterschiedlich schwere Schäden. Hautverletzungen ausgelöst durch ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung), Chemikalien, Radioaktivität oder Elektrizität, sowie auch Atemwegsverletzungen, verursacht durch Rauchgasinhalationen, zählen ebenfalls zu den Verbrennungen [10].

### 2.4.1 Pathophysiologie

Durch Wärmestrahlung oder Wärmekonvektion kommt es in erster Linie zur Schädigung der Haut, in zweiter Linie auch eventuell zur Schädigung der Schleimhäute oder Atemwege bei Inhalation heißer Gase. Die Schmerzrezeptoren werden schon bei 47 °C erregt, wodurch es zu einem Erythem der Haut kommt. Zur Blasenbildung kommt es bei etwas höheren Temperaturen von zirka (ca.) 55 °C nach 40 Sekunden. Bei 60 °C kommt es innerhalb von nur 60 Sekunden zur Gewebiskoagulation, welche eine irreversible Schädigung der Haut mit sich bringt [11]. Diese Zahlen beziehen sich auf Erwachsene. Bei Kindern im Vergleich dauert es bis zum Auftreten einer drittgradigen Verbrennung wesentlich kürzer. Bei Temperaturen von 48,9 °C dauert es in etwa zehn Minuten, bei 55,4 °C sind es nur noch 30 Sekunden, bei 60 °C muss die Hitze noch zehn Sekunden einwirken und bei 65,6 °C nur mehr 2 Sekunden [12]. Ein Grund dafür besteht darin, dass die Hornschicht der Kinderhaut bei weitem noch nicht so dick ist, wie bei Erwachsenen. Des Weiteren verfügen die Kinder über eine geringere subkutane Fettschicht, was gerade bei der Thermoregulation eine wichtige Rolle spielt.

Verbrennungen und Verbrühungen führen ab einem oberflächlich dermalen Verbrennungsgrad mit einer Flächenausdehnung von 15 – 20 % bei Erwachsenen immer zu einer lokalen sowie auch einer systemischen Entzündungsreaktion [13], bei Kindern hingegen reichen schon 5 – 10 % verbrannte Körperoberfläche einer oberflächlich dermalen Verbrennung aus. Nach wenigen Minuten der Hitzeeinwirkung tritt im Bereich der Verletzung eine Koagulationsnekrose der direkt betroffenen Zellen ein. Es kommt zu einer gesteigerten Permeabilität der Kapillaren im direkt betroffenen, verletzten Areal. Dadurch wiederum beginnt die Exsudation von Flüssigkeit aus den Kapillaren zur Wundfläche mit Ödembildung, bei kleinen Verbrennungen nur lokal, bei großflächigen auch systemisch [11, 14].

Zur Permeabilitätsstörung kommt es aufgrund der ausgeschütteten Entzündungsmediatoren, in erster Linie dem Histamin, aber auch der Kinine. Diese verursachen eine erhöhte Gefäßpermeabilität gegenüber Flüssigkeit und Proteinen, dadurch ergibt sich neuerlich eine erhöhte Ödemneigung mit Wasseranreicherung auch in nicht geschädigten Organen, wie z.B. dem Gehirn mit einem Hirnödem. Dies kann unter Umständen durch die Überinfundierung von Flüssigkeit zur Schockbekämpfung eine Rolle spielen [11, 14].

Bei ausgedehnten Verbrennungen mit einer verbrannten Körperoberfläche bei Erwachsenen von über 15 - 20 %, bei Kindern von über 10 % und bei Babys von über 5 % mit mindestens einem 2a Verbrennungsgrad kommt es bereits in den ersten zwei Stunden

zu einer Reduktion des zirkulierenden Blutvolumens um 15 – 30 % [11, 13]. Den Verlust des Volumens versucht der Körper mit einer Vasokonstriktion entgegen zu wirken. Da bei der Vasokonstriktion hauptsächlich das Niederdrucksystem und somit die Venen betroffen sind, ist der venöse Rückfluss zum Herzen vermindert, was zu einem geringeren Herz-Minutenvolumen führt [11].

Die Thrombozyten und Erythrozyten neigen eher zur Aggregation, wodurch es zu Thrombosen kommen kann. Die Aggregation erfolgt einerseits durch die Vasokonstriktion, andererseits durch den Flüssigkeits- und Albuminverlust. Der Albuminverlust führt zu einer geringeren Suspensionsstabilität des Blutes [11]. Das heißt, dass es zu einer erhöhten Senkungsgeschwindigkeit und Aggregatbildung der Erythrozyten kommt.

Es kommt zu einem Austausch von Elektrolyten zwischen dem Intra- und Extrazellulärraum. Kalium tritt aus der Zelle aus und Natrium sowie Wasserstoffionen gelangen in die Zelle. Dies kann zu einer Azidose und Hyperkaliämie führen, sowie zu weiteren Natriumverlusten, die bereits durch das Wundsekret vorbestehend sind.

Weiters ist der Stoffwechsel massiv erhöht. Es werden enorme Mengen an Energie benötigt, um den Wasserverlust durch Verdunstung auszugleichen, sowie ausreichend Wärme zur Verfügung zu stellen [11]. Es resultiert eine Gluconeogenese mit vermehrter Proteolyse, sowie Lipolyse, die durch die endogene Katecholaminausschüttung bei Stress verursacht wird. Die Patientinnen und Patienten haben in dieser Phase eine pseudodiabetische Stoffwechsellage mit gehemmter Insulinproduktion und peripherer Insulinresistenz [11].

## ***2.5 Verbrennungsgrade***

Verbrennungen und Verbrühungen können anhand der vier Verbrennungsgrade, wie in Abbildung 2 dargestellt, eingeteilt werden. Der Verbrennungsgrad ist gemeinsam mit der verbrannten Körperoberfläche für das Abschätzen des Schweregrads der Gewebsschädigung von großer Bedeutung, da der Schweregrad Auswirkungen auf die spätere Therapie hat.

### **2.5.1 Grad 1**

Bei der Verbrennung ersten Grades ist nur die Epidermis betroffen. Die darunter liegenden Gewebsschichten bleiben verschont. Es ist eine schmerzhafte, ödematöse und juckende Rötung ohne Blasenbildung zu sehen. Der Abheilungsprozess dauert drei bis fünf Tage.

Diese Verbrennung heilt in der Regel narbenfrei ab. Ein Beispiel hierfür wäre der Sonnenbrand [4, 15].

## **2.5.2 Grad 2**

Die zweitgradige Verbrennung ist eine Schädigung der Epidermis und Teilen der Dermis. Es wird zwischen oberflächlich dermalen und tief dermalen Schädigung unterschieden.

### **2.5.2.1 Grad 2a**

Bei der 2a Verbrennung bzw. der oberflächlich dermalen Verbrennung sind die Epidermis und die oberflächlichen Bereiche der Dermis geschädigt worden. Dieser Verbrennungsgrad ist sehr schmerzhaft. Oftmals erfolgt eine Blasenbildung. Die Blasen sind mit proteinreicher Flüssigkeit gefüllt, welche bei einem sehr großen Verbrennungsausmaß zum Verbrennungsschock beitragen. Wenn die Blase eröffnet wird, imponiert der Wundgrund gerötet und feucht, blasst bei Druck kurzzeitig ab und rötet innerhalb von ein paar Sekunden wieder. Die oberflächlich dermale Verbrennung heilt meist in einem Zeitraum von zwei bis drei Wochen ab. Es kommt selten vor, dass Narben zurückbleiben [4, 16].

### **2.5.2.2 Grad 2b**

Eine Verbrennung 2b ist eine tiefdermale Verletzung der Haut. Hier wurden die gesamte Epidermis sowie ein Großteil der Dermis zerstört. Die Haarfollikel und die Drüsen können mitbetroffen sein, die Schmerzrezeptoren wurden teilweise zerstört [4]. Dies hat zur Folge, dass die tief dermale Verbrennung nur mehr bedingt schmerzhaft ist [14]. Der Wundgrund kann noch rötlich, aber auch weiß und feucht imponieren. Dieser Grad der Verbrennung heilt meist entweder unter Narbenbildung nach mehr als zwei Wochen ab oder benötigt eine Hauttransplantation.

## **2.5.3 Grad 3**

Die drittgradige Verbrennung ist eine komplett dermale Verbrennung, bei der alle Schichten der Epidermis und Dermis sowie die Hautanhangsgebilde geschädigt wurden. Dieser Verbrennungsgrad ist schmerzfrei, da auch die Schmerzrezeptoren zerstört wurden. Der Wundgrund ist weiß und trocken bis teilweise verkohlt [14]. Diese Wunden können nicht mehr selbstständig abheilen und benötigen eine Exzision oder Nekrektomie und einen Wundverschluss, meist durch eine Hauttransplantation.

### 2.5.4 Grad 4

Der vierte Verbrennungsgrad wird abhängig von der Literatur teilweise nicht mehr als Verbrennungsgrad gezählt, da es sich hier um eine Verkohlung handelt. Alle Hautschichten, sowie auch darunter liegendes Gewebe, sind verkohlt und unwiederbringlich geschädigt.

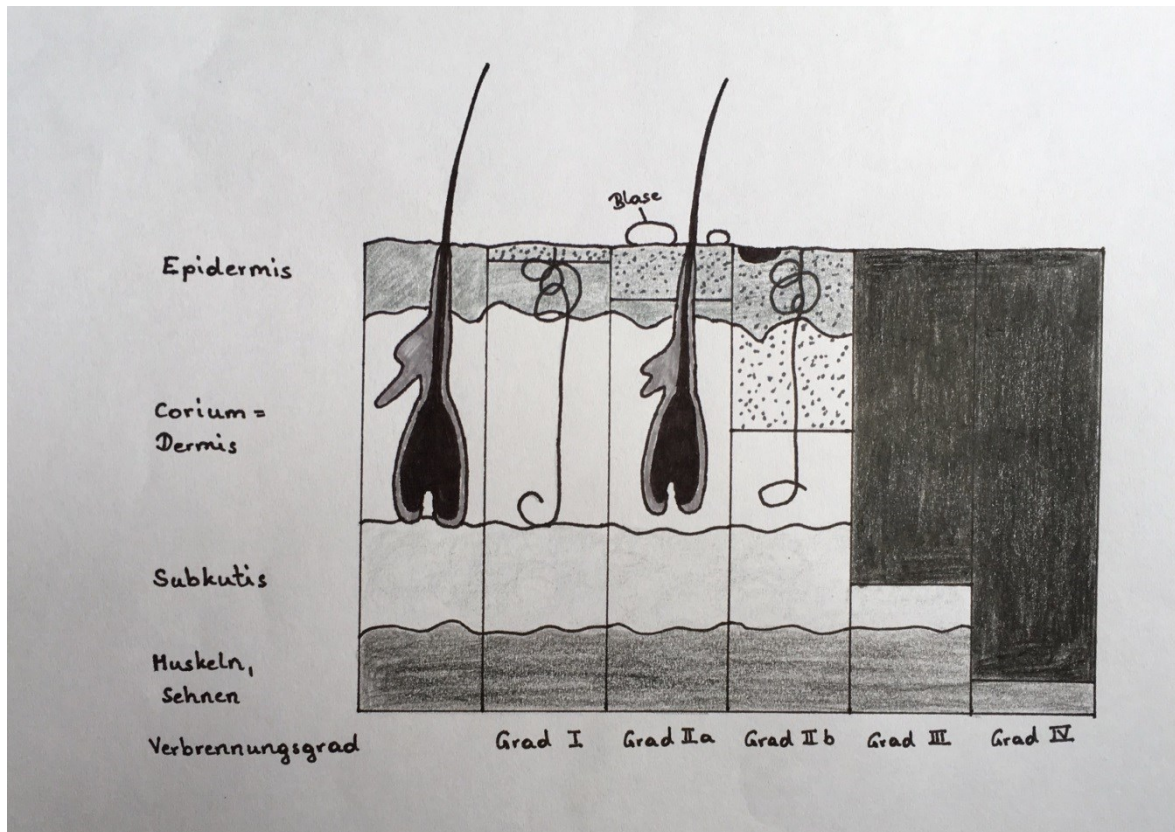


Abbildung 2: Verbrennungsgrade [14], modifiziert nach Raphaela Lingitz

## 2.6 Versorgung von Verbrennungen von der Präklinik zur Klinik

Wenn eine Verbrennung oder Verbrühung geschieht, kann rasches und richtiges Handeln, sowie das korrekte Einschätzen der verbrannten Körperoberfläche, zum besseren weiteren Therapieverlauf der Patientinnen und Patienten beitragen. Hierbei ist eine möglichst intakte Rettungskette von der Ersten Hilfe bis zur Klinik von großer Bedeutung.

### 2.6.1 Erste Hilfe

Die erste Hilfe beruht auf dem Entfernen der Betroffenen oder des Betroffenen aus der Gefahrensituation, z.B. durch Ersticken der Flammen auf der Kleidung. Danach folgt bei kleinflächigen Verbrennungen und Verbrühungen die Kühlung der betroffenen Körperstelle mit handwarmem Wasser für maximal 30 Minuten. Einerseits dient die

Wasserbehandlung der Analgesie, andererseits sollte eine Unterkühlung möglichst vermieden werden. Bei Kleinkindern und Säuglingen ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, dass sie während der Kühlung durch Wasser nicht zu sehr auskühlen [17, 18]. Die Hypothermie führt zu einer signifikant erhöhten Letalität [19]. Die Kühlung des Körperstammes und des Kopfes bei Verbrennungen und Verbrühungen sollte unterlassen werden.

### **2.6.2 Präklinik**

Wenn der professionelle Rettungsdienst eintrifft, steht als erstes die Schmerztherapie im Vordergrund. Die Kühlung sollte zu diesem Zeitpunkt dann nicht mehr durchgeführt und die Patientin und der Patient vor weiterem Wärmeverlust geschützt werden [14]. Die Notärztin oder der Notarzt kann mit Hilfe verschiedener Methoden das Ausmaß der Verletzung einschätzen und die notwendigen Therapiemaßnahmen einleiten. Sollte die verbrannte Körperoberfläche über 10% betragen, müsste mit dem Flüssigkeitsmanagement begonnen werden. Hierfür sind nicht mehr als 10 ml/kg zu verabreichen [20]. Zu diesem Zeitpunkt wäre es auch sinnvoll das Verbrennungsausmaß möglichst genau einzuschätzen und etwaige Begleitverletzungen zu entdecken, um in Folge zu wissen, in welches Krankenhaus die Patientin oder der Patient gebracht wird und um eine nötige Vorverständigung des Krankenhauses zu veranlassen. *„Die Indikation zur Verlegung oder Vorstellung in einem Zentrum für schwerbrandverletzte Kinder erfolgt entsprechend der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin bei:*

- *Verbrennungen 2. Grades von 10% und mehr der Körperoberfläche*
- *Verbrennungen 3. Grades von 5% und mehr der Körperoberfläche*
- *Verbrennungen 2. und 3. Grades oder entsprechende Schädigung durch chemische Substanzen mit Lokalisation im Gesicht, an der Hand, am Fuß oder im Genitalbereich mit relevanter Größe und Tiefe - einschließlich der durch elektrischen Strom verursachten thermischen Schäden und über großen Gelenken.*
- *Inhalationstraumata, auch in Verbindung mit leichten äußeren Verbrennungen; vom Vorhandensein eines solchen ist grundsätzlich bei Explosionsunfällen auszugehen.*
- *Alle thermischen Verletzungen 4. Grades.“ [14]*

Vor Transportbeginn sollten die verbrannte Körperoberfläche sauber und trocken abgedeckt werden. Eventuelle Indikationen zur präklinischen Narkose ergeben sich aus dem Unfallhergang (Inhalationstrauma, etc.) und der Schwere der Verletzung.

### 2.6.3 Krankenhaus

Bei großflächigen Verbrennungen über 15 % besteht zusätzlich zum täglichen Grundbedarf ein gesteigerter Flüssigkeitsbedarf innerhalb der ersten 24 – 48 Stunden, um die Morbidität und Mortalität durch den Verbrennungsschock zu reduzieren [13]. Da es für das Flüssigkeitsmanagement noch keine Daten zu nicht-invasiven Methoden gibt, ist die exakte Berechnung der verbrannten Körperoberfläche für die Berechnung der Flüssigkeitszufuhr von größter Bedeutung. Heutzutage kommt es oftmals zu einer Überinfundierung von Flüssigkeit, was zu weiteren Problemen wie z.B. massiver Ödembildung mit Kompartmentsyndrom, Lungenödem et cetera (etc.) führen kann [2, 13]. Es gibt mehrere Methoden um die benötigte Flüssigkeit zu berechnen, wie beispielsweise die Parklandformel, die modifizierte Parklandformel, die Brooke- und modifizierte Brooke-Formel [21]. All diese Formeln zur Berechnung der benötigten Flüssigkeitsmenge enthalten als Faktor das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche. Diese Formeln sind immer nur Richtlinien und müssen individuell an die Patientinnen und Patienten angepasst werden. Genauere Ausführungen zum Flüssigkeitsmanagement folgen im nächsten Kapitel. In erster Linie wird die modifizierte Parklandformel für den Flüssigkeitsbedarf zusätzlich zum täglichen Grundbedarf verwendet und anhand der Urinausscheidung und den klinischen Zeichen des Schocks angepasst [14].

Des Weiteren wird im Krankenhaus die lokale Therapie der Verbrennung in Abhängigkeit vom Verbrennungsgrad durchgeführt. Es kann bei einer erstgradigen Verbrennung eine lokale Therapie mit Salben ausreichen. Bei schwereren Verbrennungsgraden kann eine Hauttransplantation mit vorheriger Nekroektomie oder Wundexzision notwendig werden. Bei zirkulären Verbrennungen an den Extremitäten, am Thorax, am Abdomen oder am Hals kann eine Escharotomie von Nöten sein, um dem anschwellenden Gewebe ausreichend Platz zu bieten und einem Kompartmentsyndrom vorzubeugen [14].

Zusätzlich zu den intensivmedizinischen Maßnahmen und der Hautbehandlung beginnt schon während des Krankenhausaufenthalts die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten, Psychologinnen und Psychologen, Ergotherapeutinnen und Ergotherapeuten [14]. Einen sehr wichtigen Stellenwert nehmen in der Nachbehandlung insbesondere von jungen Patientinnen und Patienten die Eltern ein. Die Narbenbehandlung beginnt sobald die Wunde verheilt ist, mit Kompressionsanzügen und Salbenbehandlung, um eine Hypertrophie der Narbe möglichst in Grenzen zu halten. All die Maßnahmen sind dazu da, um das beste kosmetische und funktionelle Ergebnis zu erzielen und die Patientinnen und Patienten bestmöglich zu rehabilitieren.

## ***2.7 Einfluss der verbrannten Körperoberfläche auf die weitere Therapie***

Die Körperoberfläche im Allgemeinen spielt in vielen medizinischen Bereichen eine große Rolle, wie z.B. in der Transplantationsmedizin, der Chemotherapie, um den Leberindex auszurechnen genauso wie für die Berechnung der Dosierung von Medikamenten [22]. Speziell bei Verbrennungen spielt das Ausmaß der verbrannten Körperoberfläche eine wichtige Rolle für die weiteren Therapiemaßnahmen wie das Flüssigkeitsmanagement, die Medikamentengabe, den Transfer an ein Zentrum für Brandverletzte, die Überlebenswahrscheinlichkeit und die weitere Prognose, da die Haut ihrer Schutz- und Regulationsfunktion nicht mehr nachkommen kann. Deshalb ist ein gutes Wundmanagement von Nöten. Wundmanagement bedeutet Reinigung der Wunde, Abtragung der nekrotischen Gewebsteile sowie Hauttransplantation. Anschließend an die verheilte Wunde kommen Salben und Kompressionsbehandlungen um die Narbenbildung möglichst gering zu halten [22–24].

Als erstes wird Bezug auf das Flüssigkeitsmanagement bei der verbrannten Körperoberfläche genommen. Da es durch exzessive Flüssigkeitszufuhr zum abdominalen Kompartmentsyndrom, Hirnödem, Lungenödem mit akutem respiratorischem Distress Syndrom (ARDS), Sepsis, Multiorganversagen und mehreren weiteren Komplikationen kommen kann [2, 25]. Bei nicht adäquater Volumentherapie, sowohl bei zu viel als auch zu wenig Volumen, steigt die Mortalität und die Komplikationsrate der Brandverletzten [2, 21]. Wie bei Hollén et al beschrieben, gibt es Befürchtungen, dass zu wenig substituiertes Volumen zu einer Organhypoperfusion und der Möglichkeit der Verbrennungstiefenkonversion beiträgt [25]. Bei ihrer durchgeführten Studie zeigte sich allerdings, dass Verbrennungen und Verbrühungen bei einer verbrannten Körperoberfläche von 10 % bis 19 % bei Kindern nur sehr geringe Mengen an Flüssigkeit benötigten. Eine veröffentlichte Studie von Greenhalgh et al [26] im Jahre 2010 zeigte, dass 82 % der Ärztinnen und Ärzte mit unterschiedlicher klinischer Expertise im Bereich von Verbrennungen von allen Kontinenten, mit der Ausnahme von Afrika, sich sicher im Umgang mit oraler Hydratation bei Kindern mit Verbrennungsverletzungen unter 15 Prozent verbrannter Körperoberfläche fühlten [26]. Zudem zeigte Hallen et al in ihrer Untersuchung, dass Kinder, die mit weniger Flüssigkeit als berechnet behandelt werden, ein besseres Outcome in Bezug auf einen kürzeren Klinikaufenthalt und geringere Hauttransplantationsraten hatten. Dies bei gleicher Urinausscheidung und geringerer Rate an Nierenversagen sowie einer geringeren Plusbilanz [25].

Es existieren mehrere verschiedene Formeln zur Berechnung des benötigten Flüssigkeitsbedarfs sowohl für kristalloide als auch kolloidale Lösungen, wobei der Einsatz kolloidaler Lösungen kontrovers diskutiert wird. Aufgrund des Kapillarlecks gelangen die kolloiden Lösungen in den extravasalen Raum und erzeugen dort wegen des onkotischen Effekts ein zusätzliches Ödem [27]. Aus diesem Grund wird in den ersten acht bis zwölf Stunden in vielen Krankenhäusern auf kolloidale Lösungen verzichtet außer die Kreislaufsituation ist anders nicht in den Griff zu bekommen [28]. Wie eine retrospektive Studie von Huang et al [29] allerdings zeigte, gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Infusionsprotokollen A und B, wobei in beiden Protokollen von Anfang an kristalloide und kolloidale Lösungen verwendet wurden. Im Infusionsprotokoll A gab es einen Wechsel zwischen kristalloiden und kolloiden Lösungen alle zwei Stunden für 24 Stunden, bei Protokoll B wurde stündlich gewechselt. Das gesamte infundierte Volumen unterschied sich bei den beiden Protokollen nicht [29].

Bei fast allen Formeln zur Berechnung des Flüssigkeitsbedarfs, siehe dazu Tabelle 1, gleichgültig ob kristalloide oder kolloidale Lösungen, spielen die Prozent der verbrannten Körperoberfläche eine Rolle. Bei den hypertonen Natriumlösungen und den Dextran-Formeln ist die Urinausscheidung von großer Bedeutung. Die darunter meist verbreitete und verwendete Formel ist die Parklandformel entwickelt von Dr. Charles Baxter. Wie Cartotto et al [30] publizierte, schätzt die Formel für die ersten acht Stunden nach dem Trauma die Flüssigkeitsmenge richtig ein, allerdings nur dann, wenn die verbrannte Körperoberfläche richtig geschätzt wurde [2]. In den folgenden 16 Stunden wird das benötigte Volumen unterschätzt vor allem bei Patientinnen und Patienten mit einer drittgradigen großflächigen Verbrennung [30]. Wie auch Guilalbert et al in ihrer Studie zeigten, wird mit der Parklandformel das benötigte Gesamtvolumen in 24 Stunden immer wieder unterschätzt [27]. Allerdings gibt es auch gegenläufige Studien, die zeigen, dass die Flüssigkeitszufuhr weit über den berechneten Volumina liegt. All diese Daten treffen vor allem auf Erwachsene zu und könnten für Kinder ähnlich sein [25]. Obwohl die Formeln alle ihre Berechtigung haben und auch die Berechnungen einigermaßen zutreffen, wäre es sinnvoll die Flüssigkeitstherapie individuell auf jeden Patienten und jede Patientin gezielt anzupassen [31].

	SUBSTANZ	MENGE	INTERVALLE
<b><u>KRISTALLOIDE FORMELN</u></b>			
Parkland	Ringerlaktat	4ml/kg/%VKOF in 24h	8/8/16h
Ludwigshafen	Ringerlaktat	1ml/kg/%VKOF/Intervall	4/4/8/8h
Modifizierte Brooke	Ringerlaktat	2ml/kg/%VKOF	24h
<b><u>KOLLOIDALE FORMELN</u></b>			
Evans	NaCl+Kolloid	1ml + 1ml/kg/%VKOF + 2000ml Glukose 5%	24h
Brooke	Ringerlaktat+Kolloid	1,5ml+0,5ml/kg/%VKOF + 2000ml Glukose 5%	24h
Slater	Ringerlaktat + FFP	2000ml + 75ml/kg	24h
<b><u>HYPERTONE NATRIUMLÖSUNGEN</u></b>			
Monafo	NaCl (250 mEq Na/l)	Nach Urinausscheidung	
Warden	Ringerlaktat + NaHCO <sub>3</sub> (180 mEq Na/l)	Nach Urinausscheidung	8h
<b><u>DEXTRANE-FORMELN</u></b>			
Demling	Dextran 40 + Ringerlaktat + FFP	2ml/kg/h x 8h + Urinausscheidung + 0,5ml/kg/h x 18h	nach 18h

Tabelle 1: Formeln zur Berechnung der Flüssigkeitstherapie nach Verbrennungstrauma [28]

## **2.8 Händische Berechnungsmethoden der verbrannten Körperoberfläche**

Wie es für das Flüssigkeitsmanagement verschiedene Berechnungsmodelle gibt, stehen auch für das Abschätzen der verbrannten Körperoberfläche mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Die Handflächenregel, die Neuner-Regel nach Wallace und die Lund-Browder Chart werden am häufigsten verwendet. Gewisse Abschätzhilfen eignen sich für die Prälinik besser, andere wiederum für die Klinik. Allerdings sind diese Methoden für normalgewichtige Erwachsene entworfen worden, da die Proportionen der einzelnen Körperregionen bei adipösen Erwachsenen sich anders verhalten. Noch eindrucksvoller ist der Unterschied der Proportionen bei Kindern, wie bereits festgestellt [32], wo der Kopf einen Großteil der Körperoberfläche relativ gesehen ausmacht. Dies stellt Ärztinnen und Ärzte immer wieder vor Herausforderungen.

### **2.8.1 Handflächenregel**

Die Handfläche inklusive der Finger entspricht in etwa 0,8 % der Körperoberfläche des jeweils dazugehörigen Menschen. Der Einfachheit halber, wird die Handfläche meist mit einem Wert von 1 % der Körperoberfläche gerechnet, wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Die Handflächenregel kann für kleine Verbrennungen unter 15 % verbrannte Körperoberfläche oder sehr großflächige Verbrennungen mit über 85 % verbrannte Körperoberfläche verwendet werden, wenn man die unversehrte Haut minus die verbrannte Körperoberfläche rechnet. Für mittelgroße Verbrennungen eignet sich diese Methode wenig, da sie zu ungenau ist [33]. Laut Cox et al gibt es bei Kindern in Südafrika eine Variabilität der Handflächengröße von 0,79 % bis 1,9 % der Körperoberfläche [34]. Zusätzlich wurde herausgefunden, dass die relative Handflächengröße bei Kindern unter einem Jahr zunimmt, anschließend die relative Größe bis zum 13. Lebensjahr abnimmt, was dafür spricht, dass die Zunahme des Body Mass Index (BMI) zu einer Abnahme der Handflächengröße führt [34].

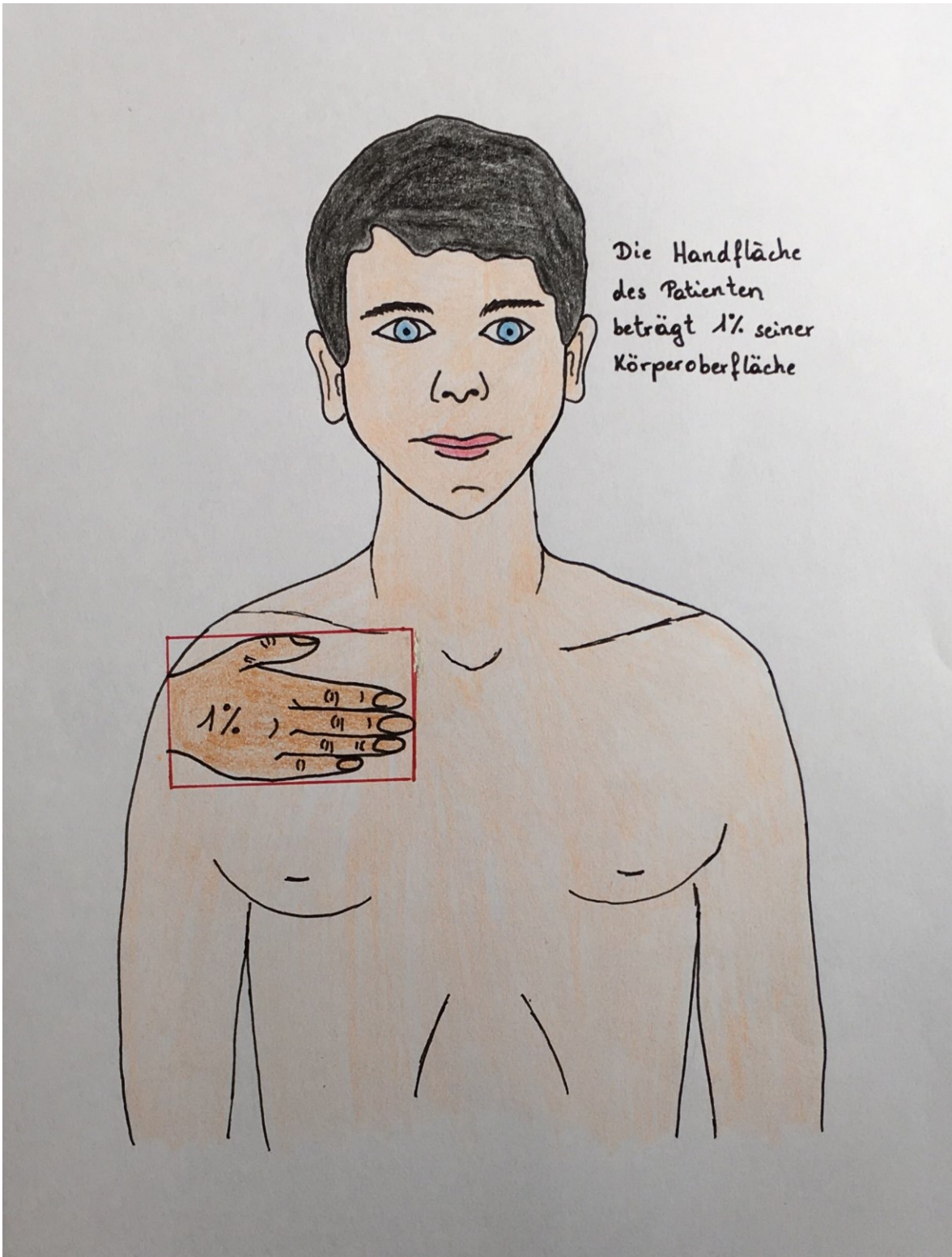


Abbildung 3: Handflächenregel [35], modifiziert nach Raphaela Lingitz

## 2.8.2 Neuner-Regel nach Wallace

Die Neuner-Regel nach Wallace ist eine gute und schnelle Methode mittelgroße bis große Verbrennungen bei Erwachsenen einzuschätzen, wie in Abbildung 4 gezeigt. Hierbei wird der Körper in Flächen von 9 % Körperoberfläche eingeteilt: 9 % für den Kopf und jeweils die Arme, 18 % für das Abdomen, den Rücken und jeweils die Beine. Die Genitalien werden mit 1 % gerechnet. Für Kinder eignet sich diese Methode jedoch nicht sonderlich gut, da die kindlichen Proportionen anders sind als jene bei Erwachsenen. Es gibt jedoch auch eine modifizierte Neuner-Regel für Kinder. Hier zählen Kopf, Abdomen und Rücken jeweils 18 %, die Arme jeweils 9 % und die Beine jeweils 14 % und die Genitalien wieder 1 %. Diese Formel kann und sollte noch modifiziert werden, so dass sich bei Kindern über einem Jahr für jedes Jahr die Prozente am Kopf um 1 % verringert und dafür bei den Beinen jeweils um 0,5 % dazu gerechnet werden [33, 36].

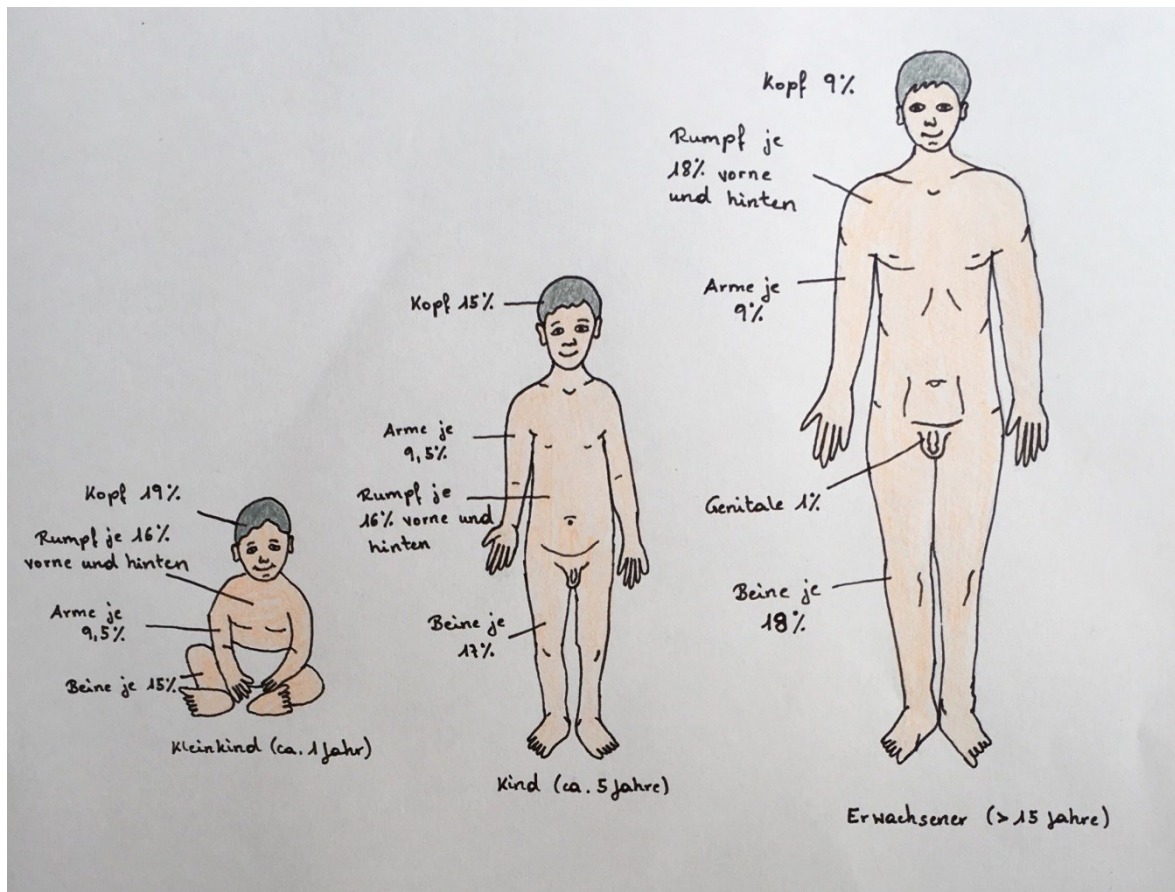


Abbildung 4: Neuner-Regel nach Wallace [35], modifiziert nach Raphaela Lingitz

### **2.8.3 Lund Browder Chart**

Die Lund Browder Chart, wie in Abbildung 5 zu sehen, ist die genaueste der Berechnungsmethoden, wenn sie korrekt verwendet wird. Sie erfordert einiges an Expertise, da man das reine Erythem nicht mit in die Berechnung einbeziehen darf. Der große Vorteil der Lund Browder Chart ist, dass Variationen im Körperbau mit einbezogen werden können. Diese Methode eignet sich somit für die Berechnung der verbrannten Körperoberfläche bei Kindern von den händischen Berechnungsmethoden noch am besten [33]. Obwohl die Lund-Browder Chart die verschiedenen Körperproportionen und das Alter in Betracht zieht, zeigten sich Überschätzungen der verbrannten Körperoberfläche. Nichter et al [37, 38] fand heraus, dass es dabei zu Überschätzungen von im Durchschnitt 12,4 % kam. Berry et al [39] beschrieb eine Überschätzung mit der Lund-Browder Chart in 25 von 60 Fällen in seiner Gruppe mit einem Mittelwert von 154 %. Aufgrund dieser Daten plädierte schon Nichter et al im Jahre 1985 für computer-unterstützende Systeme für die Berechnung der verbrannten Körperoberfläche [37, 38].

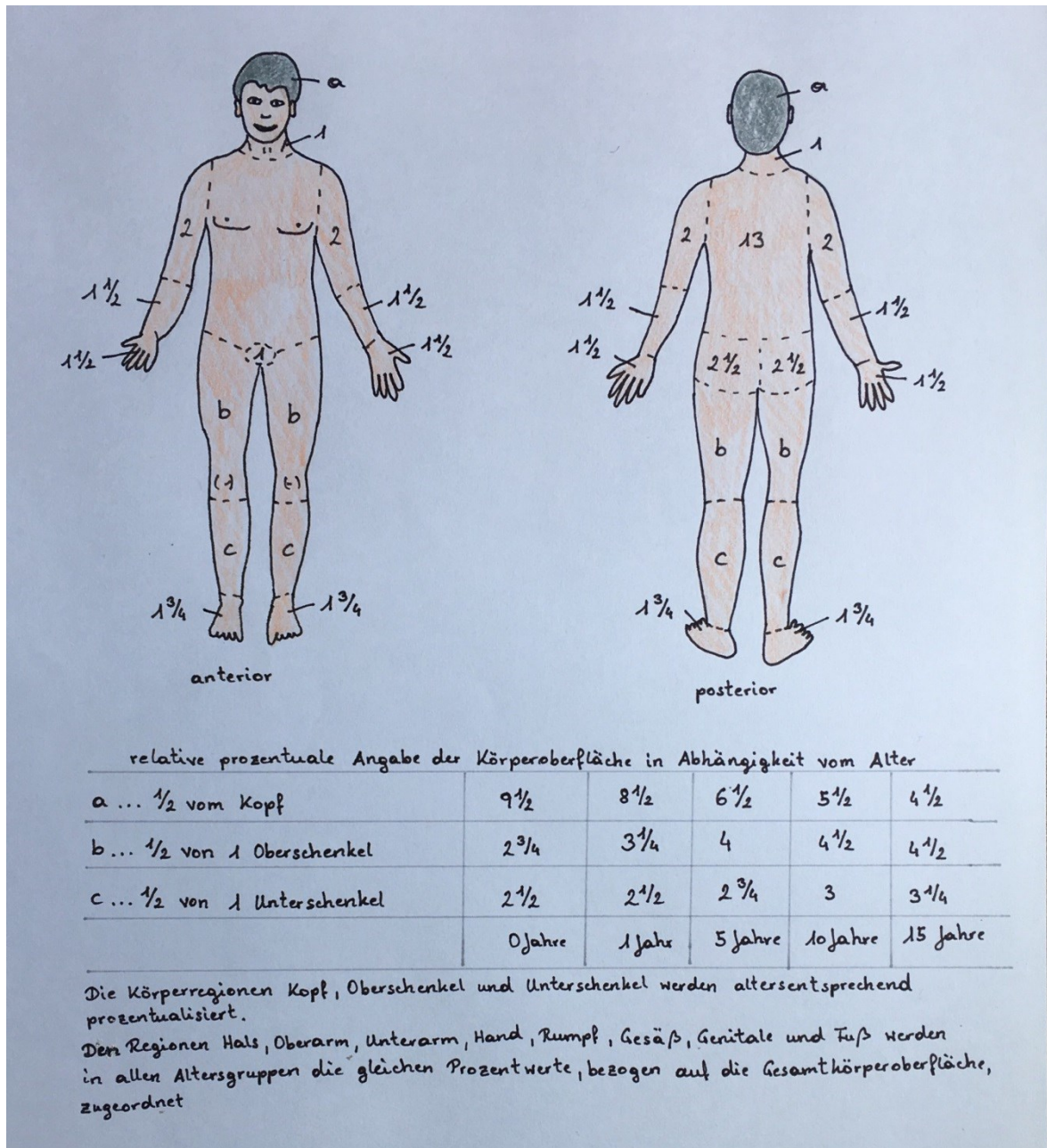


Abbildung 5: Lund Browder Chart [35, 40], modifiziert nach Raphaela Lingitz

## 2.9 Die Geschichte von BurnCase 3D und den Kindermodellen

Im Jahr 2002 wurde die Forschungsgruppe „BurnCase 3D“ an der Forschungsabteilung für Medizin-Informatik der RISC Software GmbH, einer Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft der Johannes Kepler Universität Linz, gegründet [23]. Das große Anliegen dieser Forschungsgruppe ist es, Verbesserungen in der Diagnose und Dokumentation von Verbrennungen zu bewirken. Es werden drei große Ziele definiert. Diese sind die objektive Erhebung von Verbrennungsdaten, ein einheitlicher Datensatz für

verbrennungsrelevante Daten sowie die Verarbeitung von erhobenen Verbrennungsdaten [23].

Bis dato gab es immer nur subjektive Schätzungen, die mit Hilfe der Lund Browder Chart, der Neuner-Regel oder der Handflächenregel abgeschätzt wurden, die allerdings stark von der individuellen Erfahrung der und des Behandelnden abhingen [23]. Der Schlüssel zum Erfolg bei der Verbrennungsbehandlung ist das Vermeiden von subjektiven Schätzungen mit der Einführung objektiver Methoden [41].

Die erste Version von BurnCase 3D wurde 2004 auf den Markt gebracht. Seitdem wird die Software kontinuierlich durch mehrere Brandverletzententren evaluiert und ständig verbessert [42].

Die durchgeführten Studien vorab führte der Forschungsgruppe immer mehr vor Augen, dass es von großer Bedeutung wäre, eine objektivere Methode zu entwickeln, die die verschiedenen Körperproportionen berücksichtigt. Da jeder Mensch einzigartig ist und sich nicht exakt auf ein Modell anpassen lässt, ergeben sich bei der Berechnung der verbrannten Körperoberfläche, im Besonderen bei Kindern und Übergewichtigen Probleme. Zwar reduzierten die bis jetzt computerbasierten Methoden die Einschätzungsfehler, dennoch kommt es immer wieder zu Eingabefehlern, vor allem beim Transfer der verbrannten Körperoberfläche vom dreidimensionalen Menschen auf ein zweidimensionales Berechnungsmodell [42].

Daraufhin wurde die Software BurnCase 3D entwickelt, eine Software zur Berechnung und Dokumentation von Verbrennungswunden. Das Besondere bei BurnCase 3D ist, dass die Benutzerin und der Benutzer ein eigens an die Patientin und den Patienten angepasstes Modell mit der Eingabe von Alter, Körpergröße, Körpergewicht und Geschlecht kreiert. BurnCase 3D beinhaltet zwölf verschiedenen Berechnungsformeln für die Körperoberfläche und lässt die Benutzerin und den Benutzer auswählen, welches Modell verwendet werden soll. Die genaue Beschreibung der Verwendung und Dateneingabe in der Praxis wird im Kapitel 3.3 Dateneingabe in BurnCase 3D beschrieben. Alle eingegebenen Daten von Behandlung und Behandlungserfolg werden in der Datenbank gespeichert und können jederzeit abgerufen und verändert werden. Zusätzliche verbrennungsrelevante Daten wie Verbrennungsursache, Erste-Hilfe, Komplikationen, Vorerkrankungen, Zustand bei Verlegung usw. können eingetragen und gespeichert werden [42]. Um auch Fotos speichern zu können, hat BurnCase 3D ein integriertes Fotoarchiv. Aus diesem Fotoarchiv können die benötigten Fotos ganz einfach per drag and drop am erstellten Modell überlagert werden. Ein automatisierter Algorithmus kann

anhand von Landmarks am Modell und in den Fotos eine schnelle Anpassung schaffen [42]. Zu diesen Features ist es zusätzlich möglich gespeicherte Daten in vielen verschiedenen Formaten zu exportieren, um sie auch für weitere Studien verwenden zu können. Die Daten werden selbstverständlich anonymisiert exportiert.

Um die Genauigkeit von BurnCase 3D zu testen, wurden 30 verbrannte Areale geplant und mit Hilfe einer speziellen Flüssigkeit auf echte Mannequins aufgetragen. Die Areale betrafen zwischen 1 % und 15 % der verbrannten Körperoberfläche. Insgesamt wurden zehn Wunden aufgetragen. Dafür wurden ein männliches, ein weibliches Mannequin und ein Kindermannequin verwendet. Fünf trainierte Ärztinnen und Ärzte wurden gebeten die verbrannte Körperoberfläche mit Hilfe von BurnCase 3D zu berechnen. Es wurde jeweils das passendste Modell ausgewählt und mit den entsprechenden wichtigen Informationen (Körpergröße, Körpergewicht, Alter und Geschlecht) noch weiter angepasst, siehe Abbildung 7. Daraufhin wurden die Wunden fotografiert und über das entsprechende Modell gelegt [43]. Nachdem die Ergebnisse erhoben worden sind, wurden die Wunden abgenommen und mit einem zweidimensionalen Scanner genauestens vermessen. Bei komplizierteren Verbrennungsmustern mussten die aufgetragenen Wunden in Subareale unterteilt werden um dem Scanner das Vermessen zu ermöglichen. Der zweidimensionale (2D) Scanner wird als Gold Standard angesehen [43]. Um die Körperoberfläche der Mannequins berechnen zu können wurde ein dreidimensionaler (3D) Körperscan durchgeführt. Anschließend wurden aus diesen Daten die Prozent der verbrannten Körperoberfläche berechnet und mit den Daten aus BurnCase 3D verglichen.

Es kam heraus, dass die Einschätzenden mit Hilfe von BurnCase 3D verglichen mit dem Gold Standard 2D Scan die verbrannte Körperoberfläche im Mittelwert in Prozent durchschnittlich um nur 0,4 % beim Kind, 1,4 % bei der Frau und 1,7 % beim Mann überschätzt wird [43]. Insgesamt wurde beim Kind die totale verbrannte Körperoberfläche mit dem Unterschied von 0,1 %, bei der Frau von 0,4 % und beim Mann von 0,3 % überschätzt. Bei der Intraklassen-Korrelation lagen die Prozente bei 98,7 %. Durch diese Ergebnisse ergab sich, dass sich BurnCase 3D sehr gut für die Bestimmung der verbrannten Körperoberfläche eignet [43].

Seit dem Durchbruch von Smartphones steht die Entwicklung von Apps zunehmend im Mittelpunkt, miteinhergehend auch die von Medizin-Apps, im Speziellen ebenfalls von Apps für Brandverletzungen wie Wurzer et al publizierten [41]. Es wurden die App-Stores von Google Play Store von Android und Apple App Store von Apple auf die Worte „burn“,

„burns“, „thermal“ und „Verbrennung“ durchsucht und die entsprechenden Apps untersucht. Dabei wurden vier Arten von Apps identifiziert: Berechnungshilfen für die verbrannte Körperoberfläche, Spiele, Informations-Apps und Bücher- bzw. Zeitungs-Apps [41]. Einige Apps erscheinen recht hilfreich, allerdings fehlt es ihnen an Dokumentationsmöglichkeiten und an Datensicherheit, um die Apps für den Krankenhausalltag einsetzen zu können [41].

Die Du Bois Formel stammt aus früheren Zeiten und wird bis heute für die Berechnung der gesamten Körperoberfläche herangezogen. In diese wird das Gewicht (W) in Kilogramm und die Körpergröße (H) in Zentimeter eingetragen und dann mit Hilfe der Formel Körperoberfläche (KOF) =  $0.007184 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$  die totale Körperoberfläche berechnet [22]. Ein Problem stellt hier allerdings die Fallzahl von nur neun Patientinnen und Patienten dar [44], was demnach nicht als Standard für die Berechnungen der Körperoberfläche herangezogen werden sollte. Die Berechnungen stimmen meist mit den Daten für Erwachsene überein, für Kinder, im Speziellen, Neugeborene, sollte allerdings die Haycock Formel verwendet werden [44]. In der Haycock Formel ( $0.024265 \times W^{0.5378} \times H^{0.3964}$ ) werden ebenfalls das Körpergewicht und die Körpergröße benötigt, diese allerdings mit anderen Werten multipliziert und potenziert. Da auch diese Berechnungsformeln für die Körperoberfläche keine genaue Bestimmung ermöglichen, wird das Projekt BurnCase 3D weiterverfolgt.

Neu an BurnCase 3D ist, dass die Software dreidimensionale Modelle verwendet im Gegensatz zu den herkömmlichen Berechnungsmöglichkeiten, die immer auf den zweidimensionalen Modellen basieren. Dies spiegelt sich ebenfalls bei den Berechnungen von Apps wieder, wenn zweidimensionale Modelle verwendet werden. Es gibt laut Godwin et al [45] bei ihrer App und der herkömmlichen Lund-Browder Chart keinen Unterschied bei der Berechnung der verbrannten Körperoberfläche. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass die App auf der Lund-Browder Chart basiert, obwohl für die eingezeichnete verbrannte Körperoberfläche jedes Pixel gezählt und daraus die Prozent berechnet wurden [45].

Aufgrund dieser Tatsachen führten Giretzlehner et al [46] eine Studie mit Verbrennungsexpertinnen und -experten durch. Bei dieser wurden Verbrennungsexpertinnen und -experten bei zwei verschiedenen Meetings gebeten die verbrannte Körperoberfläche von drei Verbrennungsopfern einzuschätzen. Die drei Verbrennungsopfer waren mit Bildern dargestellt und alle drei unterschieden sich in der Komplexität der Verbrennung. Eines war ein zweijähriger Junge mit vielen kleinen

disseminierten Verbrennungsarealen, ein 35-Jähriger mit ausgedehnter Verbrennung und ein vierjähriges Mädchen mit einer Mischung aus disseminierten und größeren Arealen, siehe dazu Abbildung 6 [46].



Abbildung 6: Fotos der Verbrennungsoffer mit verschiedenen Wundarealen abgebildet auf dem Fragebogen ( Patient 1: 2 Jahre, männlich, 12 kg, 87 cm; Patient 2: 35 Jahre, männlich, 80 kg, 182 cm; Patientin 3: 4 Jahre, weiblich, 16 kg, 102 cm) [46]

Bei allen drei Brandverletzten bestand mit der verbrannten Körperoberfläche die Möglichkeit einen Verbrennungsschock zu erleiden und dahingehend war die Entscheidung auch über Flüssigkeitssubstitution zu treffen. Die Bilder wurden auf zwei internationalen Verbrennungstreffen an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ausgehändigt. Es wurde dabei erhoben, welche Methode für die Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche verwendet wurde und welchen Beruf die Person hat [46]. Die Ergebnisse von 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmern ergaben, dass es sich Großteils um eine Überschätzung der verbrannten Körperoberfläche um bis zu 50 % handelte, wobei eine Unterschätzung selten zu finden war [46]. Die Ergebnisse dieser Studie wurden mit den Ergebnissen der computerbasierten Daten verglichen. Dabei ergaben sich Überschätzungen von 77 % bis 161 % bei den herkömmlichen Berechnungsmethoden verglichen mit den computerbasierten Berechnungsmethoden [46]. In dieser Studie zeigte sich ebenfalls, dass computerbasierte Berechnungen zu einer objektiveren und genaueren Messung der verbrannten Körperoberfläche führen, was sich wiederum positiv auf die Flüssigkeitsberechnungen auswirken könnte [46].

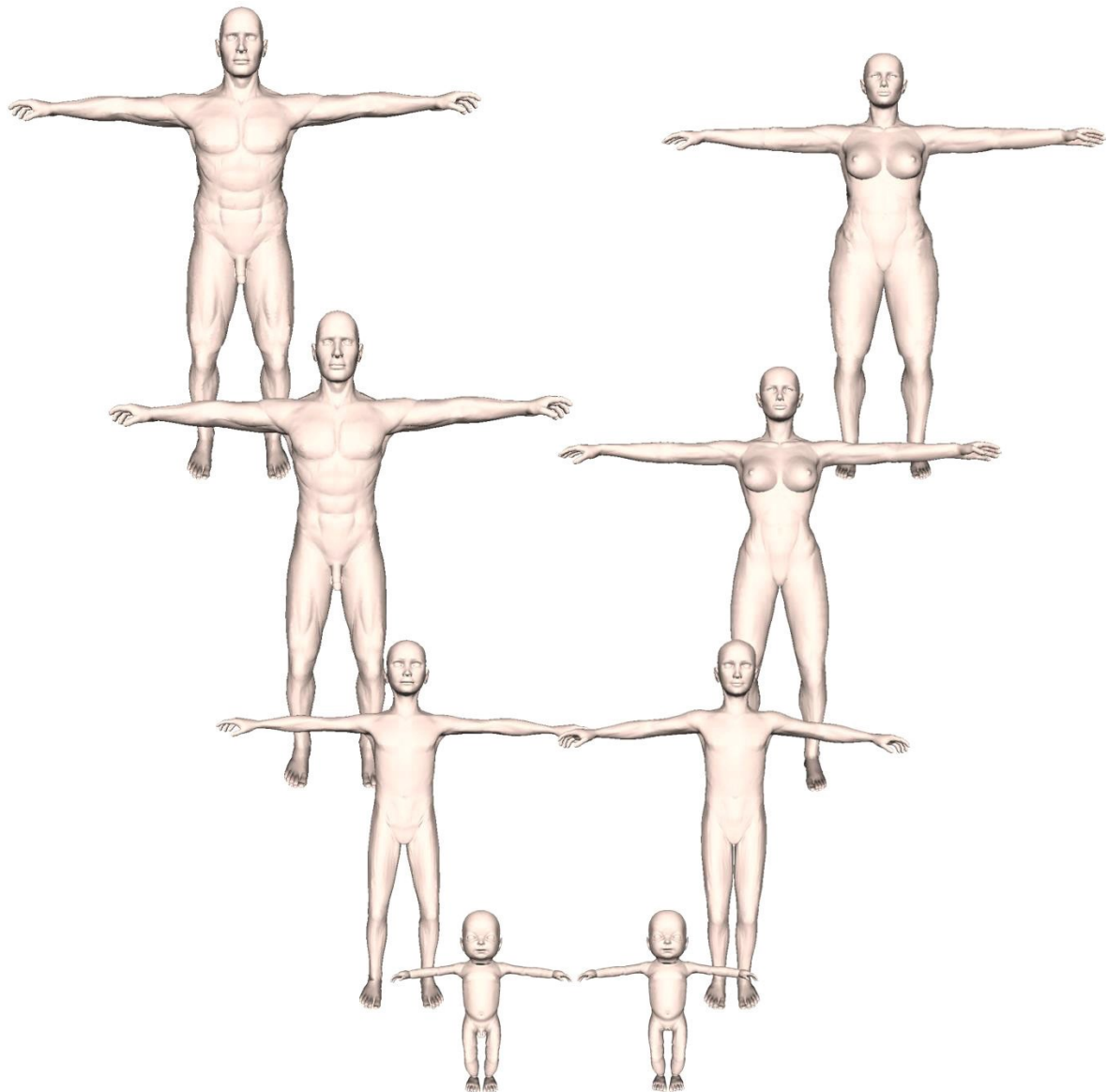


Abbildung 7: 3D Modell-Sammlung von BurnCase 3D [43]

Die BurnCase 3D Software wurde mit der Zeit weiter entwickelt und es kam der Wunsch auf, Kindermodelle zu entwickeln, die sich den Proportionen der Kinder im jeweiligen Alter anpassen. Da es noch unzureichend genaue Berechnungsmöglichkeiten für die Berechnung der verbrannten Körperoberfläche bei Kindern gibt, was immer wieder zu Problemen bei der Berechnung der verbrannten Körperoberfläche, dem Flüssigkeitsmanagement und dem Transfer in ein Brandverletztzentrum für Kinder führt, wurden die BurnCase 3D Kindermodelle ins Leben gerufen [47]. Die Ziele der Forschungsgruppe BurnCase 3D waren es, anthropometrische Messungen in einer repräsentativen Population von null bis 18 Jahren durchzuführen und 3D Modelle zu generieren, um eine genaue Berechnung der verbrannten Körperoberfläche zu schaffen.

Die Daten der Kinder wurden am Kinderspital LFKK Linz erhoben, dabei wurden 25 vordefinierte Körperregionen bei Kindern zwischen null und 18 Jahren vermessen. Es wurde nach der Datensammlung für jede Altersgruppe mit stabilen Proportionen ein weibliches und ein männliches 3D Modell erstellt. Dadurch ergaben sich folgende Gruppen: 0-1 Jahr, 1-2,5 Jahre, 2,5-4 Jahre, 4-6 Jahre, 5-11,5 Jahre und 11,5-18 Jahre; wie in Abbildung 8 zu sehen [48]. Für die Berechnung wird das jeweilige Standardmodell entsprechend der Altersgruppe und dem Geschlecht ausgewählt und anschließend mit Hilfe von Körpergewicht und Körpergröße adaptiert [48].

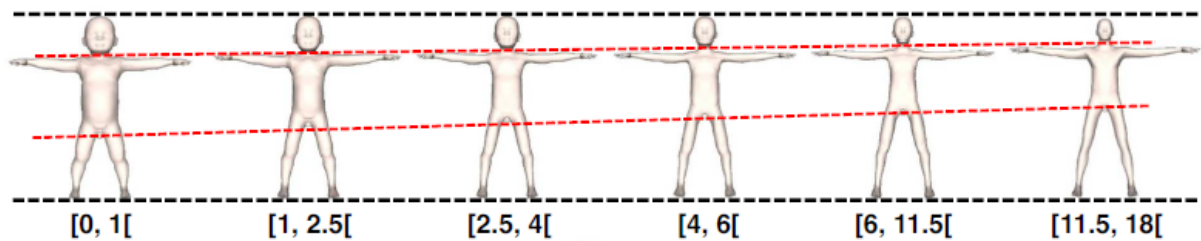


Abbildung 8: Kindermodelle mit verschiedenen Proportionen im Vergleich [48]

### **3 Material und Methoden**

#### ***3.1 Studiendesign und Patientinnen- und Patienten - Auswahl***

Diese retrospektive Datenanalyse wurde für den Vergleich der herkömmlichen Berechnungsmethoden der verbrannten Körperoberfläche bei Kindern mit den Berechnungen von der BurnCase 3D Software mit den neu entwickelten Kindermodellen durchgeführt. Die Untersuchung sollte zeigen, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Berechnungsmethoden vorliegt. Die Analyse wurde an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz in der Zeit von 01. Jänner 2013 bis 31. Dezember 2015 durchgeführt. Ein positives Ethikvotum wurde eingeholt.

In der retrospektiven Datenanalyse wurden alle Kinder im Alter von null bis 18 Jahren, die an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz, wegen einer mindestens zweitgradigen Verbrennung stationär aufgenommen wurden, eingeschlossen. Die Kinder mit einer erstgradigen Verbrennung wurden ausgeschlossen, da dieser Verbrennungsgrad meist nicht ausreichend dokumentiert war. Im Ganzen wurden von den 115 stationär aufgenommenen Kindern 79 in die Analyse eingeschlossen. Bei den restlichen 36 Kindern fehlten essentielle Daten, wie Körpergewicht, Körperlänge, Fotodokumentation der Verbrennung oder die dokumentierte verbrannte Körperoberfläche in der Krankengeschichte, um diese vergleichen zu können.

### ***3.2 Herkömmliche Berechnungsmethode / klinische Evaluierung an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz***

Die Krankengeschichten der Patientinnen und Patienten, die mit einer Brandverletzung an die pädiatrische Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz im Zeitraum von 01.01.2013 bis 31.12.2015 kamen, wurden ausgehoben. Eine bereits vorhandene Tabelle mit Geschlecht, Alter, Herkunftsland, Nationalität, Unfalldatum, Aufnahme datum, Aufenthaltsdauer, Verletzungsart, Unfallursache, Unfallort, klinische Evaluierung gesamt, klinische Evaluierung 3°, klinische Evaluierung 2°, Inhalationstrauma, Beatmungsdauer, Mortalität, chirurgische Eingriffe, Verbandsart und Lokalisation wurde zur Verfügung gestellt sowie auch die durchgeführte Dokumentation jeder Patientin und jedes Patienten. Anschließend wurden die Krankengeschichten gesichtet, wichtige zusätzliche Informationen, wie Körpergewicht, Körpergröße, teilweise auch die dokumentierte verbrannte Körperoberfläche, die noch fehlte, entnommen und andere Daten, die nicht relevant für die Auswertung waren, entfernt. Die Patientinnen und Patientendaten wurden mit Hilfe einer fortlaufenden Nummer anonymisiert und die Daten passwortgesichert gespeichert. Die gesamte Datenauswertung fand am durch ein Passwort geschützten Computer der Brandverletzteneinheit statt.

Fast jede Krankengeschichte enthielt Angaben sowohl in Form eines Arztbriefs, in dem die Prozent der verbrannten Körperoberfläche dokumentiert wurden, sowie auch anhand der Lund-Browder Chart, siehe Abbildung 9, die auf der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz verwendet werden. Zusätzlich gab es von vielen Patientinnen und Patienten Fotos von der Verletzung zum Aufnahmezeitpunkt sowie auch vom Verlauf, was die weitere Arbeit erheblich erleichterte.

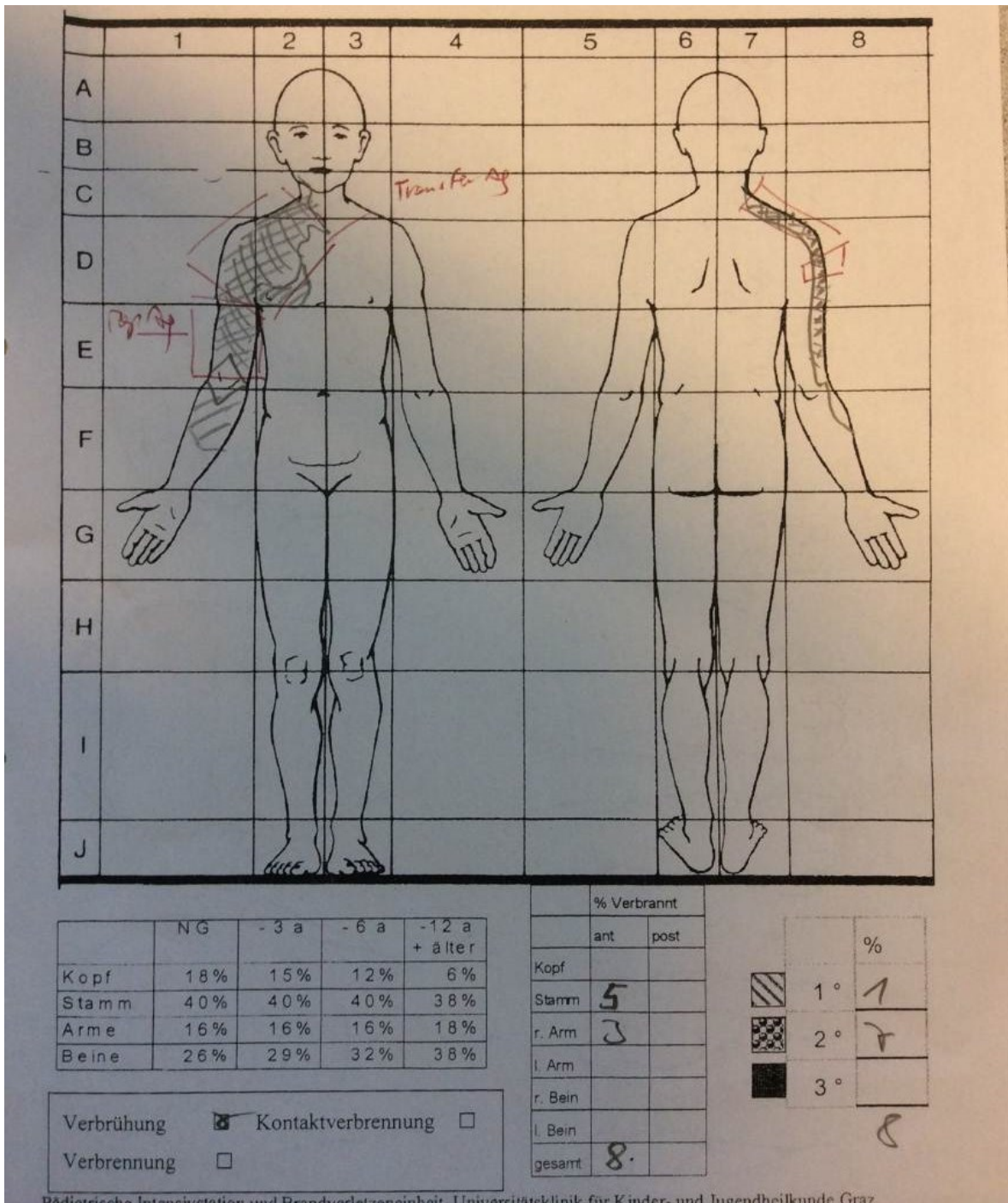


Abbildung 9: Lund Browder Chart verwendet an der Universitätsklinik für Kinder und Jugendheilkunde, pädiatrische Intensivstation und Brandverletzteneinheit

### ***3.3 Dateneingabe in BurnCase 3D***

Nachdem die essentiellen Daten wie die Körpergröße, Körpergewicht, Geschlecht und Alter für die Verwendung von BurnCase 3D Kindermodellen [1] aus den Krankengeschichten gefiltert wurden, wurde in der BurnCase 3D Software [1] für jede Patientin und jeden Patienten ein neues Kindermodell mit diesen Daten angelegt. Hierfür wurde der Button „neue Patientendaten“ verwendet. Die Daten wie Geburtsdatum, Vor- und Nachname, Geschlecht wurden eingegeben, um eine Nachvollziehbarkeit der Daten zu erhalten. Auch die Dateneingabe bei BurnCase 3D ist passwortgeschützt. Es könnten zusätzlich noch einige Daten wie Wohnadresse, Name der Eltern, Telefonnummer etc. eingegeben werden. Hierauf wurde bei dieser Dateneingabe verzichtet, da es für die Auswertung der gewünschten Daten keine Relevanz hat.

Nach der erfolgten Dateneingabe wurde ein neuer Fall für jedes Kind angelegt. Bei dem neu kreierten Fall wurden die jeweils für das Kind extrahierten Daten aus der Krankengeschichte wie Körpergewicht, Körpergröße und Geschlecht sowie Alter eingetragen. Pro angelegtem Fall standen für die verschiedenen Altersgruppen zwei bis drei verschiedene Kindermodelle zur Auswahl, das Geschlecht wurde bereits übernommen. Zusätzlich konnte auch noch das Aufnahmedatum eingegeben werden. Als letzter Schritt wurde das Modell generiert. Das Modell kann um 360° in jede Richtung gedreht und somit die Körperoberfläche an jeder Stelle betrachtet und eingezeichnet werden. Verschiedene Körperregionen konnten im Menü ausgewählt werden, um das Einzeichnen der verbrannten Körperregion zu vereinfachen, in dem die ausgewählte Region vergrößert wurde. Eine Besonderheit von BurnCase 3D ist die Möglichkeit der Überlagerung eines Fotos mit dem Modell. Dies bietet ein möglichst genaues Einzeichnen der verbrannten Körperoberfläche von Fotos auf das Modell, wie in Abbildung 10 dargestellt. Das Foto kann in der Helligkeit bzw. Durchsichtigkeit von komplett überdeckend bis nicht mehr sichtbar variiert werden.

Von jedem Kind, welches in dieser retrospektiven Datenanalyse betrachtet wurde, gab es Fotos von der Brandverletzung. Dadurch war es möglich, die Fotos über das ausgewählte Modell in BurnCase 3D zu projizieren. Das Foto wurde noch in der Größe adaptiert und auf die betroffenen Areale möglichst gut eingerichtet. Anschließend wurde anhand der Beschreibung in der Krankengeschichte der entsprechende Verbrennungs- bzw. Verbrühungsgrad gewählt und die Ränder der verbrannten Körperoberfläche mit der Maus anhand des überlagerten Bildes eingezeichnet. Für jeden Verbrennungs- und Verbrühungsgrad sowie für die anschließende Behandlung mit verschiedenen Materialien

und auch Narben wurden verschiedene Charakteristiken mit unterschiedlichen Farben verwendet. Die Computersoftware rechnet daraufhin die Prozent der verbrannten Körperoberfläche pro Verbrennungstiefe und insgesamt aus.

Eine Vielzahl an zusätzlichen Tools, um den Krankheitsverlauf genau dokumentieren zu können, wie z.B. die Wundbehandlung und Wundheilung, erleichtern das Arbeiten und das Vergleichen. Auf der rechten Seite der Anwenderoberfläche befindet sich eine Tabelle mit allen wichtigen Informationen. Hier kann man die verbrannte Körperoberfläche mit den Verbrennungsgraden im Überblick behalten. Zudem wurde der anhand der verbrannten Körperoberfläche berechnete Flüssigkeitsbedarf angezeigt, sowie auch der Abbreviated Burn Severity Index (ABSI). Der ABSI ist eine prognostische Einteilung für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Verbrennungsoptionen. Automatisch werden auch die ICD10 Kodierungen für die eingezeichneten Verletzungen übernommen und in jedem entsprechenden Fall gespeichert. Auf der linken Seite findet man den Verlauf und kann ihn jederzeit einsehen und den Letzen Schritt ändern.

Durch die simple und intuitive Bedieneroberfläche dauert es mit etwas Übung in etwa zehn Minuten vom Erstellen des neuen Falls bis alle verbrannten Körperoberflächen eingetragen sind. BurnCase 3D nimmt somit ungefähr gleich viel Zeit in Anspruch wie die Berechnung anhand der Lund-Browder Chart. Man erhält zeitgleich mit dem Einzeichnen die verbrannte Körperoberfläche, die benötigte Flüssigkeitsmenge und mehrere Scores. Alles wird in einer zentralen Datenbank gespeichert. Mehrere dreidimensionale Stadien können kreiert und wieder aufgesucht werden um den Verlauf der initialen Verbrennung und ihrer Therapie dokumentieren und nachvollziehen zu können [42]. Somit sind alle relevanten Daten für die jeweilige Patientin und den jeweiligen Patienten an einem Ort gespeichert.

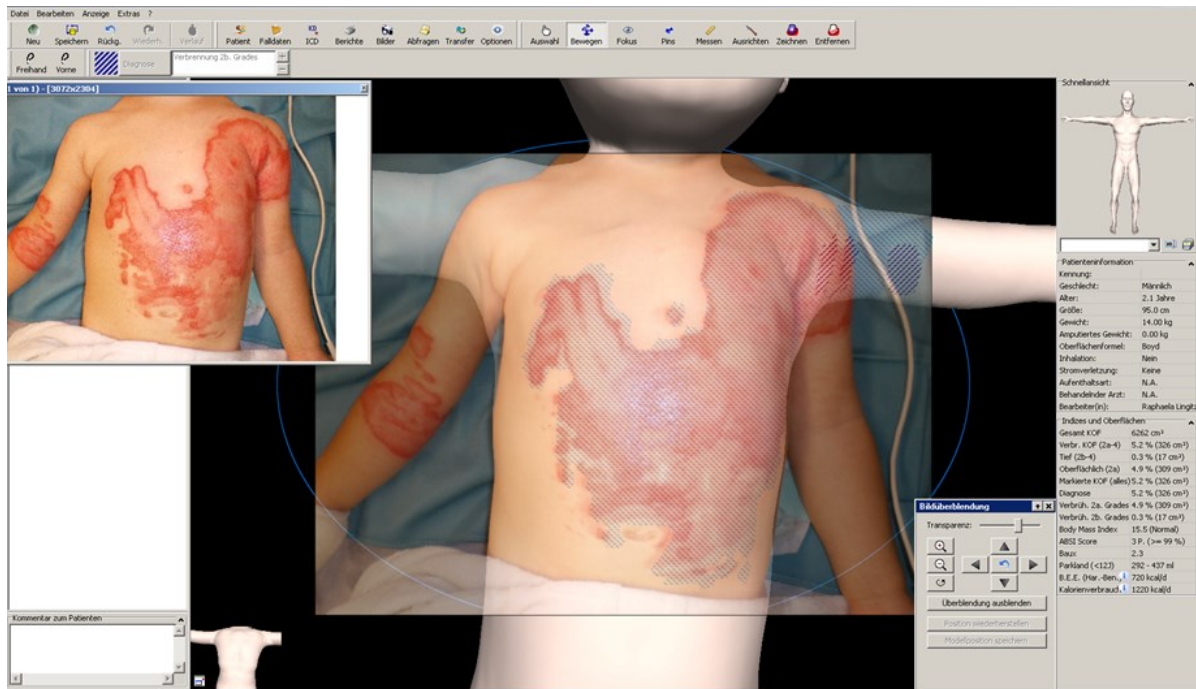


Abbildung 10: überlagertes Foto auf das Kindermodell von BurnCase 3D [1]

### 3.4 Datenauswertung

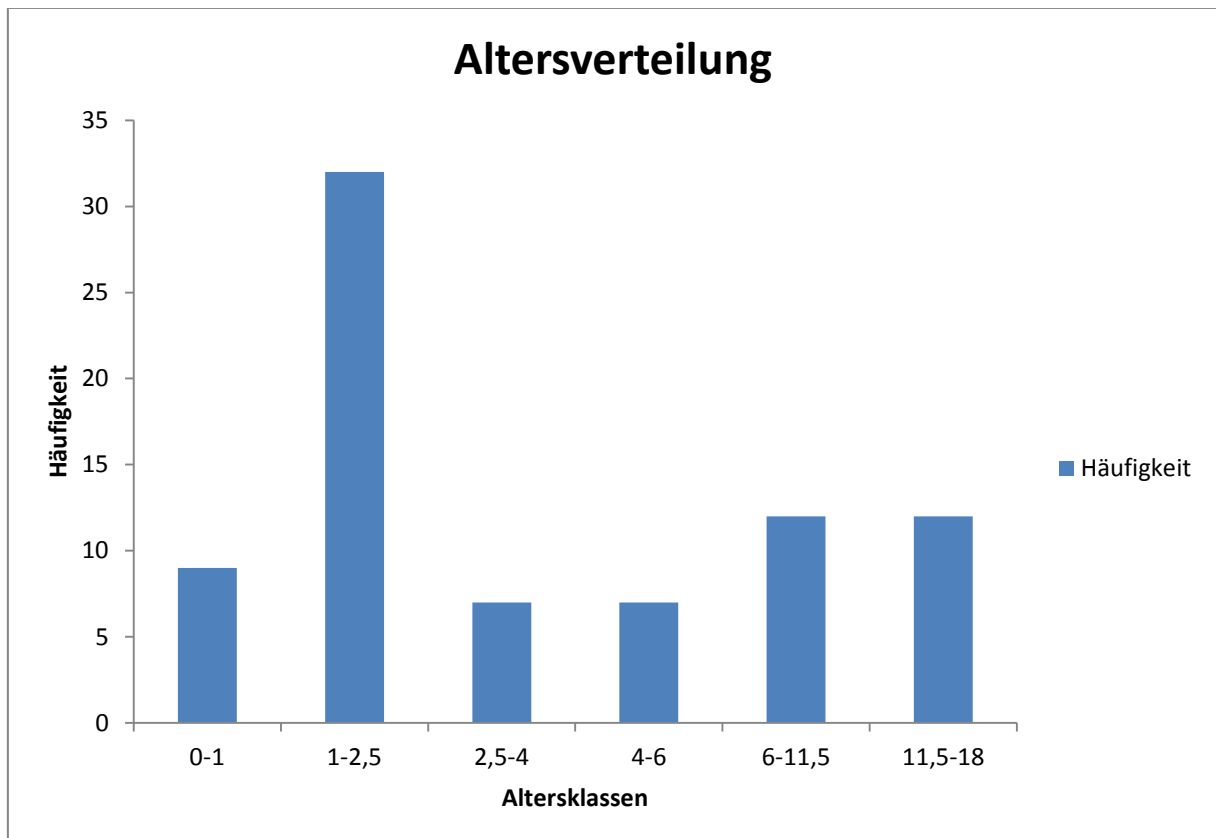
Nachdem die Tabelle der manuellen Auswertung der verbrannten Körperoberfläche fertig gestellt war, wurde sie mit der Tabelle von der Softwareauswertung, die zuerst aus BurnCase 3D extrahiert wurde, in Microsoft Excel 2010 zusammengefügt. Anschließend erfolgte die Auswertung der Daten mit Hilfe der IBM SPSS Software 23 und Microsoft Excel 2010.

Um eine Aussage treffen zu können, ob die klinischen Evaluierung und BurnCase 3D sich im Hinblick auf die verbrannte Körperoberfläche bezogen auf die Altersgruppen und die Aufnahmejahre signifikant unterscheiden, wurde der Kruskal Wallis Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Er testet, „ob sich die zentralen Tendenzen mehrerer unabhängiger Stichproben unterscheiden. Der Kruskal-Wallis-Test wird verwendet, wenn die Voraussetzungen für eine Varianzanalyse nicht erfüllt sind.“ [49].

## 4 Ergebnisse – Resultate

Von den 115 wegen Brandverletzungen stationär aufgenommenen Kindern konnten 79 Kinder in die Datenanalyse eingeschlossen werden. Die restlichen 36 Kinder mussten, wie bereits festgestellt, ausgeschlossen werden, da essentielle Daten fehlten.

Von den 79 eingeschlossenen Patientinnen und Patienten waren 34 Mädchen und 45 Buben betroffen, entsprechend einer Prozentzahl von 43 % Mädchen und 57 % Buben. Die Mehrheit der Brandverletzungen geschah in der Altersgruppe von einem bis zweieinhalb Jahren mit 32 betroffenen Kindern entsprechend 40,5 %. Danach kamen die zwei Altersgruppen der Kinder von 6 bis 11,5 Jahren und 11,5 bis 18 Jahren an selber Stelle mit jeweils zwölf Kindern entsprechend 15,2 %, siehe dazu Grafik 1.



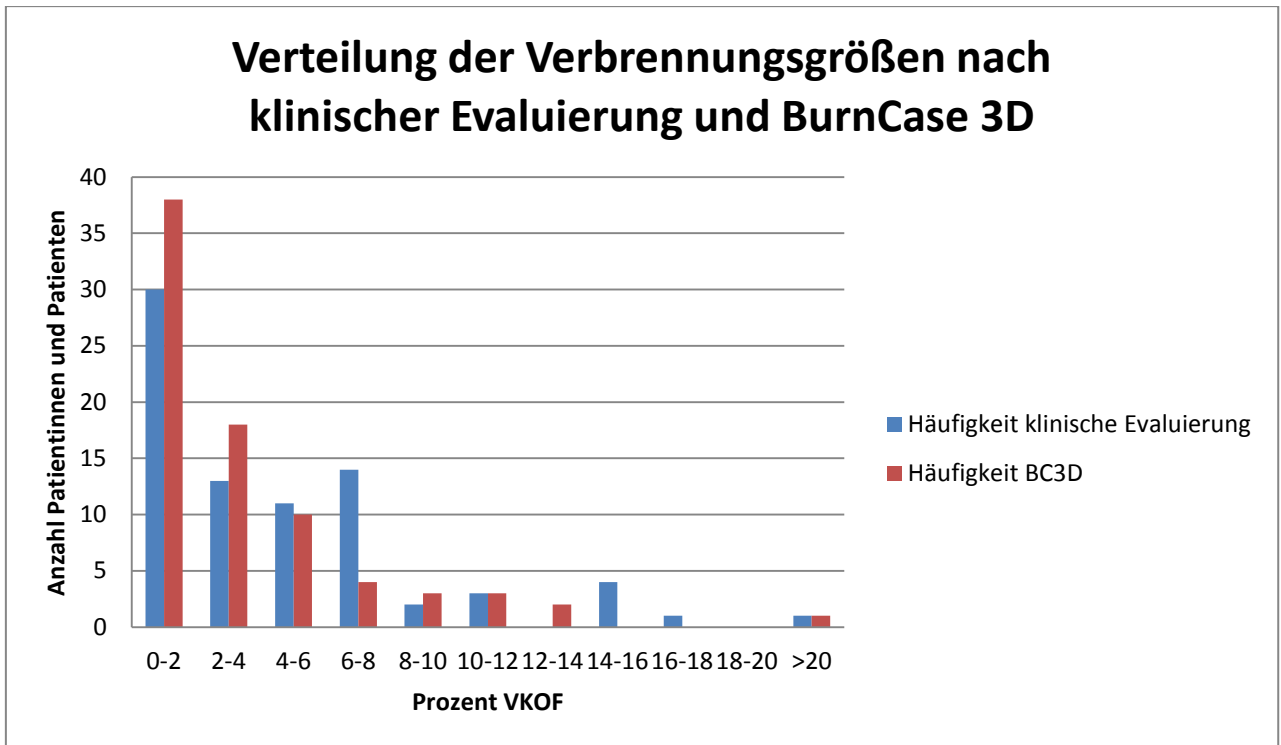
Grafik 1: Altersgruppen

69 Kinder entsprechend 79,3 % zogen sich die Brandverletzung im Haushalt zu. Die restlichen 16 Kinder verletzten sich an anderen Orten wie in der Arbeit oder im Freien. Als Verbrennungsursache konnte in 67,1 % entsprechend 53 Kindern eine Verbrühung mit heißer Flüssigkeit festgestellt werden. Verbrühungen werden in der Literatur bei Kindern vor allem in jungen Jahren zwischen ein paar Monaten und drei bis vier Jahren als

häufigste Verbrennungsursache beschrieben, so auch in der retrospektiven Datenanalyse von Tegtmeyer et al [50]. In dieser Zeit sind Kinder sehr experimentierfreudig und auf Erkundungsreise. Da die Verbrühungen den ersten Platz einnehmen, ist es leicht nachzuvollziehen, dass heiße Flüssigkeiten als verbrennungsverursachende Substanz ebenfalls den ersten Platz einnehmen. In Graz traf dies auf 49 Kinder (62 %) zu, gefolgt von Verbrennungen durch heiße Oberflächen mit 16 Verbrennungsoptionen (20,3 %).

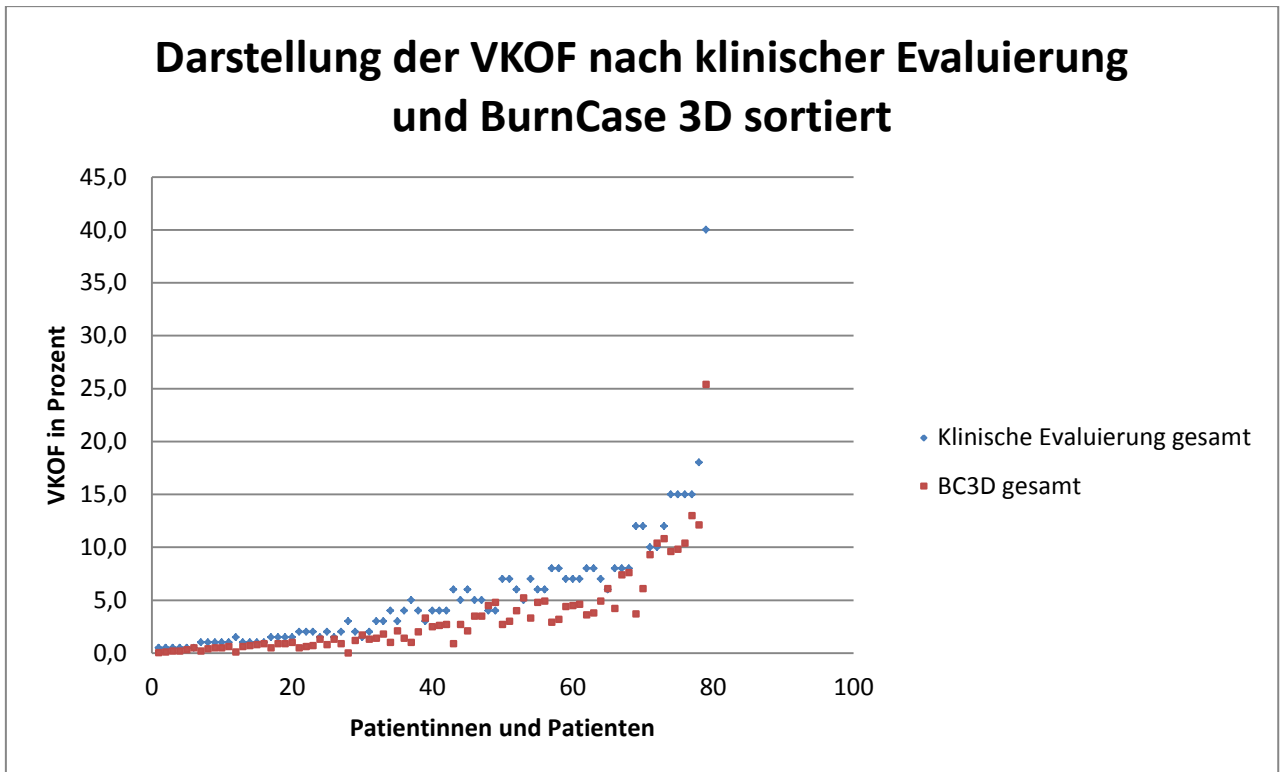
In den nachfolgenden Ergebnissen ist immer die gesamte verbrannte Körperoberfläche gemeint, das heißt Verbrennungen der Grade 2a bis 3 wurden zusammengefasst. Unter klinischen Evaluierungen ist die verbrannte Körperoberfläche, die von Ärztinnen und Ärzten an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde Graz berechnet und dokumentiert wurde gemeint. BC3D steht für die Software BurnCase 3D und deren Ergebnis der verbrannten Körperoberfläche nach Eingabe der benötigten Daten und dem Einzeichnen der Wunden.

In Grafik 2 sieht man die Verteilung der Verbrennungsgrößen entsprechend der gesamten verbrannten Körperoberfläche nach der jeweiligen Berechnungsmethode. Auf der X-Achse befinden sich die Prozente der verbrannten Körperoberflächen in Zweierschritten gruppiert. Auf der Y-Achse befindet sich die Häufigkeit. In den blauen linken Säulen sind die Häufigkeiten der klinischen Evaluierung aus den Krankengeschichten zu sehen, in den roten rechten die von BurnCase 3D. Es zeigt sich, dass BurnCase 3D eine größere Häufigkeit in den geringeren Verbrennungsprozenten von null bis vier Prozent aufweist als die klinische Evaluierung in denselben Gruppen. Anders verhält es sich bei den Verbrennungsprozent ab vier bis sechs Prozent und darüber. Hier übersteigen die blauen Balken, die der klinischen Evaluierung entsprechen, jene roten von BurnCase 3D. Weiters ist zu sehen, dass viele Kinder mit einer geringen verbrannten Körperoberfläche unter sechs Prozent in dieser Datenanalyse betroffen sind.



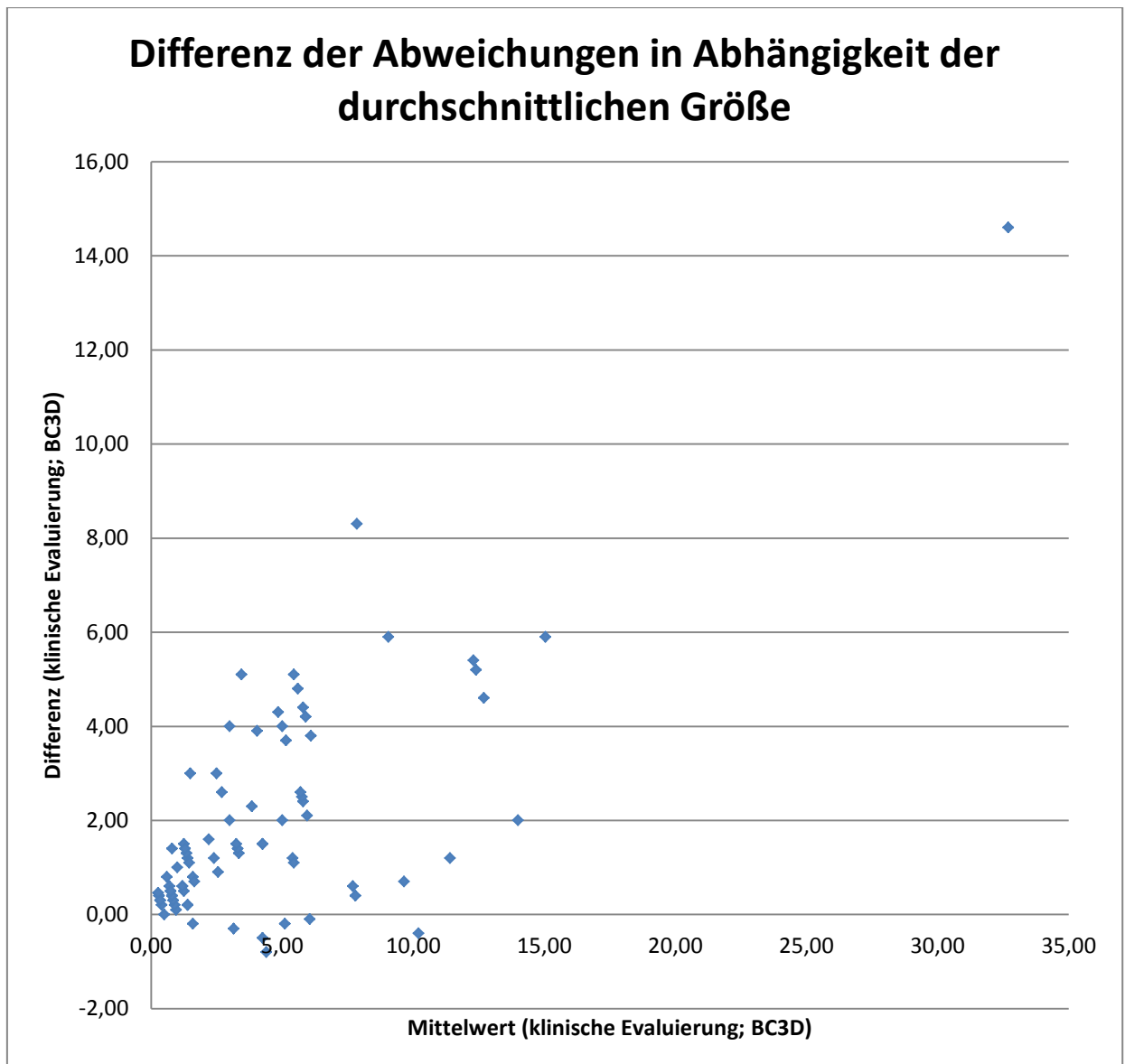
Grafik 2: Verteilung der Verbrennungsgrößen nach klinischer Evaluierung und BurnCase 3D

Grafik 3 beschreibt die berechneten verbrannten Körperoberflächen einmal mit den klinischen Evaluierungsmethoden (blaue Karos) und einmal mit BurnCase 3D (rote Quadrate). Hierbei zeigt sich, dass die verbrannte Körperoberfläche bei den klinischen Evaluierungen permanent etwas über denen von BurnCase 3D liegt und somit ist zu schlussfolgern, dass die verbrannte Körperoberfläche bei der klinischen Evaluierung immer etwas größer geschätzt wird als bei BurnCase 3D.



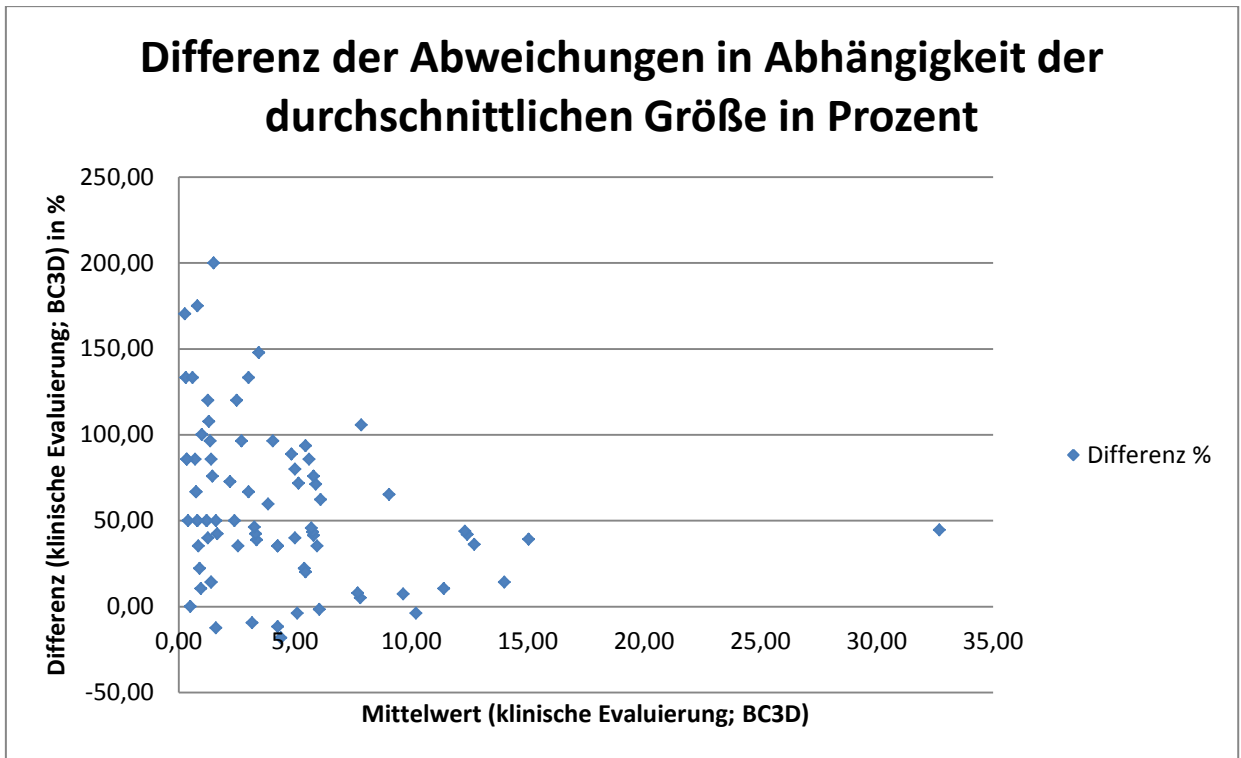
Grafik 3: Darstellung der VKOF nach klinischer Evaluierung und BurnCase 3D

Grafik 4 zeigt die Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Verbrennungsgröße. Auf der X-Achse befinden sich die Mittelwerte von der klinischen Evaluierung und BurnCase 3D. Auf der Y-Achse wiederum findet man die Differenz der klinischen Evaluierung und BurnCase 3D. Es ist zu beobachten, dass eine Häufung im Bereich des Mittelwerts von null bis fünf und der Differenz von null bis zwei zu finden ist. Dies kann so interpretiert werden, dass die kleinen verbrannten Körperoberflächen wenig Differenz aufweisen, allerdings ergibt sich eine immer größer werdende Differenz bei zunehmender Wundgröße.



Grafik 4: Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe in Anlehnung an den Bland – Altman Plot

Beim Vergleich der Differenzen der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Wundgrößen (X-Achse) in Prozent, wie in Grafik 5 dargestellt, zeigt sich, dass die Differenz in Prozent (auf der Y-Achse) von der klinischen Evaluierung und BurnCase 3D speziell bei den kleinen Wundflächen sehr große Unterschiede mit einer relativ großen Überschätzung von bis zu 200 Prozent aufweist.



Grafik 5: Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe in Prozent in Anlehnung an den Bland – Altman Plot

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient ist ein parametrisches statistisches Verfahren um heraus zu finden, wie groß die Übereinstimmung zwischen Beurteilern und den Beobachtungsobjekten ist. Das heißt in diesem Fall zwischen den klinischen Evaluierungsmethoden und BurnCase 3D bezogen auf die verbrannte Körperoberfläche. Der ICC (2,1) wurde hier verwendet [51]. Die Intraklassen – Korrelation zeigte ein Ergebnis von 0,886 und deutet auf eine hohe Übereinstimmung hin. Ein ICC (2,1) von 0,886 bei einer verbrannten Körperoberfläche von fünf Prozent bedeutet in diesem Fall eine Überschätzung von 57 Prozent.

### Intraklassen Korrelationskoeffizient

	Intraclass Correlationb	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,886a	,827	,925	16,525	78	78	,000
Average Measures	,939	,905	,961	16,525	78	78	,000

Two-way random effects model where both people effects and measures effects are random.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition. The between-measure variance is excluded from the denominator variance.

Tabelle 2: Intraklassen Korrelationskoeffizient (ICC(2,1))

Für die Interpretation der Kruskal Wallis Tests, ist es wichtig ein paar Dinge zu wissen. In der Tabelle Ränge sind die Gruppengrößen und der gemittelte Rang der Gruppen dargestellt.

Wenn man bei den Altersgruppen die mittleren Ränge, Tabelle 3, vergleicht, fällt auf, dass diese nicht gleich rangiert sind und somit eine unterschiedliche zentrale Tendenz aufweisen. Für die Auswertung des Tests nimmt man die asymptotische Signifikanz. Diese zeigt für die klinische Evaluierung 0,090 und für BurnCase 3D 0,169 (Tabelle 4). Somit unterscheiden sich die Ergebnisse nicht signifikant, da sie deutlich über 0,005 liegen.

## Ränge

	Altersgruppen	N	Mean Rank
klinische Evaluierung gesamt	1	9	31,00
	2	32	41,47
	3	7	34,36
	4	7	28,64
	5	12	55,67
	6	12	37,08
	Total	79	
BC3D gesamt	1	9	36,72
	2	32	42,97
	3	7	28,07
	4	7	26,07
	5	12	50,58
	6	12	39,04
	Total	79	

Tabelle 3: Kruskal Wallis Test Ränge der Altersgruppen

## Statistische Tests (a,b)

	klinische Evaluierung gesamt	BC3D gesamt
Chi-Square	9,506	7,769
df	5	5
Asymp. Sig.	,090	,169

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Altersgruppen

Tabelle 4: Kruskal Wallis Test Altersgruppen Ergebnis

Wenn man bei den Jahren die mittleren Ränge, Tabelle 5 vergleicht, fällt auf, dass diese annähernd gleich rangiert sind und somit einen ähnlichen mittleren Rang darstellen. Für die Auswertung des Tests nimmt man die asymptotische Signifikanz. Diese zeigt für die klinische Evaluierung 0,580 und für BurnCase 3D 0,832 (Tabelle 6). Somit unterscheiden sich die Ergebnisse nicht signifikant, da sie deutlich über 0,005 liegen.

### Ränge

	Jahre	N	Mean Rank
klinische Evaluierung gesamt	1	22	44,05
	2	28	39,57
	3	29	37,34
	Total	79	
BC3D gesamt	1	22	41,77
	2	28	37,98
	3	29	40,60
	Total	79	

Tabelle 5: Kruskal Wallis Test Ränge Jahre

### Statistische Tests (a,b)

	klinische Evaluierung gesamt	BC3D gesamt
Chi-Square	1,089	,368
df	2	2
Asymp. Sig.	,580	,832

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Jahre

Tabelle 6: Kruskal Wallis Test Ergebnisse Jahre

Da sich die beiden Test nicht signifikant für die Altersgruppen oder die Jahre bezogen auf die klinische Evaluierung und BurnCase 3D unterscheiden, muss auf den Post-Hoc Test verzichtet werden. Der Post-Hoc Test, Tukey Test, hätte bei statistischer Signifikanz getestet, in welcher Gruppe die Signifikanz vorliegt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Ergebnisdiskussion

Aus den Krankengeschichten der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde wurden die Daten der Kinder für die retrospektive Datenanalyse isoliert, welche aufgrund eines Verbrennungstraumas an der Abteilung behandelt wurden. Es sollte geprüft werden, ob es einen statistisch signifikanten Unterschied der klinischen Evaluierungsmethoden angewendet an der Universitätsklinik und BurnCase 3D in Bezug auf die berechnete verbrannte Körperoberfläche gibt. Insgesamt wurden 115 Patientinnen und Patienten stationär aufgenommen und behandelt. Diese Kinder erlitten eine mindestens 2a Verbrennung. Patientinnen und Patienten, die nicht stationär waren und ein erstgradige Verbrennungen wurden ausgeschlossen. Von diesen 115 Kindern wurden 79 Kinder in die retrospektive Datenanalyse eingeschlossen. Bei den restlichen 36 Kindern fehlten essentielle Daten, wie z.B. die Körpergröße, die Fotodokumentation der Verbrennung oder die dokumentierte verbrannte Körperoberfläche in der Krankengeschichte. Diese Informationen sind aber essentiell um die klinischen Evaluierungsmethoden mit den Berechnungen von BurnCase 3D vergleichen zu können. Es wurden hauptsächlich Kinder ausgeschlossen, weil die Körpergröße fehlte. Um hier Fehler vor allem in Bezug auf die Berechnung der Körperoberfläche und weiters dann der verbrannten Körperoberfläche mit BurnCase 3D möglichst zu vermeiden wurden die Patientinnen und Patienten mit fehlenden Daten ausgeschlossen. Des Weiteren wurden erstgradige Verbrennungen zur Gänze ausgeschlossen, da sie unzureichend in den Krankengeschichten dokumentiert waren. Zudem haben erstgradige Verbrennungen keine Auswirkungen auf die Therapie oder das Flüssigkeitsmanagement und sind somit nicht relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage. Diese Kinder wurden auch nicht stationär aufgenommen und somit wurden die erstgradige Verbrennung, wenn dann nur in Zusammenhang mit Verbrennungsgraden ab 2a dokumentiert und hier aber nicht in allen Krankengeschichten. Um hier einen Bias auszuschließen, wurden die erstgradigen Verbrennungen ausgeschlossen. Die zweitgradigen Verbrennungen, die in 2a und 2b eingeteilt werden, werden hier nicht separat berücksichtigt und gemeinsam unter zweitgradig zusammen gefasst, da die Unterscheidung von 2a und 2b Verbrennungen nicht immer getrennt aus den Krankengeschichten oder Fotos nachzuvollziehen war und oftmals der Verbrennungsgrad als zweitgradig beschrieben wurde und nicht genauer definiert wurde.

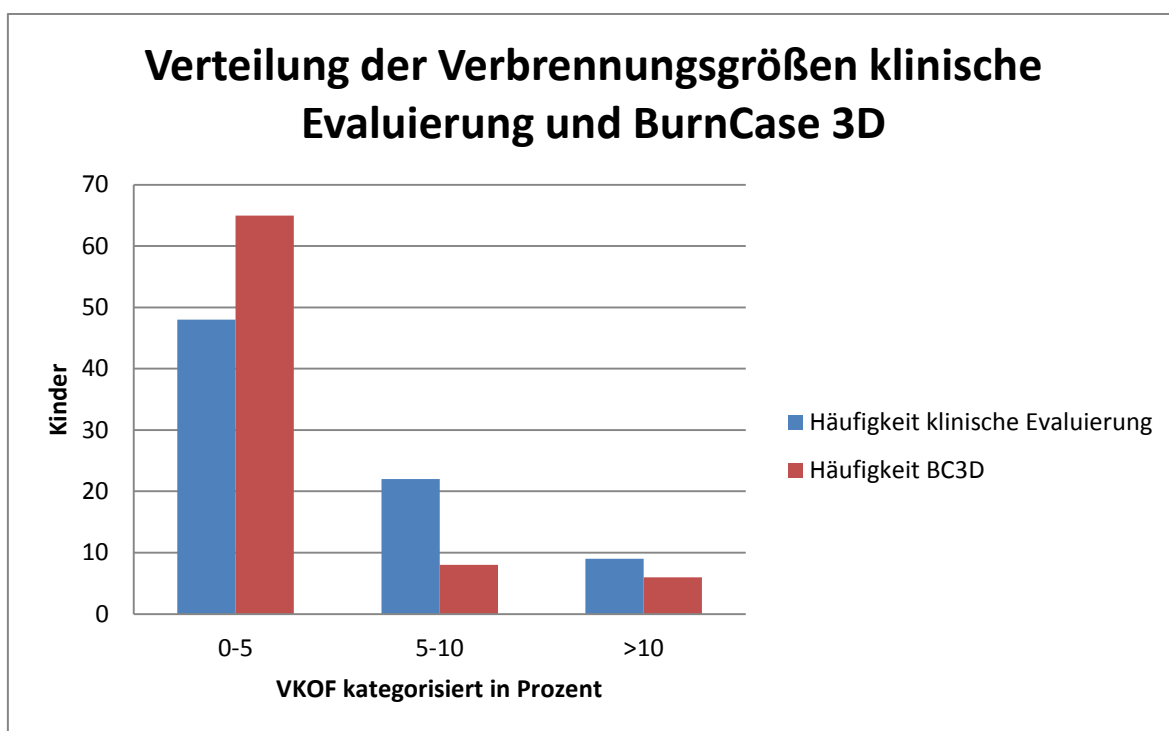
Bei großflächigen Verbrennungen, bei Kindern bereits ab zehn Prozent verbrannter Körperoberfläche der Fall, kommen wesentliche Fragen in Bezug auf die weitere Therapie auf die Behandelnden zu. Denn ab einer verbrannten Körperoberfläche von zehn Prozent sollte laut Literatur Flüssigkeit substituiert werden um einen Verbrennungsschock möglichst zu vermeiden. Des Weiteren ist eine Überstellung des Kindes an ein Zentrum für brandverletzte Kinder anzudenken. Dies ist von wesentlicher klinischer Bedeutung, da das Flüssigkeitsmanagement anhand der verbrannten Körperoberfläche berechnet wird. Wird diese überschätzt, so wird ebenfalls die Flüssigkeitsmenge überschätzt. Dies wird sehr schön in Grafik 4 dargestellt. Hier ist zu sehen, dass sich eine Häufung im Bereich der kleinen Wundgrößen ergibt. Hier sind die Differenzen verglichen mit den Wundgrößen recht gering. Die Differenzwerte der Wundgrößen werden mit zunehmender Wundgröße immer größer. Dies bedeutet, dass es mit zunehmender Wundgröße zu einer zunehmenden Überschätzung bzw. größeren Differenz zwischen den klinischen Evaluierungsmethoden und BurnCase 3D kommt. Dies kann gerade bei großflächigen Verbrennungen, wie bereits oben erwähnt, von klinischer Relevanz für die weitere Therapie und das Flüssigkeitsmanagement sein.

Grafik 5 zeigt die Differenz der Abweichungen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Größe in Prozent in Anlehnung an den Bland – Altman Plot. Hier sieht man sehr deutlich, dass bei kleinen Wundflächen die relative Überschätzung sehr groß ist und die relative Überschätzung mit zunehmender Wundgröße abnimmt. Dies bedeutet, dass man bei einer kleinen Wundfläche zwar einen großen prozentuellen Unterschied hat, dieser aber nicht klinisch relevant ist, weil unter zehn Prozent verbrannter Körperoberfläche sich an der Therapie für das Kind nichts ändert. Anders ist es bei den großflächigen Verbrennungen. Hier ist die prozentuelle Differenz kleiner, aber die macht bei großen Wundflächen einen größeren Unterschied.

Des Weiteren konnten wir in der Studie fast ausschließlich Kinder mit geringer verbrannter Körperoberfläche beobachten, da es nur sehr wenige Kinder mit großflächigen Verbrennungsverletzungen im untersuchten Zeitraum gab. Hier wären weiterführende Studien mit mehr großflächig verbrannten Kindern wünschenswert, eventuell auch im Rahmen internationaler Auswertungen.

Es kam keine statistische Signifikanz beim Kruskal Wallis Test für die klinische Evaluierung und BurnCase 3D bezogen auf die Altersgruppen bzw. auf die Jahre der stationären Aufnahme heraus. Beim ICC (2,1) kam 0,886 heraus, was für eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse spricht.

Grafik 6 zeigt nochmals die Verteilung der verbrannten Körperoberfläche nach Prozenten kategorisiert. Die blauen linken Balken zeigen die Häufigkeiten der klinischen Evaluierung. Die roten rechten Balken zeigen die Häufigkeiten von BurnCase 3D. Hier ist deutlich zu sehen, dass der erste rote Balken (BC3D) im Bereich der verbrannten Körperoberfläche von null bis fünf Prozent den ersten blauen Balken deutlich übersteigt. Bei den Balken von fünf bis zehn Prozent ist der blaue Balken deutlich höher. Bei den Verbrennungen über zehn Prozent ist der blaue Balken etwas höher als der rote. Dies deutet darauf hin, dass BurnCase 3D die verbrannte Körperoberfläche immer etwas geringer einschätzt als es in der klinischen Evaluierung der Fall ist. Insgesamt gab es in den drei untersuchten Jahren viele kleinflächige Verbrennungen unter fünf Prozent verbrannter Körperoberfläche. Dies fasst die Ergebnisse von Grafik 2 noch einmal sehr schön zusammen.

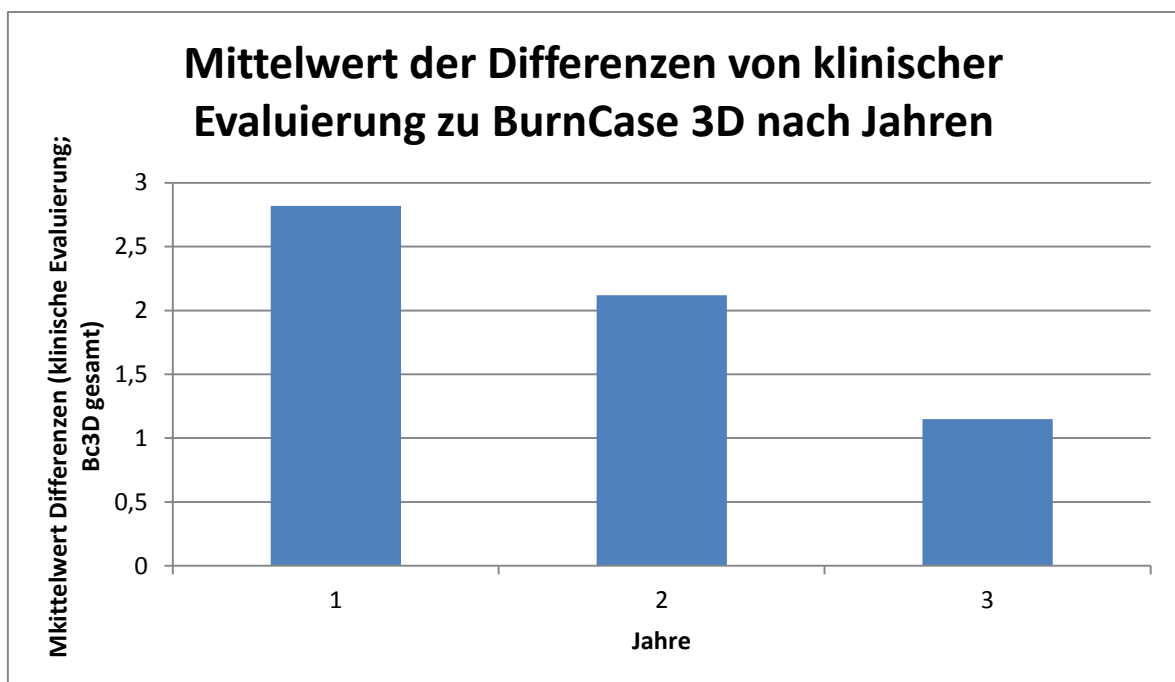


Grafik 6: Verteilung der Verbrennungsgrößen klinische Evaluierung und BurnCase 3D kategorisiert

Die einzelne Auswertung der verbrannten Körperoberfläche nach zweitgradigen bzw. drittgradigen Verbrennungen wäre wenig sinnvoll gewesen, weil es teilweise nur anhand der Bilder der Kinder abgeschätzt werden konnte, was eine zweitgradige bzw. drittgradige Verbrennung ist oder anhand der Beschreibung in der Krankengeschichte, da es manchmal auch anhand der Fotos nur sehr schwer zu sehen war. Aus diesen Gründen wurden die

verbrannte Körperoberfläche als gesamtes ausgewertet und nicht noch getrennt für die einzelnen Verbrennungsgrade.

Äußerst interessant ist auch die Grafik 7. Hier wurden auf der X-Achse die Jahre aufgetragen und auf der Y-Achse der Mittelwert aus den Differenzen zwischen der klinischen Evaluierung und BurnCase 3D getrennt nach Jahren. Hier zeigt sich ein deutlicher, auch wenn statistisch nicht signifikanter Rückgang der Differenz zwischen den klinischen Evaluierungen und BurnCase 3D. Dies könnte damit erklärt werden, dass an der pädiatrischen Intensivstation und Brandverletzteneinheit der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde erstmals 2013 BurnCase 3D sporadisch verwendet wurde. Die Verwendung von BurnCase 3D nahm mit den Jahren zu und könnte somit einen Einfluss auf die klinische Evaluierung der verbrannten Körperoberfläche haben.



Grafik 7: Mittelwert der Differenzen von klinischer Evaluierung zu BurnCase 3D nach Jahren

## 5.2 Diskussion bezüglich Durchführung

Es ergaben sich im Laufe der retrospektiven Datenanalyse einige Probleme. Es wurden nicht für alle Patientinnen und Patienten die Fotos aus derselben Perspektive und demselben Winkel angefertigt. Jedes Foto wurde aus einem anderen Winkel und einer anderen Distanz von Kamera zu Verbrennungsoffer angefertigt. Zudem hatten die Kinder

ebenfalls unterschiedliche Körperpositionen vor allem in Bezug auf Haltung der Extremitäten. Es kann das Modell zwar um 360° bewegt werden, allerdings können die Proportionen teilweise nicht exakt an die verschiedenen Winkel bzw. Körperpositionen angepasst werden, wodurch es oftmals nötig war, das Foto mehrmals für die ein und dieselbe Körperstellen mit dem Modell zu überlappen und für jede Körperregion gesondert anzupassen. Dadurch könnten Fehler bei der Übertragung aufgetreten sein. Diese Fehler beim Einzeichnen sind aber vernachlässigbar, da laut Parvici et al [43] die Intraklassen Korrelation sehr hoch ist. Dies bedeutet, dass selbst geringe Fehler beim Übertragen vernachlässigt werden können. Sinnvoll wäre hier sicherlich eine weitere Studie, die mit unabhängigen Ratern für dieselben Kinder nochmals durchgeführt wird bzw. eine prospektiv durchgeführte Studie, wo Fotos aus derselben Perspektive und dem gleichen Abstand zum Kind aufgenommen werden können.

Sicherlich spannend wäre auch eine Analyse der einzelnen Körperregionen in Bezug auf die verbrannte Körperoberfläche. Hier könnte der Unterschied in der Berechnung der verbrannten Körperoberfläche der einzelnen Körperregionen bei den klinischen Evaluierungsmethoden und BurnCase 3D untersucht werden. Bei unserer Datenauswertung konnte die Analyse nicht durchgeführt werden, weil die entsprechenden einzelnen Prozentzahlen für die separaten Körperregionen fehlten.

Der Arbeitsaufwand ist mit etwas Übung als eher gering zu werten. Im Durchschnitt wurden pro Patient für das Anlegen des neuen Modells bis zur berechneten verbrannten Körperoberfläche in etwa zehn Minuten benötigt, was durchaus darauf schließen lässt, dass BurnCase 3D auch während der Erstversorgung angewendet werden kann.

Als durchaus praktisch erwiesen hat sich, dass alle Daten in BurnCase 3D gespeichert werden können und anschließend für eine mögliche weiter Auswertung in einem Coma Separated Values (CSV) Format exportiert werden können.

## **6 Conclusio**

Anhand dieser retrospektiven Datenanalyse konnten wir nicht zeigen, dass es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den herkömmlichen klinischen Evaluierungsmethoden und BurnCase 3D gibt. Es wurde allerdings gezeigt, dass mit steigender Wundgröße auch die Differenz der Werte der klinischen Evaluierung und BurnCase 3D absolut gesehen zunahm. Dies kann von klinischer Relevanz sein in Bezug auf das Flüssigkeitsmanagement, den Transfer an ein Brandverletzentzentrum und die weitere Therapie. Ebenfalls gezeigt werden konnte, dass die relative Überschätzung kleiner Brandverletzungen bei kleinen Wundflächen relativ gesehen um einiges größer ist als bei großflächigen Verbrennungen. Allerdings hat dieses Ergebnis keine klinische Relevanz, da sich bei kleinflächigen Verbrennungen von der Therapie nichts ändert.

Inwieweit diese Ergebnisse auf schwerst Brandverletzte übertragen werden können, kann aufgrund der zu geringen Anzahl an verbrannter Körperoberfläche von über zehn Prozent nicht sicher gesagt werden. Hier wären bestimmt weiterführende Studien eventuell auch von prospektiver Art zielführend um unsere Ergebnisse zu untermauern.

## 7 References

- [1] Risc Software GmbH. BurnCase3D [cited 2018 March 15] Available from: URL: <http://www.burncase.at/en/burncase/burn-home>.
- [2] Parvizi D, Kamolz L-P, Giretzlehner M, *et al.* The potential impact of wrong TBSA estimations on fluid resuscitation in patients suffering from burns: things to keep in mind. *Burns* 2014; 40(2): 241–5  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.06.019>][PMID: 24050977]
- [3] Anderhuber F, Pera F, Streicher J. *Waldeyer: Anatomie des Menschen ; Lehrbuch und Atlas in einem Band.* 19. Aufl. s.l.: Walter de Gruyter GmbH Co.KG 2012.
- [4] Hansak P, Bärntaler M, Pessenbacher K, Petutschnigg B. *LPN Notfall-San Österreich: Lehrbuch für Notfallsanitäter, Notfallsanitäter mit Notfallkompetenzen und Lehrsanitäter.* 2., überarbeitete Auflage. Edewecht: Verlagsgesellschaft Stumpf + Kossendey mbH 2014.
- [5] Lüllmann-Rauch R. *Taschenlehrbuch Histologie.* 4. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Georg-Thieme Verlag KG 2012.
- [6] Trop M. Das brandverletzte Kind I. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 2002; 150(10): 1238–51  
[<https://doi.org/10.1007/s00112-002-0587-8>]
- [7] File: Skin.jpg [cited 2018 July 1] Available from: URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skin.jpg>.
- [8] Jöhr M. *Kinderanästhesie.* 7., überarb. Aufl. München: Urban & Fischer in Elsevier 2009.
- [9] Koletzko B, Harnack G-Av, editors. *Kinder- und Jugendmedizin [mit Fallquiz]* 14., vollständig aktualisierte Auflage. Berlin: Springer Medizin; 2013.
- [10] Sminkey L. *Violence and Injury Prevention: Burns: WHO* [cited 2018 February 27] Available from: URL: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/other\\_injury/burns/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/other_injury/burns/en/).
- [11] Siegenthaler W, Amann-Vesti B, editors. *Klinische Pathophysiologie: 239 Tabellen.* 9., völlig neu bearb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006.
- [12] Rokitansky A. *Verbrennungen - Ein Spezialgebiet der Kinder- und Jugendchirurgie im Donauspital/SMZ Ost* [cited 2018 June 19]
- [13] Kenworthy P, Phillips M, Grisbrook TL, Gibson W, Wood FM, Edgar DW. An objective measure for the assessment and management of fluid shifts in acute major

- burns. *Burn Trauma* 2018; 6(1): 364  
[<https://doi.org/10.1186/s41038-017-0105-9>]
- [14] Ellerkamp, Lieber, Königs, *et al.* Leitlinie zur Behandlung thermischer Verletzungen im Kindesalter (Verbrennung, Verbrühung). AWMF online; 04/2015.
- [15] Nicolai T. Pädiatrische Notfall- und Intensivmedizin: Kitteltaschenbuch. 4., komplett überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.
- [16] Gortner L, Meyer S, Sitzmann FC, Bartmann P, editors. Pädiatrie: 304 Tabellen ; [plus DVD mit Videofilmen] 4., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012.
- [17] Nguyen NL, Gun RT, Sparnon AL, Ryan P. The importance of immediate cooling—a case series of childhood burns in Vietnam. *Burns* 2002; 28(2): 173–6  
[[https://doi.org/10.1016/S0305-4179\(01\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0305-4179(01)00094-8)]
- [18] McCormack R, La Hei E, Martin H. First-aid management of minor burns in children: a prospective study of children presenting to the Children's Hospital at Westmead, Sydney. *Medicine and the community* 2003 Jan 6; (178): 31–3.
- [19] Lönnecker S, Schoder V. Hypothermie bei brandverletzten Patienten – Einflüsse der präklinischen Behandlung. *Chirurg* 2001; 72(2): 164–7  
[<https://doi.org/10.1007/s001040051286>]
- [20] Sharma RK, Parashar A. Special considerations in paediatric burn patients. *Indian J Plast Surg* 2010; 43(Suppl): S43-50  
[<https://doi.org/10.4103/0970-0358.70719>][PMID: 21321657]
- [21] Sánchez-Sánchez M, García-de-Lorenzo A, Asensio MJ. First resuscitation of critical burn patients: progresses and problems. *Med Intensiva* 2016; 40(2): 118–24  
[<https://doi.org/10.1016/j.medin.2015.12.001>][PMID: 26873418]
- [22] Redlarski G, Palkowski A, Krawczuk M. Body surface area formulae: an alarming ambiguity. *Sci Rep* 2016; 6: 27966  
[<https://doi.org/10.1038/srep27966>][PMID: 27323883]
- [23] Owen R, Giretzlehner M, Dirnberger J, Haller HL, Kamolz L. Burn Case 3D: reproduzierbare Verbrennungsbeurteilung mittels 3D Technologie. *Proceedings of the eHealth2012* 2012; 2012.
- [24] Retrouvey H, Chan J, Shahrokhi S. Comparison of two-dimensional methods versus three-dimensional scanning systems in the assessment of total body surface area

- estimation in burn patients. *Burns* 2018; 44(1): 195–200  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.07.003>][PMID: 28797577]
- [25] Hollén L, Coy K, Day A, Young A. Resuscitation using less fluid has no negative impact on hydration status in children with moderate sized scalds: a prospective single-centre UK study. *Burns* 2017; 43(7): 1499–505  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.04.011>][PMID: 28601484]
- [26] Greenhalgh DG. Burn resuscitation: the results of the ISBI/ABA survey. *Burns* 2010; 36(2): 176–82  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2009.09.004>][PMID: 20018451]
- [27] Guilabert P, Usúa G, Martín N, Abarca L, Barret JP, Colomina MJ. Fluid resuscitation management in patients with burns: update. *Br J Anaesth* 2016; 117(3): 284–96  
[<https://doi.org/10.1093/bja/aew266>][PMID: 27543523]
- [28] Czermak C, Hartmann B, Scheele S, Germann G, Küntscher MV. Flüssigkeitstherapie und hämodynamisches Monitoring im Verbrennungsschock. *Chirurg* 2004; 75(6): 599–604  
[<https://doi.org/10.1007/s00104-004-0859-z>][PMID: 15103422]
- [29] Huang M, Chen J-F, Chen L-Y, *et al.* A comparison of two different fluid resuscitation management protocols for pediatric burn patients: A retrospective study. *Burns* 2018; 44(1): 82–9  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.07.008>][PMID: 29229195]
- [30] Cartotto RC, Innes M, Musgrave MA, Gomez M, Cooper AB. How Well Does The Parkland Formula Estimate Actual Fluid Resuscitation Volumes? *Journal of Burn Care & Rehabilitation* 2002; 23(4): 258–65  
[<https://doi.org/10.1097/00004630-200207000-00006>]
- [31] Luo Q, Li W, Zou X, *et al.* Modeling Fluid Resuscitation by Formulating Infusion Rate and Urine Output in Severe Thermal Burn Adult Patients: A Retrospective Cohort Study. *Biomed Res Int* 2015; 2015: 508043  
[<https://doi.org/10.1155/2015/508043>][PMID: 26090415]
- [32] Livingston EH, Lee S. Percentage of burned body surface area determination in obese and nonobese patients. *J Surg Res* 2000; 91(2): 106–10  
[<https://doi.org/10.1006/jsre.2000.5909>][PMID: 10839957]

- [33] Hettiaratchy S, Papini R. Initial management of a major burn: II—assessment and resuscitation. *BMJ* 2004; 329(7457): 101–3  
[PMID: 15242917]
- [34] Cox S, Kriho K, Klerk S de, van Dijk M, Rode H. Total body and hand surface area: Measurements, calculations, and comparisons in ethnically diverse children in South Africa. *Burns* 2017; 43(7): 1567–74  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.04.012>][PMID: 28473269]
- [35] Henne-Bruns D. *Chirurgie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2012.
- [36] Borchard-Tuch C. Notfallmedizin: Kinderunfälle im Haushalt. *Pharmazeutische Zeitung online*; 2010(27/2010).
- [37] Nichter LS, Bryant CA, Edlich RF. Efficacy of Burned Surface Area Estimates Calculated From Charts—The Need for a Computer-based Model. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 1985; 25(6): 477–81  
[<https://doi.org/10.1097/00005373-198506000-00001>]
- [38] Nichter LS, Williams J, Bryant CA, Edlich RF. Improving the Accuracy of Burn-Surface Estimation. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1985; 76(3): 428–32  
[<https://doi.org/10.1097/00006534-198509000-00017>]
- [39] Berry MG, Goodwin TI, Misra RR, Dunn KW. Digitisation of the total burn surface area. *Burns* 2006; 32(6): 684–8  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2006.01.013>][PMID: 16844301]
- [40] Billington ME, Arnoldo BD. Modern-Day Burn Resuscitation: Moving Beyond the Parkland Formula; 2016 [cited 2018 April 22] Available from: URL: <https://cfbts.org/modern-day-burn-resuscitation-moving-beyond-the-parkland-formula/>.
- [41] Wurzer P, Parvizi D, Lumenta DB, *et al.* Smartphone applications in burns. *Burns* 2015; 41(5): 977–89  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.11.010>][PMID: 25655039]
- [42] Haller HL, Dirnberger J, Giretzlehner M, Rodemund C, Kamolz L-P. "Understanding burns": Research project BurnCase 3D - Overcome the limits of existing methods in burns documentation. *Burns* 2009; 2008(35): 311–7.
- [43] Parvizi D, Giretzlehner M, Wurzer P, *et al.* BurnCase 3D software validation study: Burn size measurement accuracy and inter-rater reliability. *Burns* 2016; 42(2): 329–35  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.01.008>][PMID: 26839051]

- [44] Shuter B, Aslani A. Body surface area: Du Bois and Du Bois revisited. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82(3): 250–4  
[<https://doi.org/10.1007/s004210050679>][PMID: 10929220]
- [45] Godwin Z, Tan J, Bockhold J, Ma J, Tran NK. Development and evaluation of a novel smart device-based application for burn assessment and management. *Burns* 2015; 41(4): 754–60  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.10.006>][PMID: 25459217]
- [46] Giretzlehner M, Dirnberger J, Owen R, Haller HL, Lumenta DB, Kamolz L-P. The determination of total burn surface area: How much difference? *Burns* 2013; 39(6): 1107–13  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.01.021>][PMID: 23566430]
- [47] Chan QE, Barzi F, Cheney L, Harvey JG, Holland AJA. Burn size estimation in children: still a problem. *Emerg Med Australas* 2012; 24(2): 181–6  
[<https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2011.01511.x>][PMID: 22487668]
- [48] Thumfart S. Proportionally Correct 3D Models of Infants, Children and Adolescents for Precise Burn Size Measurement. Berchtesgaden 2016 Jan 13.
- [49] Schwarz J, Bruderer Enzler H. Methodenberatung; 2016 [cited 2018 June 18]  
Available from: URL: <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse.html>.
- [50] Tegtmeyer LC, Herrnsstadt GR, Maier SL, *et al*. Retrospective analysis on thermal injuries in children-Demographic, etiological and clinical data of German and Austrian pediatric hospitals 2006-2015-Approaching the new German burn registry. *Burns* 2018; 44(1): 150–7  
[<https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.05.013>][PMID: 28645714]
- [51] Wikipedia. Intra-Klassen-Korrelation [cited 2018 June 20] Available from: URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Intra-Klassen-Korrelation>.

# 8 Anhang

Nummer	Jahr	Geschlecht	AlterAge	Verletzungstyp	Unfallsursache	Unfallort	kinische Evaluation	kinische Evaluation	kinische Evaluation	Evaluation BCCD	gesamt BCCD	BCCD 2'	LokalisationAnatomicSite	Height	Weight	Gender	Place	Type	Cause	Agegroup	TBSAg	TBSABCCD	DIFFtotal	MMEAN	diff	KIKategorie	Prezent	BCCDKategorie	Prezent	Outfall	
12.014	2.014 m		8,59	Explosion	gases	outdoors	4,0	0,0	4,0	1,00	0,00	1,00	face, upper e	133,00	35,00	1	5	1	1	5	2	1	3,00	2,50	3,00	1	1	2			
22.014	2.014 m		9,42	Explosion	gases	outdoors	6,0	0,0	6,0	0,90	0,00	0,90	face	148,00	45,00	1	5	1	1	5	3	1	5,10	3,45	5,10	2	1	2			
22.015	2.015 m		1,83	scald	food liquid	kitchen	8,0	0,0	8,0	7,60	0,00	7,60	trunk post	90,00	9,00	1	3	2	2	2	4	4	0,40	7,80	0,40	2	2	1	2		
32.014	2.014 m		10,67	Explosion	gases	outdoors	7,0	0,0	7,0	3,00	0,00	3,00	face, hands	148,00	40,00	1	5	1	1	5	3	2	4,00	5,00	4,00	2	1	2			
32.015	2.015 w		11,92	scald	inhalation	home	6,0	1,5	4,5	4,00	0,00	3,70	lower extr	142,00	32,00	2	1	2	1	6	3	2	2,00	5,00	2,00	2	1	1	2		
42.014	2.014 w		11,50	scald	food liquid	kitchen area	5,0	0,0	5,0	3,50	0,00	3,50	lower extremities, genitals	162,00	65,00	2	3	2	2	5	2	2	1,50	4,25	1,50	1	1	1	1		
42.015	2.015 w		2,00	scald	food liquid	home	7,0	0,0	7,0	2,70	0,00	2,70	trunk, upper extr	95,00	15,00	2	1	2	2	2	3	2	4,30	4,85	4,30	2	1	1	1		
52.013	2.013 m		0,42	scald	food and liquid	home	0,5	0,0	0,5	0,50	0,00	0,50	hand (fingers)	75,00	9,00	1	1	2	2	1	1	1	0,00	0,50	0,00	1	1	1	1		
52.014	2.014 m		1,50	scald	bathub	bath	1,5	0,0	1,5	1,30	0,00	1,30	foot	84,00	12,00	1	4	2	3	2	1	1	0,20	1,40	0,20	1	1	1	1		
62.014	2.014 w		4,75	scald	inhalation	home	12,0	0,0	12,0	6,10	0,00	6,10	trunk ant, lower extr	109,00	18,00	2	1	2	1	4	5	3	5,90	9,05	5,90	3	2	1	1		
62.015	2.015 m		2,33	scald	food liquid	kitchen	7,0	0,0	6,0	4,90	0,00	4,90	face, shoulder, upper extr l	95,00	15,00	1	3	2	2	2	3	2	2,10	5,85	2,10	2	1	1	1		
72.013	2.013 female		10,17	fire-flame	fire	home	12,0	5,0	7,0	3,70	0,70	3,00	abdomen, lower extr	132,00	22,00	2	1	3	4	5	5	2	8,30	7,85	8,30	3	1	1	1		
82.015	2.015 w		1,17	scald	food liquid	home	7,0	0,0	7,0	3,30	0,00	3,30	trunk, upper extr	90,00	10,00	2	1	2	2	2	3	2	3,70	5,15	3,70	2	1	1	1		
92.014	2.014 m		4,08	electricity	other	home	0,5	0,5	0,0	0,10	0,10	0,00	hand left	100,00	15,00	1	1	4	12	4	1	1	0,40	0,30	0,40	1	1	1	1		
92.015	2.015 w		4,00	scald	food liquid	kitchen	15,0	5,0	10,0	13,00	0,00	13,00	trunk, shoulder, face, upper extr l	113,00	17,00	2	3	2	2	3	5	5	2,00	14,00	2,00	3	3	1	1		
102.013	2.013 male		16,75	fire-flame	fire	outdoors	15,0	0,0	11,0	10,40	0,00	10,40	lower extr	169,00	71,00	1	5	3	4	6	5	5	4,90	12,70	4,90	3	3	2			
102.015	2.015 m		7,50	contact	other	outdoors	1,0	1,0	0,0	0,40	0,40	0,00	trunk	130,00	26,00	1	5	5	12	5	1	1	0,60	0,70	0,60	1	1	1	2		
112.013	2.013 male		15,25	contact	vehicle	outdoors	1,5	1,0	0,5	0,90	0,30	0,60	upper extremity	167,00	65,00	1	5	5	5	6	1	1	0,60	1,20	0,60	1	1	1	1		
112.014	2.014 m		1,42	scald	food liquid	home	8,0	0,0	8,0	3,20	0,00	3,20	face, trunk	86,00	12,00	1	1	2	2	2	4	2	4,80	5,60	4,80	2	1	1	1		
112.015	2.015 m		1,25	scald	food liquid	home	4,0	0,0	4,0	2,70	0,00	2,70	face, trunk	90,00	13,00	1	1	2	2	2	2	2	1,30	3,35	1,30	1	1	1	1		
132.015	2.015 w		11,75	scald	inhalation	home	6,0	0,0	6,0	6,10	0,00	6,10	lower extr	164,00	47,00	2	1	2	1	6	3	3	1,10	6,05	-0,10	2	2	1	1		
142.013	2.013 male		1,33	scald	food and liquid	home	6,0	1,0	5,0	4,80	0,00	4,70	feet	86,00	9,00	1	1	2	2	2	3	2	1,20	5,40	1,20	2	1	1	1		
142.014	2.014 m		0,67	contact	electric iron	home	1,5	0,0	1,5	1,00	0,00	1,00	face	67,00	8,00	1	1	5	6	1	1	1	0,50	1,25	0,50	1	1	1	1		
142.015	2.015 w		3,17	scald	food liquid	kitchen	3,0	0,0	3,0	1,40	0,00	1,40	feet	100,00	15,00	2	3	2	2	3	2	1	1,60	2,20	1,60	1	1	1	1		
152.015	2.015 m		14,67	fire	uncontr fire	outdoors	7,0	2,0	5,0	4,60	0,00	4,70	face, neck, upper trunk	172,00	67,00	1	5	3	4	6	3	2	2,40	5,80	2,40	2	1	2			
162.015	2.015 m		14,58	fire contact	fireworks	outdoors	0,5	0,5	0,0	0,20	0,20	0,00	dig left	188,00	60,00	1	5	3	7	6	1	1	0,30	0,35	0,30	1	1	1	2		
172.013	2.013 male		1,82	scald	bathub	home	18,0	0,0	18,0	12,10	0,00	12,10	trunk ant, hands	86,00	11,00	1	1	2	3	2	6	5	5,90	15,05	5,90	3	3	1	1		
172.014	2.014 m		1,75	scald	food liquid	home	1,0	0,0	1,0	0,60	0,00	0,60	lower arm	84,00	12,00	1	1	2	2	2	1	1	0,40	0,80	0,40	1	1	1	1		
182.014	2.014 m		1,83	scald	food liquid	home	6,0	0,0	6,0	4,90	0,00	4,90	trunk ant, face	84,00	14,00	1	1	2	2	2	3	2	1,10	5,45	1,10	2	1	1	1		
182.013	2.013 female		1,33	scald	food and liquid	home	1,0	0,0	1,0	0,90	0,00	0,90	hand, fingers	84,00	11,00	2	1	2	2	2	1	1	0,10	0,95	0,10	1	1	1	1		
182.014	2.014 w		1,82	scald	food liquid	home	8,0	0,0	8,0	3,80	0,00	3,80	trunk ant, arm	89,00	11,00	2	1	2	2	2	4	2	4,20	5,90	4,20	2	1	1	1		
182.015	2.015 m		12,25	scald fat	food liquid	kitchen	4,0	2,0	2,0	4,80	2,80	2,00	lower extr bits	157,00	34,00	1	3	2	2	6	2	1	-0,80	4,40	-0,80	1	1	1	1		
212.014	2.014 w		4,92	contact	barbecue grill	outdoors	2,0	0,5	1,5	0,50	0,00	0,50	arm, hand	110,00	22,00	2	5	5	10	4	1	1	1,50	1,25	1,50	1	1	1	2		
212.015	2.015 m		4,17	fire contact	grill	outdoors	2,0	0,0	2,0	0,80	0,00	0,80	lower extr, knee	110,00	18,00	1	5	3	10	4	1	1	1,20	1,40	1,20	1	1	1	2		
222.014	2.014 w		1,25	scald	food liquid	home	15,0	0,0	15,0	9,80	0,00	9,80	face, trunk, upper arms	79,00	9,00	2	1	2	2	2	5	4	5,20	12,40	5,20	3	2	1	1		
222.015	2.015 w		1,58	scald	food liquid	kitchen	2,0	0,0	1,0	0,90	0,00	0,90	hand l	85,00	10,00	2	3	2	2	2	1	1	1,10	1,45	1,10	1	1	1	1		
232.013	2.013 male		6,75	scald	food and liquid	outdoors	40,0	5,0	35,0	25,40	1,60	23,00	trunk, lower extremity left	128,00	23,00	1	5	2	2	5	10	8	14,60	32,70	14,60	3	3	2			
232.014	2.014 w		4,33	unspecified	other	home	2,0	2,0	0,0	1,20	1,20	0,00	lower arm	98,00	16,00	2	1	7	12	4	1	1	0,80	1,60	0,80	1	1	1	1		
232.015	2.015 m		0,75	scald	food liquid	kitchen	4,0	0,0	4,0	2,60	0,00	2,60	upper extr l	67,00	8,00	1	3	2	2	1	2	2	1,40	3,30	1,40	1	1	1	1		
242.013	2.013 female		9,58	phorbtoxic	Hogweed	outdoors	10,0	0,0	10,0	10,40	0,00	10,40	outlook, lower extremities, hands	134,00	28,00	2	5	6	11	5	4	5	-4,40	10,20	-4,40	2	3	2			
242.014	2.014 m		1,42	scald	food liquid	home	3,0	0,0	3,0	2,10	0,00	2,10	foot	84,00	12,00	1	1	2	2	2	2	1	0,90	2,55	0,90	1	1	1	1		
242.015	2.015 m		14,50	explosion	fireworks	outdoors	0,5	0,0	0,5	0,30	0,00	0,30	hand l	167,00	56,00	1	5	1	7	6	1	1	0,20	0,40	0,20	1	1	1	2		
262.014	2.014 m		2,75	scald	food liquid	home	8,0	0,0	8,0	3,60	0,00	3,60	shoulder, trunk	98,00	15,00	1	1	2	2	3	4	2	4,40	5,80	4,40	2	1	1	1		
262.015	2.015 w		2,17	contact	hot plate	kitchen	1,5	0,0	1,5	1,70	0,00	1,70																			