

**Aus der Klinik und Poliklinik für
Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. C.-T. Germer**

**Thermische Verletzungen im Kindesalter: Eine
retrospektive Kohortenstudie von 212 Fällen.**

**Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität
Würzburg**

**Vorgelegt von
Patrik Sperling
aus Ulm
Würzburg, Mai 2012**

Referent: Prof. Dr. Th. Meyer

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. S. Kunzmann

Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.2012

Der Promovend ist Arzt

Widmung

Allen Kindern, die sich in den Jahren 2004 bis 2009 verbrühten oder verbrannten.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1 Einführung..... | 1 |
| 1.2 Aufbau und Funktionen der Haut..... | 2 |
| 1.3 Die Verbrennung / Verbrühung..... | 5 |
| 1.3.1 Verbrennungsarten..... | 5 |
| 1.3.2 Pathophysiologie der Verbrennung | 5 |
| 1.3.3 Verbrennungstiefe und -ausdehnung | 9 |
| 1.4 Therapie einer Verbrennung..... | 13 |
| 1.4.1 Präklinische Therapie..... | 14 |
| 1.4.2 Stationäre Behandlung | 14 |
| 1.4.3 Nachbehandlung..... | 18 |
| 1.4 Fragestellung..... | 20 |
| 2. Material und Methoden | 21 |
| 2.1 Das Patientenkollektiv | 21 |
| 2.2 Datenerhebung nach Aktenlage | 21 |
| 2.2.1 Demoskopische Daten..... | 21 |
| 2.2.2 Präklinische Daten..... | 22 |
| 2.2.3 Klinische Daten und Behandlungsdaten..... | 22 |
| 2.3 Statistische Auswertung..... | 22 |
| 3. Ergebnisse | 23 |
| 3.1 Demoskopische Daten | 23 |
| 3.2 Präklinische Daten | 25 |
| 3.3 Klinische Daten und Behandlungsdaten..... | 40 |
| 4. Diskussion | 44 |
| 5. Zusammenfassung | 53 |
| 6. Literatur- und Abbildungsverzeichnis | 54 |
| 7. Danksagung | |
| 8. Lebenslauf | |

1. Einleitung

1.1 Einführung

Der Begriff Verbrennung und Verbrühung beschreibt die traumatische Schädigung der Haut durch ein thermisches Ereignis. Je nach Unfallmechanismus können ausgedehnte Verletzungen die Folge sein. So findet man im klinischen Alltag ein sehr breites Spektrum an Verbrennungsfolgen von Bagatellen bis zur lebensbedrohlichen Brandverletzung. Nach der letzten Erhebung des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2009 mussten 16.086 Patienten auf Grund einer Verbrennung behandelt werden. Hiervon waren 5.974 Kinder im Alter von 0 bis 15 Jahren [1].

Im Kleinkindesalter handelt es sich mit 85% in der Mehrzahl der Fälle um Verbrühungen, also der Kontakt zu heißen Flüssigkeiten [2, 3]. Es genügt bereits der Inhalt von einer Tasse mit heißem Wasser um bis zu 30% der Körperoberfläche eines Säuglings oder Kleinkindes zu verbrühen [4]. Verbrennungen hingegen treten bei Schulkindern häufiger auf. Meist handelt es sich hier um Unfälle beim Grillen, Hausbränden oder Experimenten mit brennbaren Gegenständen [5, 6].

Die Narben, die Verbrennungen und Verbrühungen hervorrufen, können zu funktionellen Einschränkungen führen [6, 7]. Auch bei oberflächlichen Schäden kommt es bei Kindern häufiger zu Narbenbildung und Pigmentveränderungen als bei Erwachsenen [8-11]. Neben Schmerzen und Juckreiz steht hier die Bewegungseinschränkung im Sinne von Kontrakturen im Vordergrund. Andere mögliche Pathologien sind Hypertrophie der Narben und die Keloidbildung [7, 12]. Sind die Narben in gut sichtbaren Körperarealen, wie Gesicht, Händen oder Dekolletee kann es auch zu psychosozialen Problemen im Leben der Kinder nach dem Unfall kommen [13].

Zur Behandlung von tiefen Verbrennungen ist die Spalthauttransplantation die Therapie der ersten Wahl [14, 15]. Oberflächliche Verbrennungen werden mit desinfizierenden Topika und regelmäßigen Verbandswechseln behandelt [14]. Für die

Langzeitbehandlung von Verbrennungsnarben wird eine Kompressionstherapie empfohlen [15].

Ziel dieser Arbeit ist es Ursachen, Folgen und die Therapie von thermischen Verletzungen im Kindesalter zu erfassen.

1.2 Aufbau und Funktionen der Haut

Die Haut ist ein funktionell sehr vielseitiges Organ des menschlichen Organismus. Als Hüllorgan mit Abgrenzung von Innen und Außen bildet es ein Schutz- und Sinnesorgan des Körpers. Ebenso ist es zur Aufrechterhaltung der Homöostase als Stoffwechsel- und Regulationsorgan unverzichtbar.

Die menschliche Haut gliedert sich in drei Schichten: Epidermis, Dermis, die zusammen die Cutis bilden, und dem darunterliegenden Unterhautfettgewebe, der Subcutis. Bestandteile der Hautanhangsgebilde sind Haare, Finger- und Zehennägel, Schweiß- und Talgdrüsen.

Die Epidermis ist ein mehrschichtiges, verhornendes Plattenepithel. Es besteht aus Schichten von Keratinozyten, die mit der Dermis fest verbunden sind und von der Basalmembran nach außen hin zunehmend verhornen. So bildet sie einen Schutz vor Wasserverlust und bakterieller Besiedelung. Neben den Basalzellen der Keratinozyten sind hier auch die Melanozyten angesiedelt, die das dunkelbraune Pigment Melanin synthetisieren. Über das Melanin ist der Bräunungszustand der Haut festgelegt und die Basalzellen werden von der genomschädigenden Wirkung der UV-Strahlung geschützt. An der Handinnenfläche ist sie üblicherweise 0,03 bis 0,05 Millimeter dick. An der Fußsohle kann sie mehrere Millimeter betragen.

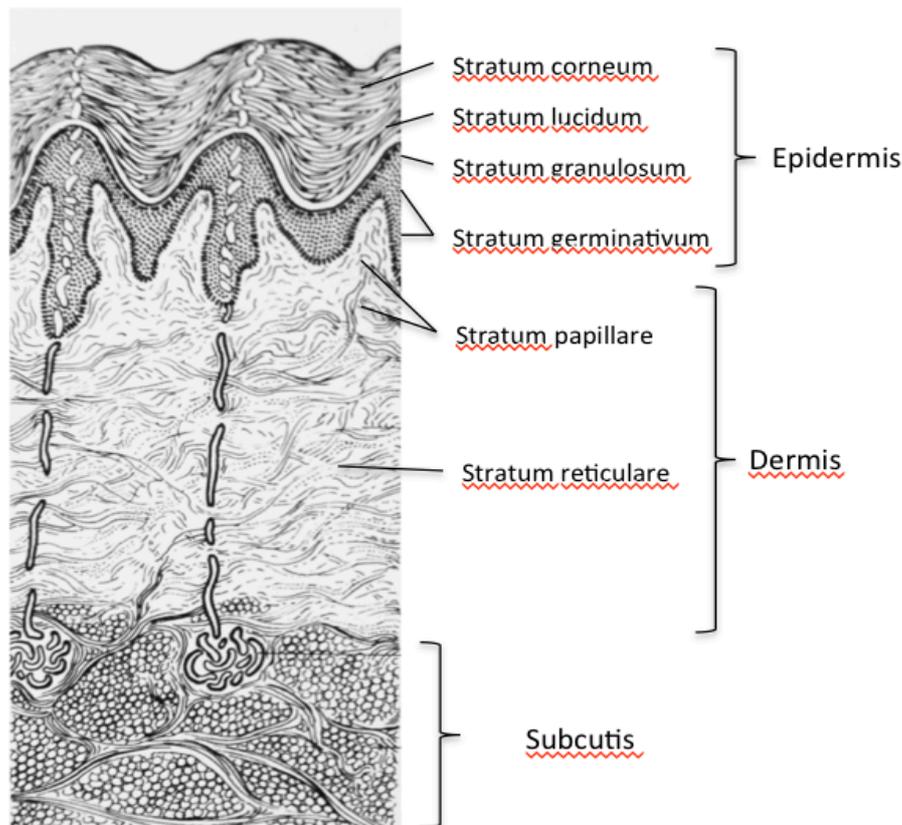


Abbildung 1: Der Aufbau der Haut (Quelle: Lehrbuch der Histologie, Junqueira)

Die Dermis besteht vorwiegend aus fibroblastischen Bindegewebsfasern. Sie dient der Ernährung und Verankerung der Epidermis. Die mechanische Widerstandsfähigkeit liegt hier begründet. Hier versorgen feine Kapillaren die Grenzzone zur Epidermis. Ebenso liegt hier der Ursprung unserer Talg- und Schweißdrüsen.

Die Subcutis enthält neben den Blutgefäßen und Nerven einen je nach Körperregion sehr unterschiedlich ausgeprägten Anteil von subcutanem Fett als Energiespeicher, Druckpolster und Teil der Thermoregulation [16].

Die Dicke der Haut variiert je nach Körperregion. An der Hohlhand und der Fußsohle ist die Epidermis sehr ausgeprägt, an Rücken und Gesäß ist eine sehr starke Dermis zu sehen. Ventrale Hautanteile der Extremitäten sind mechanisch weniger beansprucht, dünner, mit geringerer Verhornung und auch weniger pigmentiert. Auch das Alter hat einen Einfluss, junge Erwachsene haben eine dickere Haut als Kinder und sehr alte Menschen [17].

Nach dem Oberflächenrelief bestehen regionale Unterschiede. Hier kann man die Haut in zwei Typen unterteilen. Die Leistenhaut tritt an Fingern, palmar und plantar auf. Hier zeigt die Epidermis feine Papillarlinien, die dadurch entstehen, dass sich dermale Papillen in Längsreihen anordnen. Diese Leisten bilden individuelle Muster aus Bögen und Wirbeln. Die Leistenhaut enthält bis auf Schweißdrüsen keine Hautanhangsgebilde. Die Felderhaut bedeckt den übrigen Körper. Hier bestehen rhombische Felder, sog. Areolae cutaneae. Die kleinen Furchen zwischen den Feldern verstreichen bei Spannung der Haut. Sie dienen als Reservefalten, da die Epidermis weniger dehnbar ist als die Dermis [18].

Die Hautoberfläche bei einem durchschnittlichen Erwachsenen beträgt ca. 2 m² und wiegt 10 bis 14 kg. Damit ist sie das größte Organ des Menschen. Bei einem Neugeborenen misst die Oberfläche zwischen 0,2 und 0,3 m².

Die Funktion der Haut besteht zum einem im Schutz des Körpers gegen mechanische Beanspruchung, chemischen und thermischen Einwirkungen, sowie gegen das Eindringen von Mikroorganismen. Für die Thermoregulation wird über eine Vasokonstriktion eine Verminderung der Wärmeabgabe erzielt. Im umgekehrten Falle kann über eine Vasodilatation und vermehrte Schweißsekretion die Überhitzung des Körpers verhindert werden [19]. Als endokrinologische Funktion wird unter der Einwirkung von UV-B-Licht im Stratum spinosum und basale der Epidermis aus 7-Dehydrocholesterin Cholecalciferol für die Vitamin D₃-Synthese gebildet [20]. Für die somatoviszzerale Sensibilität wird über die zahlreichen sensiblen Nerven der Haut die Umwelt in Bezug zu unserem Körper wahrgenommen. Es werden Temperatur, mechanische- und Schmerzreize aufgenommen und die Grundlage für lokale und systemische Abwehrmechanismen gelegt [16]. Durch die antigenpräsentierenden Langerhans'schen Riesenzellen in der Epidermis spielt die Haut auch eine Rolle im Rahmen der Immunabwehr [16]. Die Haut ist in ihrer Funktion ein lebenswichtiges Organ. Eine Zerstörung kann daher Folgen für den gesamten Organismus haben.

1.3 Die Verbrennung / Verbrühung

1.3.1 Verbrennungsarten

Bei einer Verbrennung kommt es zu einer Schädigung des Gewebes durch eine übermäßige Hitzeeinwirkung, bei der die körpereigenen Regulationsmechanismen überfordert sind. Dies kann durch Flüssigkeiten im Sinne einer Verbrühung, Dämpfen oder Gasen, Flammeneinwirkung und Explosionen, durch Sonneneinstrahlung als Sonnenbrand, Elektrizität oder Reibung geschehen. Als Sonderform der Erfrierung ist noch die sog. Kälteverbrennung abzugrenzen [21]. Diese verursacht vergleichbare Schäden wie eine Verbrennung.

Eine Verbrühung liegt definitionsgemäß vor, wenn eine Verletzung durch Kontakt mit Flüssigkeiten hervorgerufen wurde, die weniger als 100°C betragen [22].

1.3.2 Pathophysiologie der Verbrennung

Das Ausmaß einer Verbrennung wird bestimmt von der Temperatur und der Einwirkzeit der Hitzequelle [17]. Geht eine Verbrennung über ein bestimmtes Maß hinaus hat dies Konsequenzen für den Gesamtorganismus. Bei ausgedehnten Verbrennungen kann es sekundär zu einem systemischen inflammatorischen Response Syndroms mit Sepsis, Multiorganversagen und Kreislaufdepression kommen. Die Gesamtheit dieser systemischen Störung bezeichnet man als Verbrennungskrankheit [23].

Bei 40°C kommt es auf molekularer Ebene zur Degeneration von zellulären Eiweißen und temporären Funktionsverlust. Bei 45°C beginnen Proteine zu denaturieren. Die für die Tertiärstruktur wichtigen Wasserstoffbrückenbindungen werden zerstört und das Protein verliert seine Funktion. Darüberhinaus wird die Hydrathülle des Proteins destabilisiert und es kommt zu Wechselwirkung zwischen verschiedenen Proteinen [24]. Es kommt zum endgültigen Struktur- und Funktionsverlust. Eine Koagulationsnekrose ist die Folge. Die so veränderten Strukturen wirken toxisch und als Antigen immunmodulatorisch [10, 23].

Für das Ausmaß des thermischen Schadens ist die Wärmewirkzeit von Bedeutung. Zwischen 45°C und 51°C tritt eine Schädigung innerhalb weniger Minuten ein, zwischen 51°C und 70°C reichen Sekunden. Bei Temperaturen über 70°C sind es Sekundenbruchteile. Das Ausmaß einer Verbrennung ist jedoch auch abhängig von der Dicke der Haut [25]. So erleidet bei 54°C Wassertemperatur ein Erwachsener nach 31 Sekunden eine III° Verbrühung, was bei einem Kleinkind nur 10 Sekunden dauert. Bei 65°C warmen Wasser reduzieren sich diese Zahlen auf 10, bzw. 0,5 Sekunden [26].

Die lokalen Veränderungen werden nach *Jackson* in drei Zonen unterschiedlichen Grades einer Schädigung unterteilt. Im Zentrum des Verbrennungsareals liegt die Koagulationszone. Sie ist der Kern der thermischen Schädigung mit Zerstörung von Zellstrukturen wegen der Denaturierung von Eiweißen. Eine Zellregeneration ist auf Grund der Koagulationsnekrose nicht mehr möglich. Um dieses Areal dreidimensional herum ist die Stasezone lokalisiert. Hier steht die Beeinträchtigung von Zellfunktionen und eine eingeschränkte Mikrozirkulation im Vordergrund. Es liegt keine dauerhafte Zerstörung von Zellstrukturen vor. Makroskopisch erscheint das Gewebe funktionsfähig. Allerdings besteht eine eingeschränkte Gewebserfusion über Kapillaren. Somit besteht die Tendenz zur dauerhaften Schädigung durch pathologische Immunvorgänge und eine Ischämie. Als äußere Begrenzung besteht die Hyperämiezone. Sie ist nur gering betroffen und voll regenerationsfähig. Es besteht aber als Teil der lokalen Entzündungsreaktion eine Hyperämie [5].

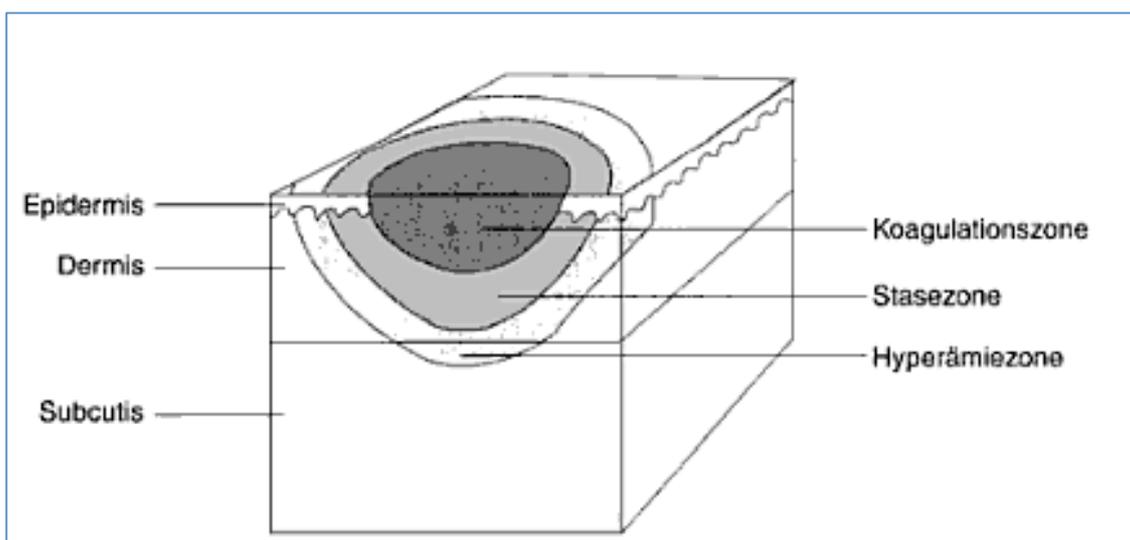


Abbildung 2: Verbrennungszonen nach Jackson [5]

Von besonderer Bedeutung ist hier die Stasezone. Eine dauerhafte Wärmezufuhr führt zur weiteren Denaturierung und somit zum „Abtiefen“ der Koagulationszone. Die anfangs nur in ihrer Funktion eingeschränkten Zellen können im weiteren Verlauf ebenfalls nekrotisch werden. Dieser Vorgang wird als „Nachbrennen“ bezeichnet. Die in der Stasezone lokalisierten pathologischen Immunvorgänge initiieren die Reaktion des Gesamtorganismus. Dieser Prozess ist umkehrbar. Eine Wiederherstellung der normalen lokalen Funktion ist möglich. Die klinisch sichtbaren Zeichen Schwellung, Rötung und Blasenbildung sind Ausdruck eines Endothelschadens, dem sog. capillary leak, in der Stasezone und der Vasodilatation in der Hyperämiezone [23]. Das „Nachbrennen“ ist nicht Ausdruck einer weiteren thermischen Schädigung, sondern eine sekundäre Verschlechterung der Perfusion von grenzwertig versorgten Arealen zu verstehen und führt zur Konversion der Stasezone in die Koagulationszone [2]. Damit kann eine primär als IIa°- Verbrennung in eine IIb°- oder III-Verbrennung übergehen [27].



Abbildung 3: Beispiel für das Nachbrennen.

Die Wirkung auf den gesamten Organismus wird durch die Freisetzung von Mediatorsubstanzen bestimmt. Diese führen zu einer generalisierten Immunreaktion und halten diese Aufrecht. Im Einzelnen kommt es zu einer Aktivierung der Gerinnungskaskade, einer Aktivierung des Komplementsystems, zur Thrombozytenaktivierung und –aggregation, zur Endothelschädigung mit erneutem „capillary leak“, Aktivierung und Einwanderung von Granulozyten und Makrophagen, Vasodilatation und zur Immunmodulation durch Interleukine [23].

Durch das Kapillarleck kommt es zu einem unkontrollierten Austritt von Wasser aus dem Blut-Gefäß-System. Mit diesem gehen auch im Blut gelöste Proteine verloren. Über den sinkenden onkotischen Druck führt dies zu weiteren Flüssigkeitsverlusten. Das zirkulierende Blutvolumen nimmt ab. Dieser Volumenverlust kann so groß werden, dass dies hämodynamische Auswirkungen hat. Die Palette reicht hier von Tachycardie und Hypotonie bis zum Volumenmangelschock mit der Notwendigkeit einer medikamentösen Reanimation. Als Beispiel fällt bei einer 40% Verbrennung der Körperoberfläche das Plasmavolumen auf 25-35% des Ausgangswertes [28]. Das Weichteilödem bildet sich im gesamten Organismus aus. Nicht selten werden nach entsprechender Behandlung 20-30 Liter bei Erwachsenen eingelagert. Eine zweit- bis drittgradige Verbrennung kann ab 5% der Körperoberfläche des Kindes und 10% Körperoberfläche beim Erwachsenen zu einer hämodynamisch relevanten Hypotonie führen [28].

Da es beim „capillary leak“ nur zum Verlust von Blutplasma kommt und die zellulären Bestandteile im Gefäßsystem verbleiben, ist bei steigendem Hämatokrit eine erhöhte Viskosität die Folge. Es kommt zu einer Verschlechterung der Fließeigenschaften besonders im Kapillargebiet [29], was eine weitere Ursache für ein Multiorganversagen ist.

Bei einer schweren Verbrennungskrankheit ist schon auf der Grundlage der Freisetzung von Entzündungsmediatoren von der Entwicklung eines Systemischen inflammatorischen Response-Syndroms auszugehen. Kommt es zur Superinfektion der Verbrennungsareale ist Ausbildung einer Sepsis möglich. Weiterhin besteht durch die Effekte des Volumenmangels, des Gewebeödems und der Immunreaktion die Gefahr

eines Acute respiratory distress Syndrome, eines akuten Nieren- und Leberversagens, sowie eines intraabdominellen Kompartmentsyndroms.

1.3.3 Verbrennungstiefe und -ausdehnung

Die Schwere einer thermischen Verletzung wird in der Tiefenausdehnung in Grade I bis III, der betroffenen Körperoberfläche in % und der Lokalisation bemessen.

Entsprechend der beteiligten Hautschichten erfolgt die Einstufung in 4 Grade:

I.Grad: Hier ist die Epidermis betroffen und es besteht bei intaktem Epithel ein voll reversibler Zustand. Klinisch ist eine Rötung und Schwellung als Zeichen einer diffusen Entzündungsreaktion zu sehen. Des Weiteren klagt der Patient über starke Schmerzen.

II.Grad: Hier ist die Dermis mitbetroffen. Klinisch steht hier die Blasenbildung im Vordergrund. Je nach Ausprägung der Tiefenausdehnung in die oberflächliche und die tiefe Dermis wird hier in die Subgruppen A und B unterteilt.

A.) Bei dieser oberflächlichen Verletzung besteht neben der Blasenbildung ein hyperämischer Wundgrund mit prompter Rekapillarisation. Die Hautanhangsgebilde sind intakt und es bestehen starke Schmerzen.

B.) Hier ist die tiefere Dermis mit Haarfollikeln und Schweißdrüsenausführungsgängen mitbetroffen. Bei einer gestörten Rekapillarisation ist hier der Wundgrund weißlich und die Hautanhangsgebilde noch partiell vorhanden. Im Vergleich sind die Schmerzen aber geringer ausgeprägt, was immer als Hinweis für eine tiefere Verletzung berücksichtigt werden muss. Bei diesem Schweregrad ist auch mit einer Narbenbildung zu rechnen.

III.Grad: Die komplette Dermis bis zur Subcutis ist betroffen. Es bestehen weiße, elfenbeinfarbene bis schwarze Hautnekrosen. Hier bestehen auf Grund einer irreversiblen Zerstörung von Nerven keine Schmerzen. Eine Regeneration ist nicht möglich.

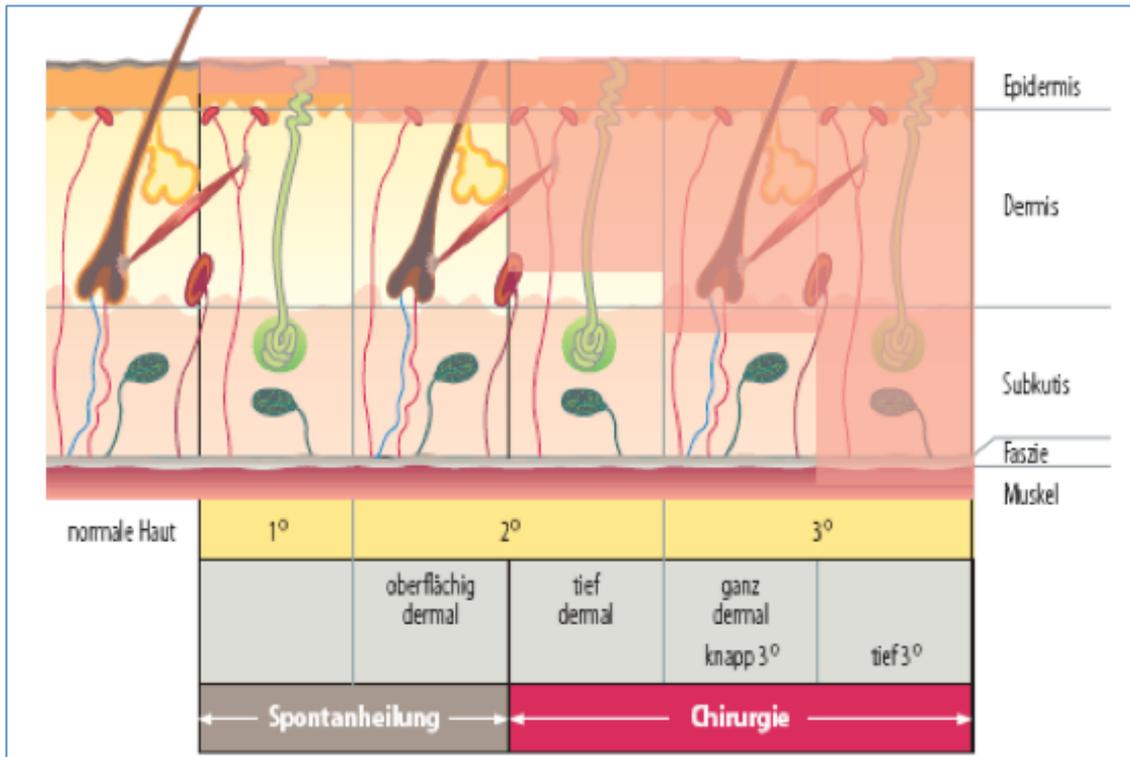


Abbildung 4: Aufbau der Haut, schematische Darstellung der Verbrennungstiefen [2].

Darüberhinaus sind bei einer Verletzung vom IV. Grad alle Hautschichten mit den darunterliegenden Faszien oder Knochen sind betroffen. Dieser Schweregrad wird auch mit dem Begriff der Verkohlung beschrieben.

Die Einteilung in diese Schweregrade gibt erste Hinweise auf die Bedrohlichkeit der Verbrennung und die weitere Therapie des Lokalbefundes. So heilen Verbrennung I° und IIa° ohne die Ausbildung von Narben. Jedoch kann es zu Pigmentveränderungen kommen [30]. Die mögliche Depigmentierung nach oberflächlichen thermischen Verletzungen liegt an einer temporären, aber z.T. auch dauerhaften Reduktion der Melanozyten in der Basalzellschicht, bei Verdickung der restlichen Hautschichten [31]. Nicht jede mangelnde Pigmentierung kann einer Verbrennung angelastet werden. Ein ausgedehntes Debridement kann ebenfalls zu einer Hypopigmentierung führen [31]. Ab einer Verbrennung vom Grad IIb ist mit einer Defektheilung mit Narbenbildung zu rechnen. Diese und III°-Verbrennungen bedürfen einer Spalthauttransplantation [2, 15, 18, 25].

Diese Prozentzahl der betroffenen Körperoberfläche ist ebenfalls wichtig, da sie erste Hinweise auf den zu erwartenden Flüssigkeitsbedarf des Patienten gibt, und man so eine lebensbedrohliche Situation besser abschätzen kann. Großflächige Verbrennungen von 10% beim Kind und 20% beim Erwachsenen stellen über die verlorengegangene Schutzfunktion des Körpers dem zu erwartenden Flüssigkeits- und Elektrolytverlust eine vitale Bedrohung dar [28].

Bei einem Erwachsenen bedient man sich der „Neunerregel nach Wallace“. Dabei entsprechen die Arme und der Kopf je 9%, die Rumpfvorder- und -rückseite sowie ein Bein je 18%. Hals und Genitale schlagen mit je 1 % zu Buche.

Für die Abschätzung der Ausdehnung einer Verbrennung wird im Kindesalter nach der „Handflächenregel“, wobei die Handfläche mit Fingern 1 % der Körperoberfläche entspricht, beurteilt [14]. Da die Proportionen bei Kinder anders verteilt sind, wurde die Neunerregel für die verschiedenen Altersklassen modifiziert [32].

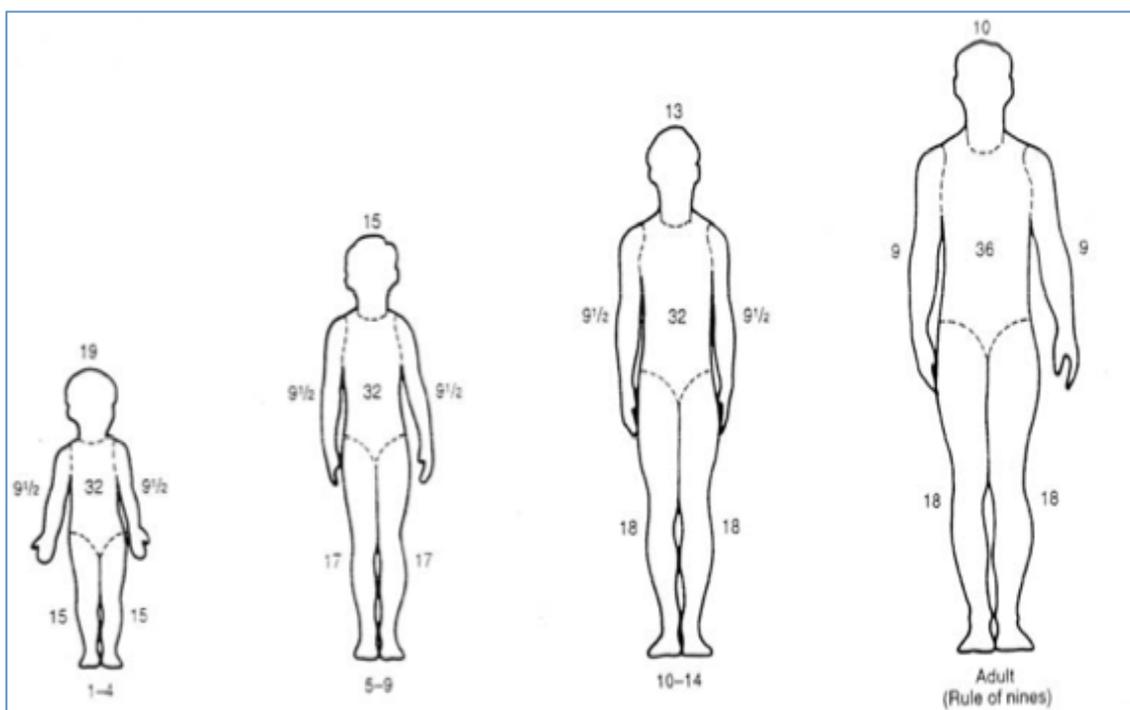


Abbildung 5: Neunerregel Erwachsene und Modifizierung für Kinder der Altersklassen 1-4 Jahre, 5-9 Jahre, 10-14 Jahre [32].

In den ersten Tagen nach der Verletzung ist das Ausmaß meist nicht sicher zu beurteilen. Die Flächenausdehnung wird meist überschätzt, und die Tiefenausdehnung unterschätzt.

Mittels des „Abbreviated Burn Severity Index“ (ABSI) nach Tobiasen kann eine Abschätzung der Schwere der Verbrennung und Sterbewahrscheinlichkeit erfolgen [33].

| Parameter | Punkte | % verbrannte VKOF | Punkte | Gesamtpunktezahl | Sterbewahrscheinlichkeit |
|----------------------|--------|-------------------|--------|------------------|--------------------------|
| Mann | 0 | 1-10 | 1 | 2-3 | <1% |
| Frau | 1 | 11-20 | 2 | | |
| <u>Alter:</u> | | 21-30 | 3 | 4-5 | 2% |
| 0-20 | 1 | 31-40 | 4 | 6,7 | 10-20% |
| 21-40 | 2 | 41-50 | 5 | 8,9 | 30-50% |
| 41-60 | 3 | 51-60 | 6 | 10-11 | 60-80% |
| 61-80 | 4 | 61-70 | 7 | >11 | >80% |
| >80 | 5 | 71-80 | 8 | | |
| Inhalationstrauma | 1 | 81-90 | 9 | | |
| Verbrennung Grad III | 1 | 91-100 | 10 | | |

Tabelle 1: Abbreviated Burn Severity Index nach Tobiasen [33].

Für die ungestörte Heilung einer Verbrennung ist das Ausbleiben von bakteriellen Infektionen mitentscheidend [34, 35].

Die Narbenbildung lässt sich in Stadien einteilen. Nach einer Entzündungsreaktion mit Angiogenese, Fibroblastenreaktion und epithelialer Migration [36] beginnt in der Zellproliferationsphase durch Fibroblasten die Produktion von Kollagen. Es kommt zur Retraktion der Wunde, was die Reepithelialisierung unterstützt und es kommt zur Entstehung einer normalen Narbe [5, 37].

Aufgrund einer überschießenden Kollagenbildung und einem hohen Gehalt an Hyaluronsäure neigen Kinder eher zur Narbenbildung als Erwachsene [38, 39]. Durch

diese überschießende Kollagenbildung kommt es vermehrt zu Keloiden oder hypertrophen Narben [40]. Hämatome, Fremdkörper und Wachstumsschübe begünstigen diese kindliche Narbenbildung. Prädilektionsstellen sind neben dem Sternum, die Scapula, die Klavikula, der Hals, die Ohren und der proximale Anteil der oberen Extremitäten [39, 41]. Hypertrophe Narben wirken sich nachteilig auf die Beweglichkeit und Elastizität der Haut aus. Durch die erhöhte Anzahl von Myofibroblasten kann es zu einschränkenden Kontrakturen im Gelenkbereich kommen [42].

Auf molekularer Ebene konnte ein Unterschied zwischen Verbrennungen und Verbrühungen festgestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass es bei sehr ausgedehnten thermischen Schäden mit einer Beteiligung von 40-60% der Körperoberfläche bei Verbrennungen zu signifikant mehr Inflammation, Hypermetabolismus und Anstieg der Akut-Phase-Proteine kommt, wenn man sie mit Verbrühungen gleichen Ausmaßes vergleicht. Es kommt häufiger zu einer Sepsis und die Mortalität ist ebenfalls erhöht [43]. Ob es auch bei kleinen Verbrennungen zu diesem Unterschied in der Inflammation kommt, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt.

1.4 Therapie einer Verbrennung

Zielsetzung der fach- und kindgerechten Behandlung eines thermisch verletzten Kindes ist das Sichern des Überlebens, die Vermeidung von Infektionen und Sepsis, die adäquate Analgesie, das Minimieren von stigmatisierenden Narben, das Wiedererlangen der vollen Beweglichkeit und die Minimierung des psychischen Traumas. Hierzu müssen die Eltern in die Therapie mit eingebunden werden.

1.4.1 Prä-klinische Therapie

Bei den Erstmaßnahmen am Unfallort sollte neben einer adäquaten Analgosedierung und Volumentherapie besonders auf die Kühlung der betroffenen Areale unter Erhalt der Körperkerntemperatur geachtet werden. Nach den S2 Leitlinien für thermische Verletzungen im Kindesalter sollte innerhalb der ersten 30 Minuten nach dem Trauma eine Kühlung mit lauwarmem Wasser mit nicht weniger als 15°C für 10-20 Minuten erfolgen. Sie soll verbleibende Hitze aus dem betroffenen Areal ableiten und das Nachbrennen verringern. Darüber hinaus werden Schmerzen durch die Wasserapplikation verringert [2]. Auch wenn der Beginn der Kühlung erst 30 Minuten nach dem Trauma erfolgt, ist die Temperatur des Gewebes noch erhöht und der Patient profitiert von der Kühlung [22]. Das Kühlen mit Eis birgt das Risiko Erfrierungen zu verursachen und sollte vermieden werden. Auch eine Unterkühlung des Patienten ist unbedingt zu vermeiden [44, 45]. Bei großflächigen Verletzungen über 15% der Körperoberfläche, bei Kleinkindern, Säuglingen und Neugeborenen, sowie bei intubierten und beatmeten Patienten ist auf eine Kühlbehandlung zu verzichten, da eine Hypothermie signifikant mit einer höheren Letalität einhergeht [46]. Die verbrannten Areale sollten steril abgedeckt werden [14].

1.4.2 Stationäre Behandlung

Das grundlegende Problem bei großflächigen Verbrennungen besteht im Kapillarleck welches von aktiven Immunvorgängen aufrechterhalten wird. Zielsetzung in den ersten Stunden der Therapie ist das Anheben des Blutvolumens durch Substitution von Volumen. Hier muss davon ausgegangen werden, dass das kapilläre Leck auf Grund von aktiven Immunvorgängen aufrechterhalten wird. Da das geschädigte Endothel der Kapillaren keine wirksame Barriere für Eiweißmoleküle wie Albumin darstellt, kommt es zu einem ständigen Verlust von eiweißreichem Plasma. Die Folge ist ein Volumenverlust und Anhebung des kolloidosmotischen Druckes im Gewebe. Da dies erneut Flüssigkeit im Gewebe bindet, kommt es zur Verstärkung des Effektes [28].

Auf Grund dieser Tatsache sind kristalloide Lösungen das Mittel der Wahl. Zunächst besteht zwar der Nachteil, dass es zu einem schnellen Verlust in das Gewebe kommt,

aber sie bauen keinen zusätzlichen kolloidosmotischen Druck auf. Sobald sich das Gefäßendothel erholt hat, kann das Wasser schnell wieder in das Gefäßsystem mobilisiert werden. Kolloidale Lösungen sind wegen der Erhöhung des kolloidosmotischen Druckes im Gewebe nur nach strenger Indikationsstellung zu verwenden. Sie können die Ödembildung beschleunigen und entziehen so dem Körper als Rebound-Effekt Wasser [14, 28]. „Nur bei protrahiertem Schock oder einer frühen chirurgischen Versorgung kommen sie in der Initialphase zur Anwendung“ [14].

Voraussetzung für die korrekte Berechnung der Flüssigkeitssubstitution ist die Bestimmung der betroffenen Körperoberfläche notwendig. Nach der so genannten „Parklandformel“ nach Baxter für Kinder werden innerhalb der ersten 24 Stunden 4 ml kristalloide Flüssigkeit je kg Körpergewicht je Prozent der verbrannten Körperoberfläche zusätzlich zum Grundbedarf substituiert, also $4\text{ml} \times \text{kgKG} \times \% \text{ verbr. KOF}$. Hiervon wird die Hälfte in den ersten acht Stunden gegeben. Am zweiten Tag reduziert sich die Flüssigkeitsmenge auf $3\text{ml} \times \text{kgKG} \times \% \text{ verbr. KOF}$ und am dritten Tag auf $1\text{ml} \times \text{kgKG} \times \% \text{ verbr. KOF}$ [14]. Diese Berechnung gibt jedoch nur einen Orientierungspunkt und sollte nach dem vorliegenden Einzelfall angepasst werden. Wichtige Hinweise können hier der Herzindex, der Gefäßwiderstand und die Harnproduktion liefern [28].

Das verbrannte und avitale Gewebe stellt eine Eintrittspforte für Mikroorganismen dar. Auch gehen von hier die pathologischen Immunreaktionen aus und werden unterhalten, die das gefährliche Ausmaß einer Verbrennungskrankheit ausmachen. Solange dies nicht beseitigt ist, besteht immer die Gefahr einer Superinfektion mit nachfolgender Sepsis und Multiorganversagen. Deshalb sollte frühestmöglich ein Débridement erfolgen, also die chirurgische, komplette Entfernung von avitalem Gewebe.

Für Behandlung von Verbrennungswunden muss das Nachbrennen der Wunde berücksichtigt werden. Negative Faktoren wie Dehydrierung, Druck und Infektionen müssen vermieden werden. Verbände die das Austrocknen verhindern, adäquate aber nicht überschießende Flüssigkeitszufuhr, topische antimikrobielle Behandlung und die

regelmäßige Wundpflege sind wichtige Richtlinien der Behandlung, um das Ausmaß der Schädigung zu minimieren.

1.4.2.1 Konservative Therapie

Die Behandlungsstrategie der Wunden richtet sich nach der Verbrennungstiefe. Bei Grad I Verbrennungen erfolgt die Behandlung konservativ mit kühlenden Umschlägen und feuchtigkeitsspendenden Salben. Bei zweitgradigen Verbrühungen kann oft erst nach einer eindeutigen Demarkierung, je nach Lokalisation, nach zwei bis drei Wochen eine endgültige Unterteilung in die Subgruppen A und B erfolgen.

Verbrennungen des Grades IIa werden ebenfalls konservativ versorgt. Dann werden Antibakterielle Salben in Verbindung mit Fettgaze verwendet [22]. Neben der Tatsache, dass sie antimikrobiell wirken müssen, dürfen sie die Epithelialisierung der Wunde nicht behindern. Die Wundreinigung mit Debridement, also dem Abtragen von Blasen unter aseptischen Bedingungen bei ausreichender Analgesie ist zuvor notwendig. Für die anschließende Versorgung werden in der S2-Leitlinie Occlusivverbände empfohlen [14], um zum einen ein Austrocknen der Wunde, zum anderen eine sekundäre Verschmutzung zu verhindern [22]. Bei zweitgradigen Verbrennungen die nicht sicher zuzuordnen sind erfolgt die temporäre Wundabdeckung mit antiseptischen Verbänden. Neben den Occlusivverbänden stehen auch Feuchtverbände zu Verfügung. Hier dienen Wirkstoffe wie Polyhexanidin und Poly-Vinyl-Pyrrolidon-Jod-Koplex zur topisch antiseptischen Versorgung. Bei beiden Verbandstypen wird ein feuchtes Wundmilieu bewahrt, welches die Wundheilung fördert. Occlusivverbänden bestehen aus einem Polyuretanfilm oder einem Schaumstoff, auf den eine selbstklebende Masse aufgebracht ist. Diese enthält quellende Partikel, die unter der Aufnahme von Wundexsudat verflüssigen und so ein visköses Gel bilden [47, 48].

Darüberhinaus gibt es aus dem Bereich des „Tissue engineering“ Wundauflagen, deren Polymere den regenerierenden Keratinozyten eine optimale Umgebung zum Anheften und Wachsen bieten sollen und bis zur Abheilung nicht mehr gewechselt werden müssen [49].

1.4.2.2 Operative Therapie

Bei eindeutiger Tiefenzuordnung von Verbrennungen des Grades IIb ist mit einer Defektheilung unter Narbenbildung zu rechnen. Die Indikation zur Deckung kann gestellt werden.

Bei drittgradigen Verbrennungen wird nach eindeutiger Abschätzung der Tiefe eine tangentielle oder epifasziale Nekrosektomie durchgeführt. Anschließend erfolgt die Voll- oder Spalthauttransplantation als einzeitiges Vorgehen.

Entnahmestellen für eine Spalthauttransplantation sind kosmetisch günstig am behaarten Kopf, Gesäß und proximalen Oberschenkel. Nach einer vollständigen Abheilung ist eine erneute Entnahme möglich. Die Transplantatdicke sollte 0,2 mm nicht überschreiten, da sonst Hautanhangsgebilde mittransplantiert werden. So kann es an der Entnahmestelle zu Alopezie und an Transplantationsstelle zu Haarwachstum kommen.

Je nach Lokalisation erfolgt die Ruhigstellung mit Verbänden, Gips- oder Kunststoffschienen für fünf bis sieben Tage, um eine Dislokation der Transplantate zu verhindern. Eine Möglichkeit mehr Fläche zu bedecken ist die Expansion der Spalthaut durch Mesh-Technik im Verhältnis 1:1,5 bis 1:6. Da als kosmetischer Aspekt das Gittermuster verbleibt, sollte der Einsatz nicht an Gesicht, Hals, Dekolleté, Händen oder Füßen erfolgen.

Bei Verbrühungen oder Verbrennungen dritten Grades an den Extremitäten, Hals oder Rumpf, die mindestens $\frac{2}{3}$ der Zirkumferenz betreffen oder gar zirkulär sind, sollte die Indikation einer Escharotomie überprüft werden. Es wird die Haut mittels einer definierten Schnittführung durchtrennt, um ein unkontrolliertes „Aufplatzen“ durch die zu erwartende Schwellung zu verhindern.



Abbildung 6: Schnittführung bei der Escharotomie [14].

1.4.3 Nachbehandlung

Nach der S2-Leitlinie sind die Kompressions- und Silikonbehandlung als Standardtherapie der Narbenbehandlung anzusehen. Bei der Pflege der betroffenen Hautareale wird die Narbe selbst mehrfach täglich mit fettigen Salben gepflegt. Eine direkte Sonneneinstrahlung muss bis zur Narbenausreifung in den ersten zwei Jahren vermieden werden [50].

Die Kompressionstherapie erzielt in Dingen der Compliance und Verminderung der Narbenhypertrophie die besten Ergebnisse [5, 51, 52]. Kompressionsbandagen sollten grundsätzlich maßgefertigt sein und müssen gut sitzen. Diese Behandlung beginnt unmittelbar nach der Ausheilung der Hautareale. Die Kompressionsgarnitur muss kontinuierlich getragen werden und sollte nur Körperpflege, Lymphdrainage und Narbenmassage abgelegt werden. Auch diese Therapie endet erst mit der Ausreifung der Narbe nach 1-2 Jahren. Um eine kontinuierliche Kompression zu gewährleisten ist neben einer zweiten Garnitur das regelmäßige Anpassen der Größe entsprechend dem Wachstum notwendig [53, 54].



**Abbildung 7: Kind mit maßgefertigter Kompressionsjacke (oben);
Verbrühungsnarben vor (links unten) und nach (rechts unten) Kompressionstherapie.**

Sekundäre, plastische Korrekturen zur Verbesserung der Kosmetik erfolgen erst nach Abschluss der Narbenausreifung. Funktionseinschränkungen durch Narben können jedoch ein früheres Handeln erfordern.

Nicht zu vernachlässigen ist auch eine psychotherapeutische Behandlung. Eine schwere thermische Verletzung ist ein traumatisches Erlebnis von besonderer Schwere. Es ist durch die Gefühle von Ohnmacht und Todesangst die leibseelische Einheit des Kindes bedroht. Alle Aspekte des Selbst- und Fremdeempfindens sind betroffen. Es kann eine therapeutische Hilfsbedürftigkeit für die Verarbeitung des Verbrennungstraumas bestehen, um die Ausbildung einer posttraumatischen Belastungsstörung zu verhindern [55, 56].

1.4 Fragestellung

Auf der Basis des vorliegenden Patientenkollektives und der aktuellen Literatur wird in dieser Arbeit das Verteilungsmuster von Patientenalter, -geschlecht und betroffenen Körperregionen untersucht. Weiterhin stellt sich die Frage nach den Ursachen und Unterschieden von Verbrühungen und Verbrennungen, sowie der Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

2. Material und Methoden

2.1 Das Patientenkollektiv

Im Rahmen einer retrospektiven Analyse wurden 212 Patienten im Alter von 0 bis 16 Jahren betrachtet, die im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 31.01.2009 auf Grund einer thermischen Verletzung stationär im Universitätsklinikum Würzburg der Julius-Maximilians-Universität Würzburg behandelt wurden. Von dem Patientenkollektiv wurden 210 in der Abteilung für Kinderchirurgie der chirurgischen Klinik I versorgt, zwei Patienten in der Universitätskinderklinik. Für die Studie wurden diese Zahlen zusammengelegt. Es handelt sich um alle Patienten der o.g. Altersklasse, die von 01.01.2004 bis zum 31.12.2009 auf Grund der Diagnose Verbrühung oder Verbrennung stationär behandelt wurden. Es wurde kein erfasster Patient von der Studie wieder ausgeschlossen.

2.2 Datenerhebung nach Aktenlage

Zur Datenerhebung erfolgte die Durchsicht der elektronischen Akte der Patienten. Bei unzureichender oder fehlender Datenlage wurde die Akte aus dem Archiv als Grundlage hinzugezogen.

2.2.1 Demoskopische Daten

Zunächst wurden die demoskopischen Daten der Patienten mit Name, Geburtsdatum, Alter, Geschlecht und das Alter bei der Verbrennung erfasst. Nachdem die präklinischen und klinischen Daten (siehe unten) ebenfalls erfasst wurden, erfolgte vor der Bearbeitung die Anonymisierung indem die Namen durch Nummern ersetzt wurden.

2.2.2 Präklinische Daten

Die präklinischen Daten geben Auskunft über den Unfallhergang, den Zeitpunkt des Unfalls, den Grad der Verbrennung und die Anzahl und Art der betroffenen Körperregionen. Unterschieden wurde die Lokalisation in Gesicht, Schädel, Brust, Rücken, Bauch, Arme, Hände, Gesäß, Genitale, Beine und Füße. Ebenso wurde das auslösende Agens, bzw. die Unfallursache dokumentiert und ob es sich um eine Sekundärverlegung aus einem externen Krankenhaus handelte.

2.2.3 Klinische Daten und Behandlungsdaten

Die klinischen Daten umfassen die Notwendigkeit einer Hauttransplantation, ob einer Kompressionsbehandlung durchgeführt werden musste, der Entnahmeort der Hauttransplantation, Komplikationen der Transplantation und das Einwachsen des Transplantates, die Krankenhausverweildauer und das Vorliegen von Begleiterkrankungen.

2.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden in einer Tabellenkalkulation erfasst und statistisch ausgewertet. Median, Mittelwerte und Standardabweichung wurden hierbei erfasst. Verschiedene Altersgruppen, Geschlechtszugehörigkeiten, etc. wurden miteinander verglichen.

3. Ergebnisse

3.1 Demoskopische Daten

Das durchschnittliche Alter bei der stationären Aufnahme der betrachteten 212 Patienten lag bei 3,89 Jahren. Bei einer Standardabweichung von 4,19 Jahren liegt jedoch ein Median von 22 Monaten, also 1,83 Jahren, vor. Dies spiegelt den Hauptteil unserer Patienten wieder (Diagramm 1).

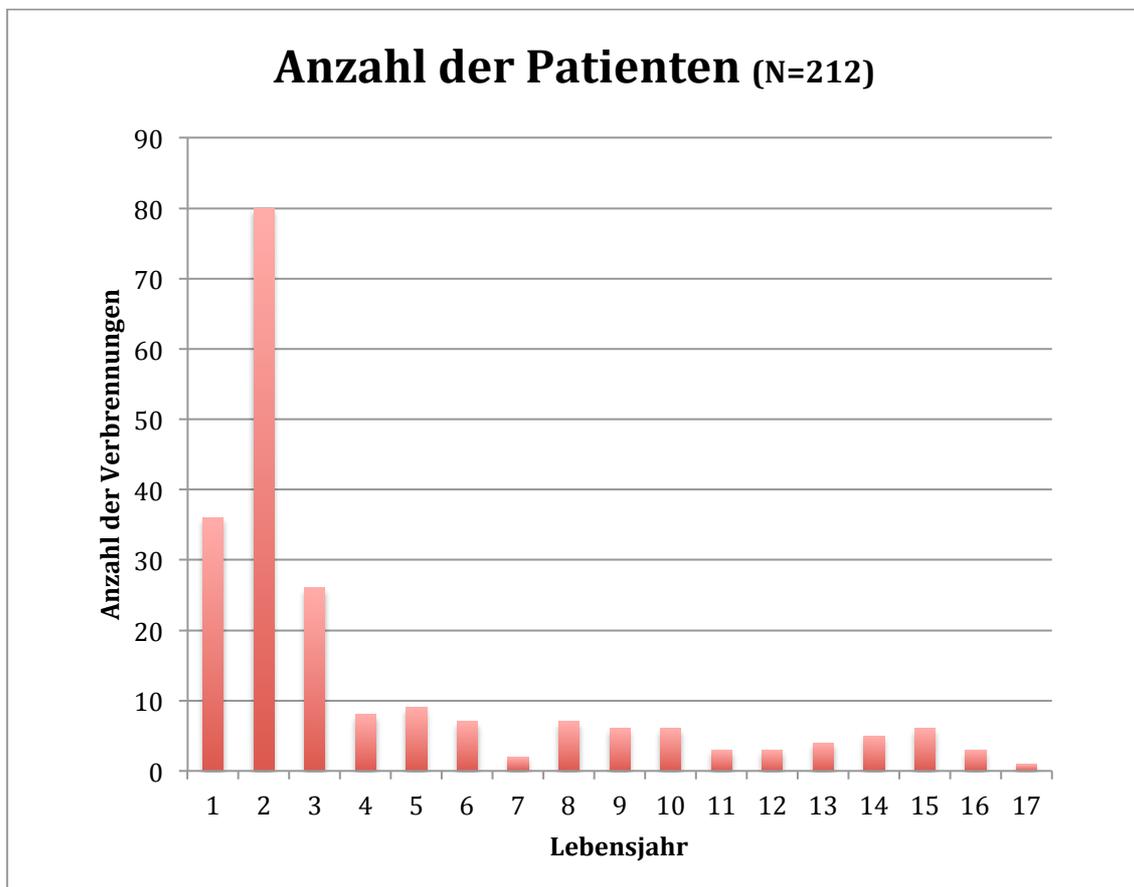


Diagramm 1: Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt.

Von diesen Patienten waren 141 (67%) Jungen und 71 (33%) Mädchen (Diagramm 2). Das entspricht einem Geschlechterverhältnis von männlich zu weiblich von 2:1.

Teilt man das Patientenkollektiv willkürlich nach dem Alter in Kinder unter drei Jahren und über drei Jahren ergeben sich bezüglich der Geschlechterverteilung keine großen Unterschiede. Bei den unter Drei-jährigen handelt es sich um 93 (66%) Jungen und 48 (34%) Mädchen, bei den älteren Kindern verletzten sich 48 (68%) Jungen und 23 (32%) Mädchen. Es bleibt somit in beiden Kollektiven bei dem Geschlechterverhältnis von 2:1.

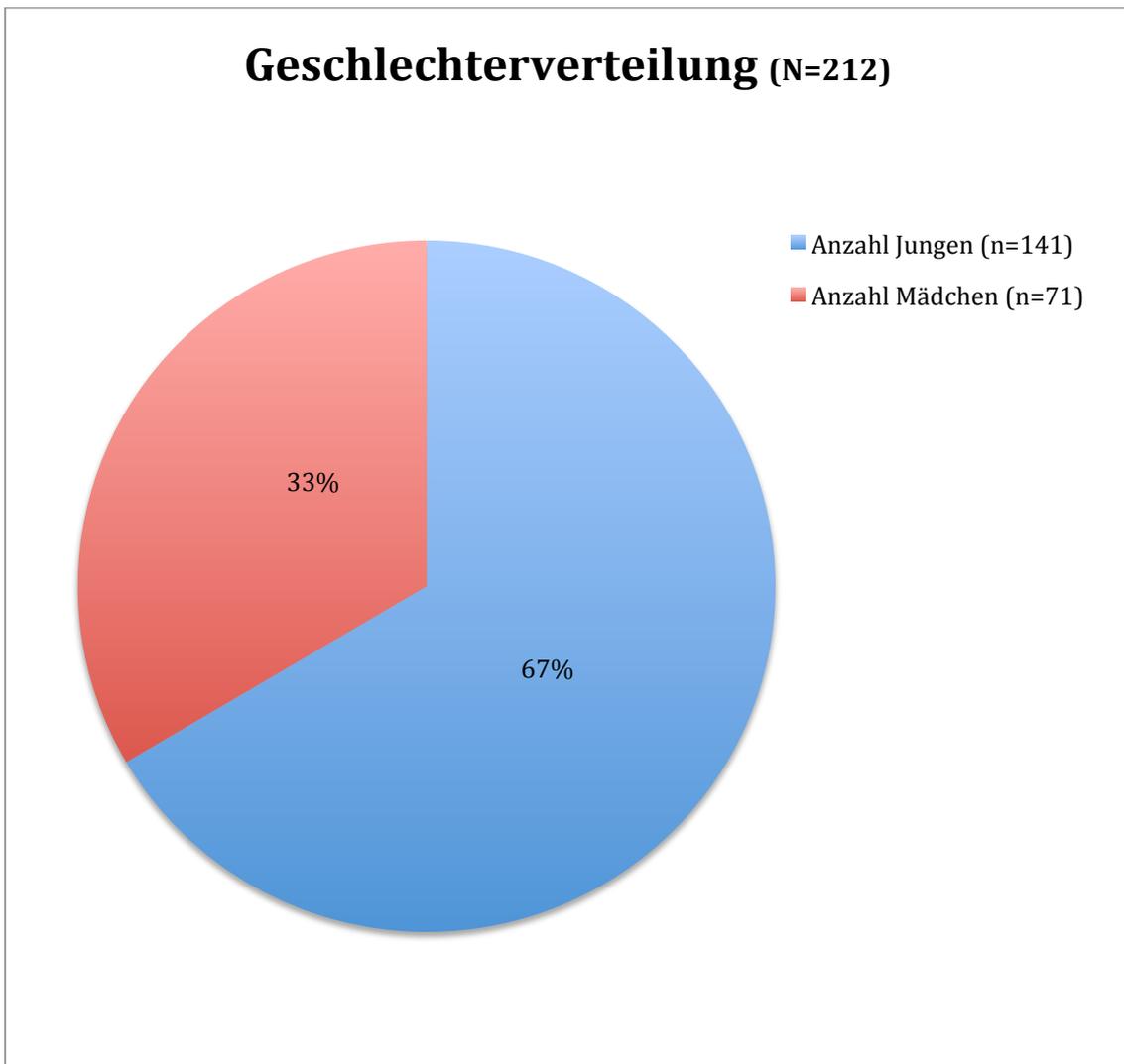


Diagramm 2: Geschlechterverteilung.

3.2 Präklinische Daten

Das auslösende Agens wurde für die Datenerhebung in fünf Kategorien unterteilt, in heiße Flüssigkeiten, heiße Gegenstände, offenes Feuer und Stichflammen durch Explosionen, Elektrizität und sonstige Ursachen, die in keine der ersten vier Kategorien einzuordnen waren. Bei 15 von 212 Patienten war keine Ursache dokumentiert. Für die Auswertung wurde diese aus dem Patientenkollektiv herausgenommen und nicht der Kategorie „Sonstige“ zugeordnet. Mit 147 Fällen handelt es sich um den Hauptteil der Verletzungen um Verbrühungen. Diese entstehen meist durch Ziehen oder Umschütten von Gefäßen mit Flüssigkeiten wie Tee (42 Fälle), Wasser (28 Fälle), Kaffee (20 Fälle), Suppe (8 Fälle) und Milch (2 Fälle). Es gibt jedoch zum Glück seltenere Fälle bei denen das Badewasser zu heiß war, die Wärmflasche ausgelaufen ist, oder es beim Schlachten zu einem Unfall gekommen ist.

Bei heißen Gegenständen (N=17) handelt es sich zumeist um einen Ofen (7 Fälle), eine heißen Grill (5 Fälle) und Herdplatten (2 Fälle). Verbrennungen (N=26) werden bei Experimenten oder unsachgemäßen Umgang mit Feuer verursacht. Wie oben bereits erwähnt handelt es sich hier um ältere Kinder und Jungen. Der Unfallhergang reicht vom Experimentieren mit einer einfachen Kerze (4 Fälle), über Brandbeschleuniger wie Benzin und Spiritus (8 Fälle) zu Spielereien mit Feuerzeug und Haarspray (1 Fall). Acht Kinder stürzten in eine Feuerstelle und bei sechs wurde die Verletzung durch Feuerwerkskörper verursacht. Eine Verbrennung durch Stromschlag mussten nur zwei Jungen erleiden.

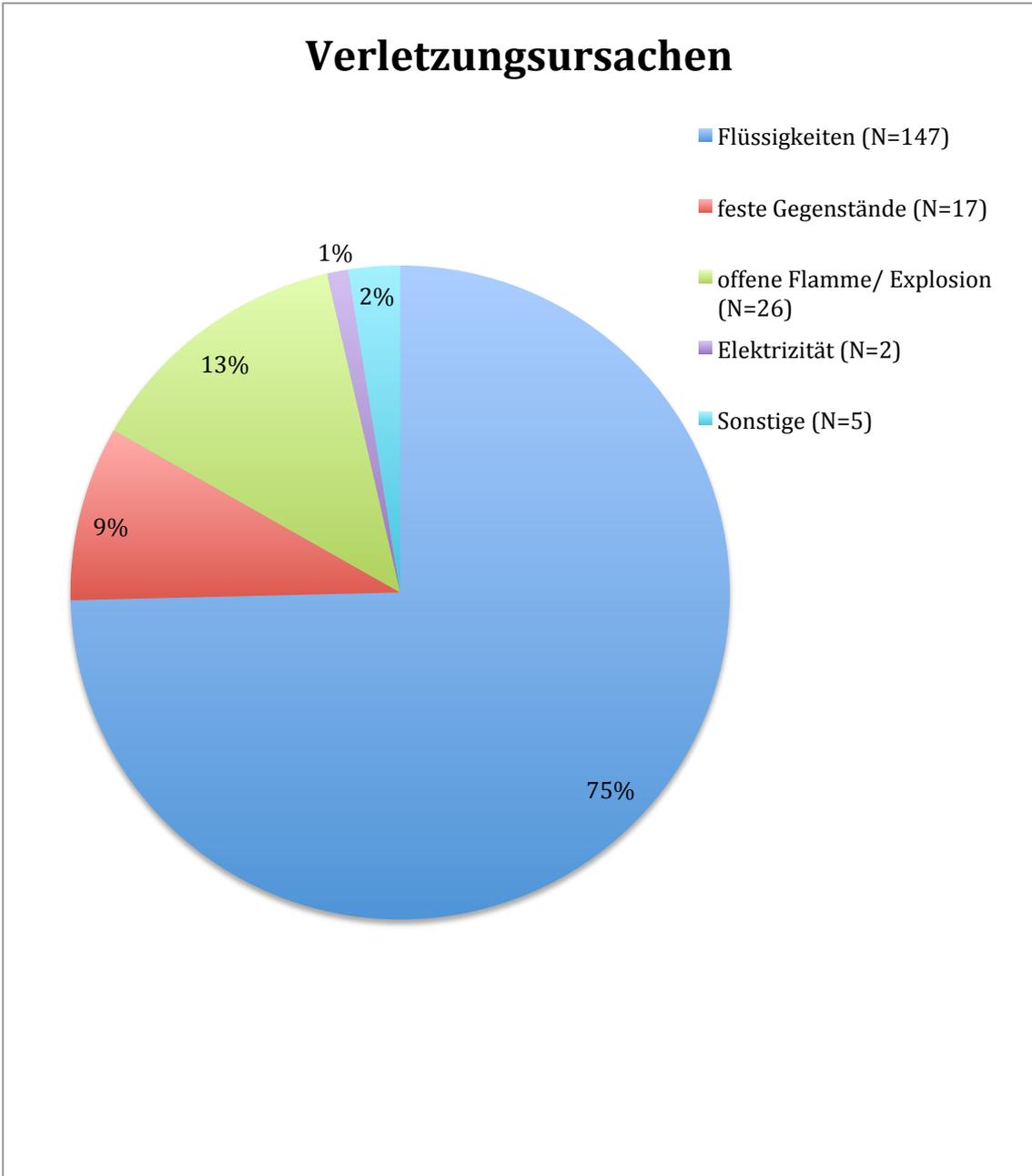


Diagramm 3: Verbrennungsursachen nach Kategorien (N=197).

Hinter der Kategorie „Sonstige“ verbergen sich heiße Luft aus einem Föhn und einem Heißluftgerät, Dampf aus einem Dampfkochtopf, ein Motorradunfall und die Reibungshitze bei einem Unfall mit einer Schleifmaschine (Diagramm 3).

Unterscheidet man das Patientenkollektiv nach dem Unfallmechanismus Verbrühung von anderen thermischen Schäden so zeigen die Ergebnisse, dass sich 93 (63%) Jungen

und 54 (37%) Mädchen an heißen Flüssigkeiten verbrühten (Diagramm 4a) und 48 (74%) Jungen und 17 (26%) Mädchen sich Verletzungen an festen Gegenständen, offenen Flammen, Elektrizität oder Ursachen, die nicht in die vier gerade genannten Kategorien einzuteilen sind, zuführten. So ändert sich für diese Unfallmechanismen das Geschlechterverhältnis von 2:1 auf 3:1 (Diagramm 4b).

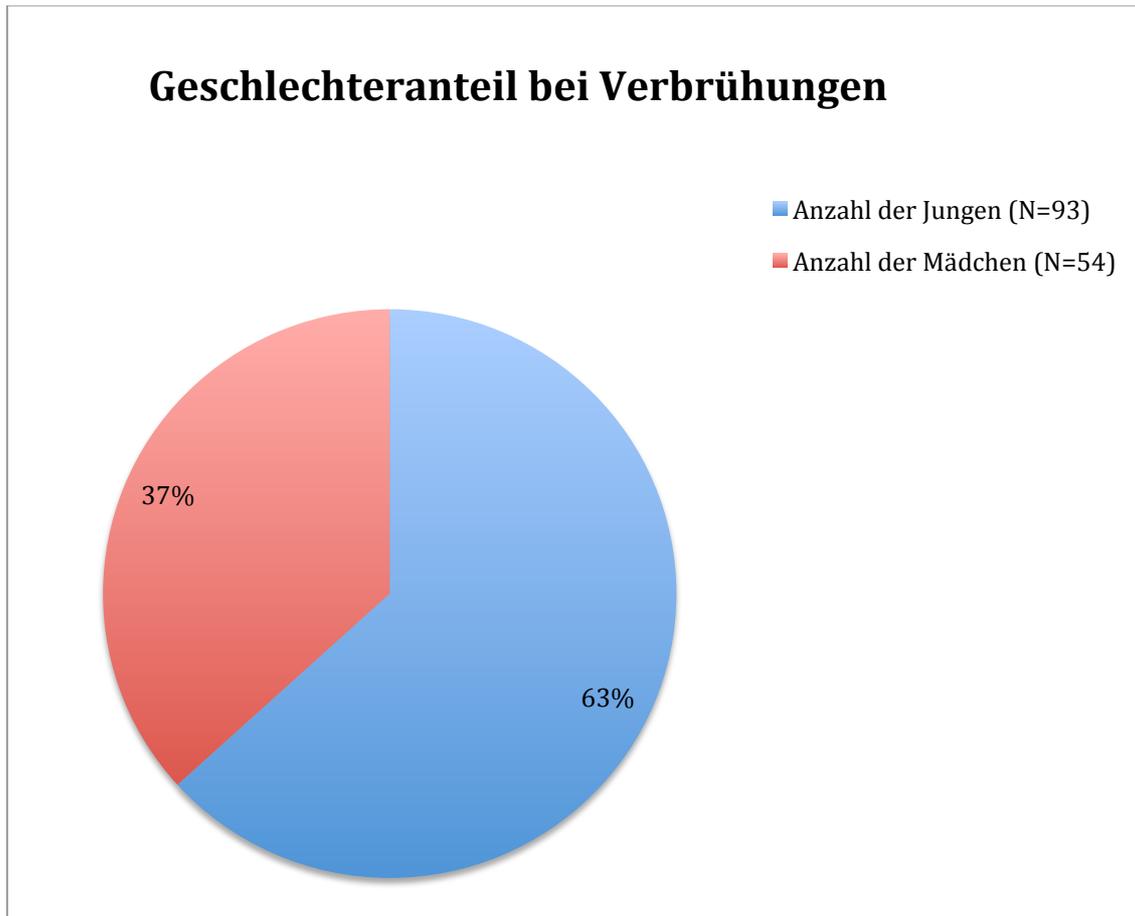


Diagramm 4a: Geschlechterverteilung bei Verbrühungen (Kategorie 1).

Geschlechteranteil der anderen Verletzungen Kategorie 2-5

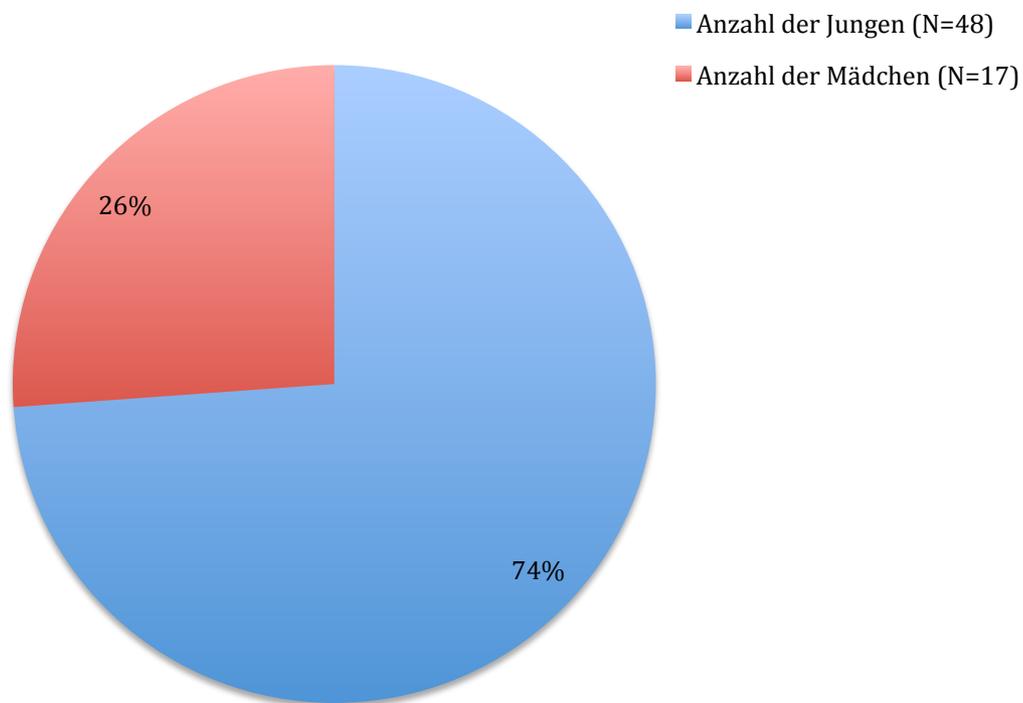


Diagramm 4b: Geschlechterverteilung bei anderen Verletzungen (Kategorie 2-5).

Differenziert man beim Alter bei dem es zu der Verletzung kam zwischen der Unfallart Verbrühung und Verbrennung sieht man dass Verbrühungen einen Altersgipfel im Kleinkindesalter haben während das Vorkommen von Verbrennungen sich bei älteren Kindern häuft. Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 2 verdeutlicht.

Tabelle 2: Differenzierung der Altersverteilung nach Verbrühung vs. Verbrennung und Anzahl der Patienten in Kategorien.

| | Verbrühungen | Verbrennungen |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|
| Anzahl der Patienten | N=147 | N=26 |
| Säugling (0-12 Monate) | 30 | 0 |
| Kleinkind (1-5 Jahre) | 90 | 9 |
| Schulkind (6-13 Jahre) | 23 | 8 |
| Jugendlicher (14-17 Jahre) | 4 | 9 |
| Median | 1,5 Jahre | 9,5 Jahre |
| Mittelwert | 3,7 Jahre | 10,7 Jahre |
| Standardabweichung | 4 Jahre | 5,2 Jahre |

Auf das Geschlecht bezogen wird hier deutlich, dass bei Verbrennungen durch Feuer der Anteil von Jungen noch weiter steigt. Das Geschlechterverhältnis liegt hier bei 5:1 (Diagramm 5).

Geschlechterverteilung bei Verbrennungen (N=26)

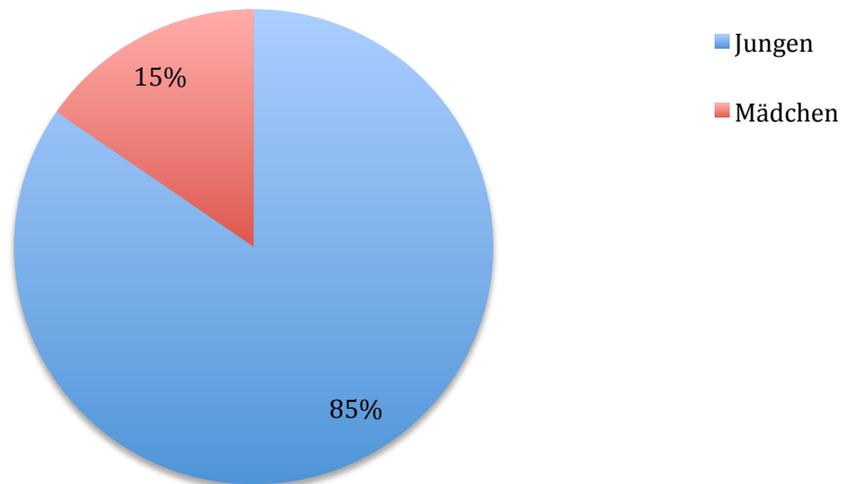


Diagramm 5: Geschlechterverteilung bei Verbrennungen. (N=26)

Ursachen bei Jungen (N=130)

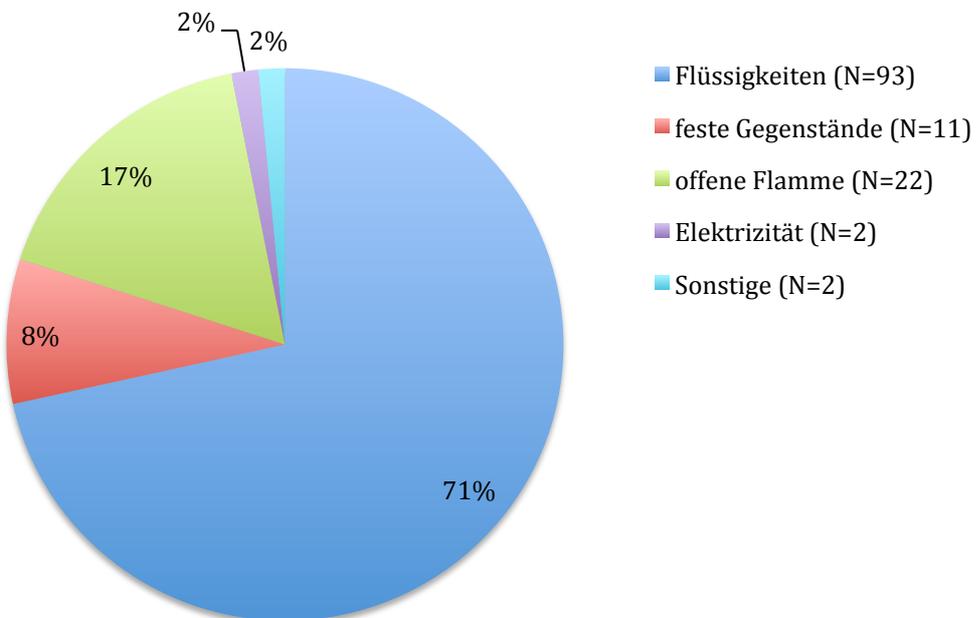


Diagramm 6a: Ursachen nach Kategorien bei Jungen.

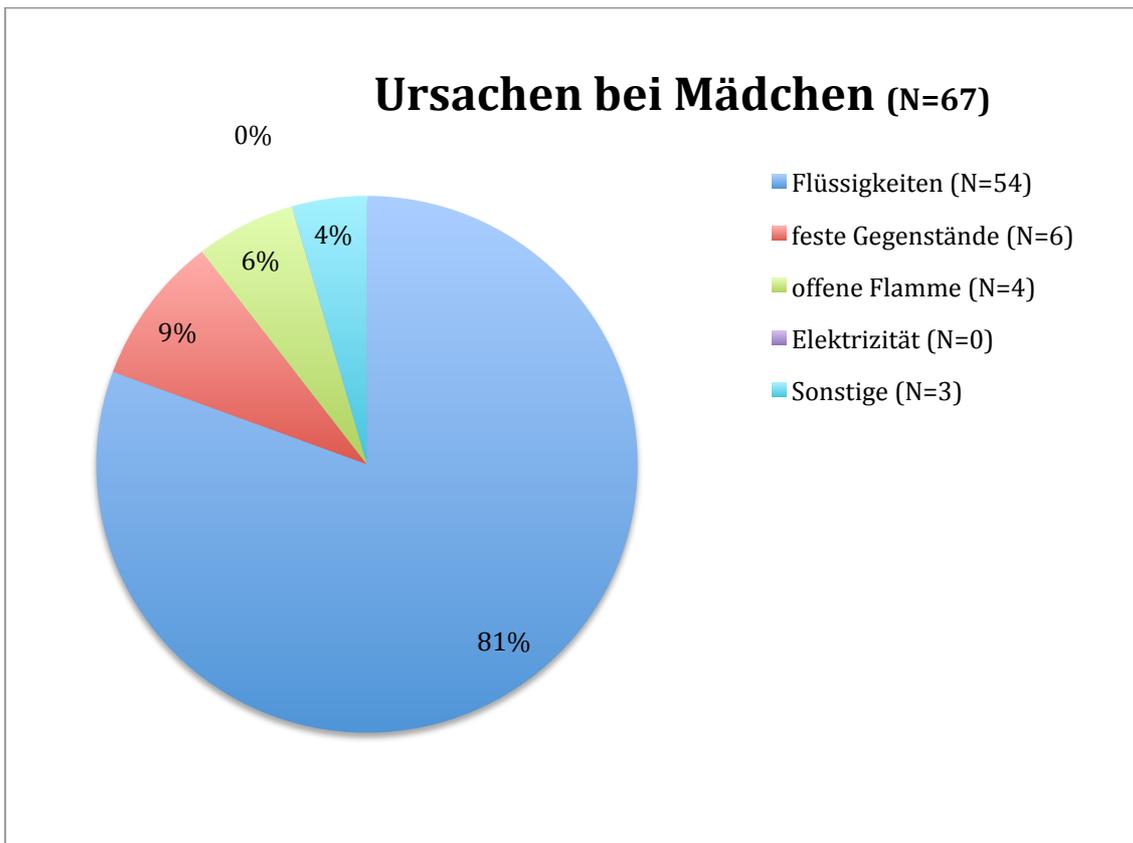


Diagramm 6b: Ursachen nach Kategorien bei Mädchen.

Aller 81% aller stationär aufgenommenen Patienten (173 von 213) wurden in der unserer Klinik erstversorgt. Es wurden 19% (40 Patienten) von umliegenden Krankenhäusern sekundär zu verlegt. Von diesen waren 32 (80%) III°-Verbrühungen/-Verbrennungen.

Bei 33 der primär in unserer Klinik erstversorgten Patienten war retrospektiv der genaue Tageszeitpunkt des Unfalles bekannt. Da die Transportzeiten in unsere Klinik, eventuelle Wartezeiten auf den Transport und der Zeitraum der präklinischen Versorgung der Patienten vor Ort zu variabel und retrospektiv nicht zu erfassen sind, wurde der dokumentierte Zeitpunkt des Eintreffens in unsere Klinik nicht für diese Studie verwendet. Es handelte sich um 26 (79%) Verbrühungen und 7 (21%) Verbrennungen. Von den oben genannten 32 Patienten verletzten sich 53% (17 Patienten) abends und 28% (9 Patienten) nachmittags (Diagramm 7).

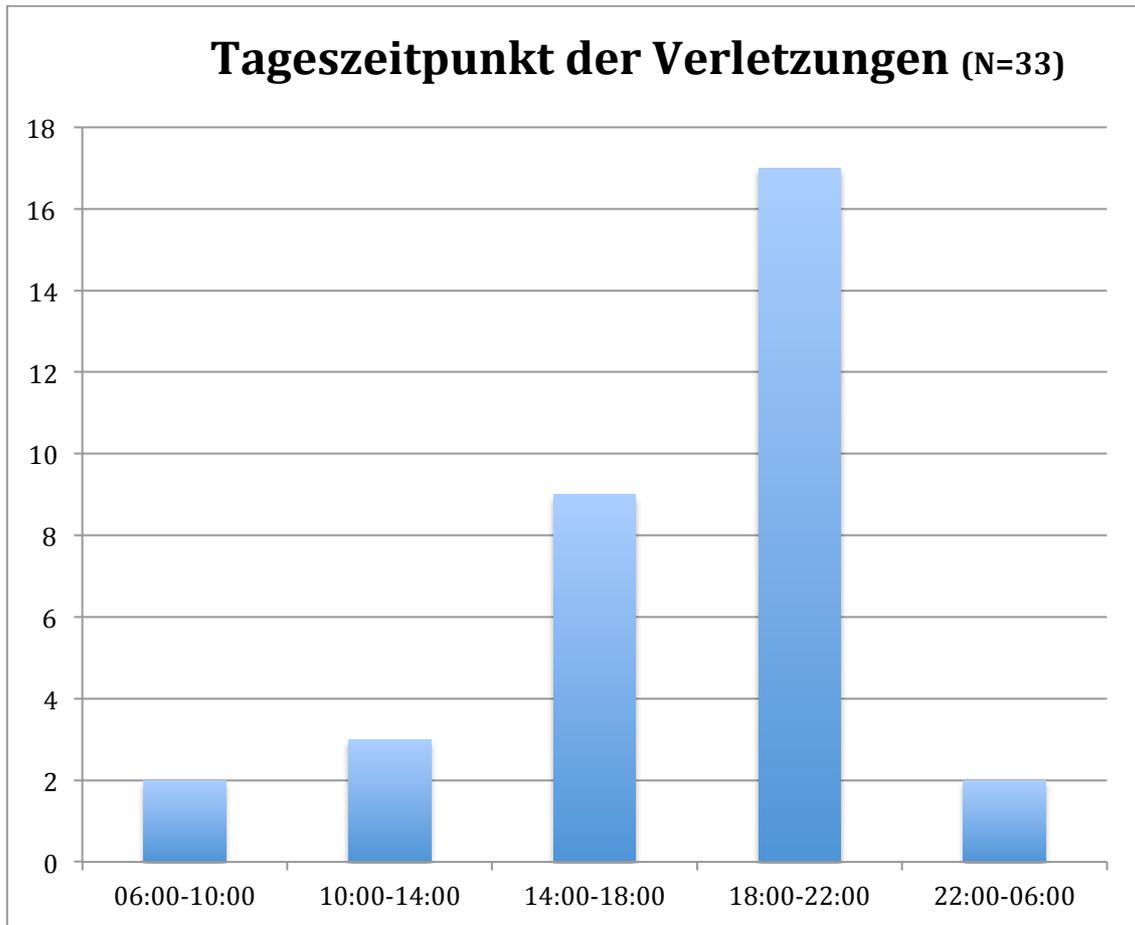


Diagramm 7: Tageszeitpunkt der Verletzung.

Über den Verlauf der Woche gab es keine Häufung von Verbrennungen. Untersucht man über den Erhebungszeitraum von sechs Jahren die Anzahl der Verbrennungen auf die einzelnen Wochentage, so ergibt sich hier kein Unterschied, auch wenn an Sonntagen (32 Stück) und Samstagen (35 Stück) die meisten Verletzungen dokumentiert wurden (Diagramm 8).

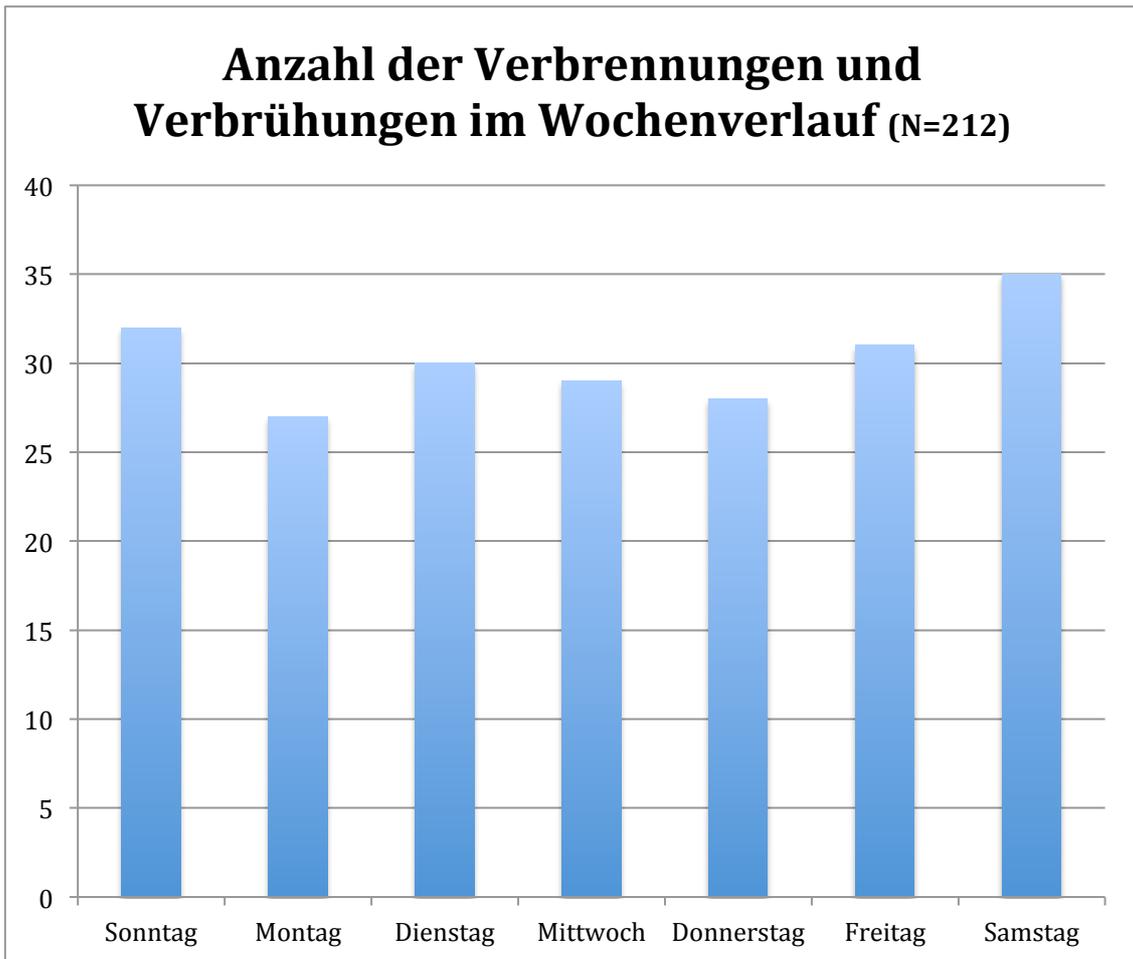


Diagramm 8: Anzahl der Verbrennungen im Verlauf der Woche.

Über den Jahresverlauf gibt es eine Häufung in den Sommermonaten und im Monat Dezember. Hier gab es mit 26 die meisten Unfälle, während im April mit 11 die wenigsten passierten (Diagramm 9). Der Anstieg im Dezember ist allerdings nicht auf die Verwendung von Feuerwerkskörpern zurückzuführen. Von sechs Verbrennungen, die auf die Verwendung von Feuerwerkskörpern zurückzuführen waren, ist nur eine im Dezember geschehen. Eine Verletzung ereignete sich im Januar und der Rest der Verbrennungen verteilt sich auf die Monate Juni (3 Stück) und Juli (1 Stück).

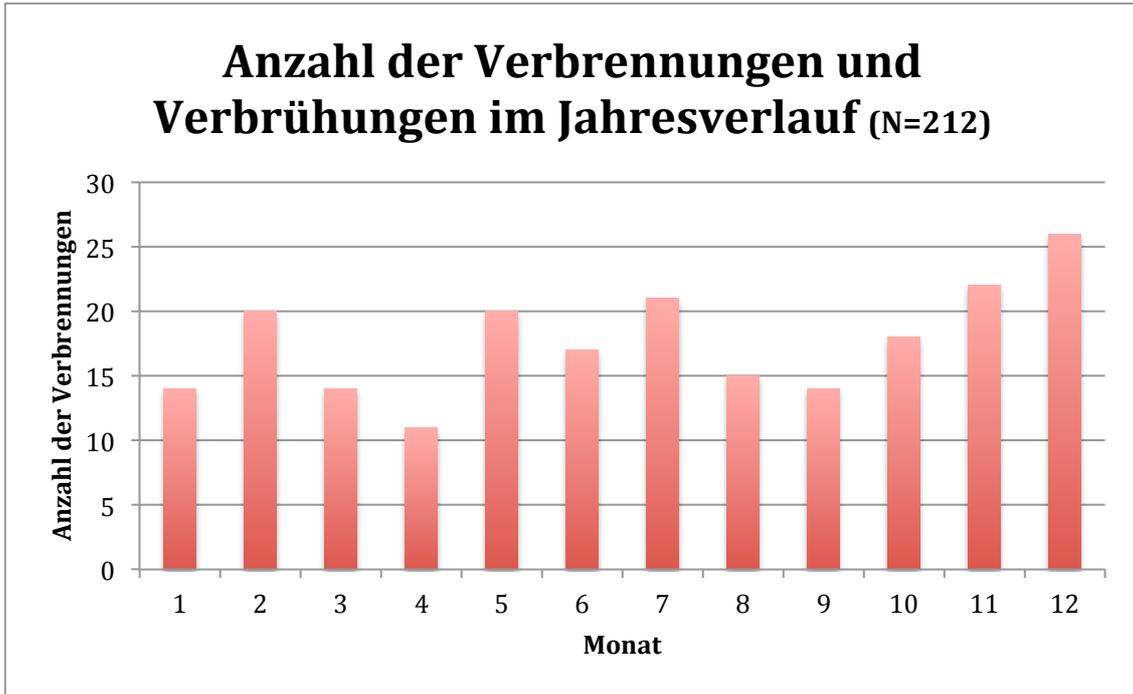


Diagramm 9: Verbrennungen und Verbrühungen im Jahresverlauf.

In den Sommermonaten kam es zu einem gehäuften Vorkommen von Verbrennungen durch Unfälle beim Grillen und im Umgang mit Spiritus. Im Winter wurde kein derartiger Unfall dokumentiert (Diagramm 10).

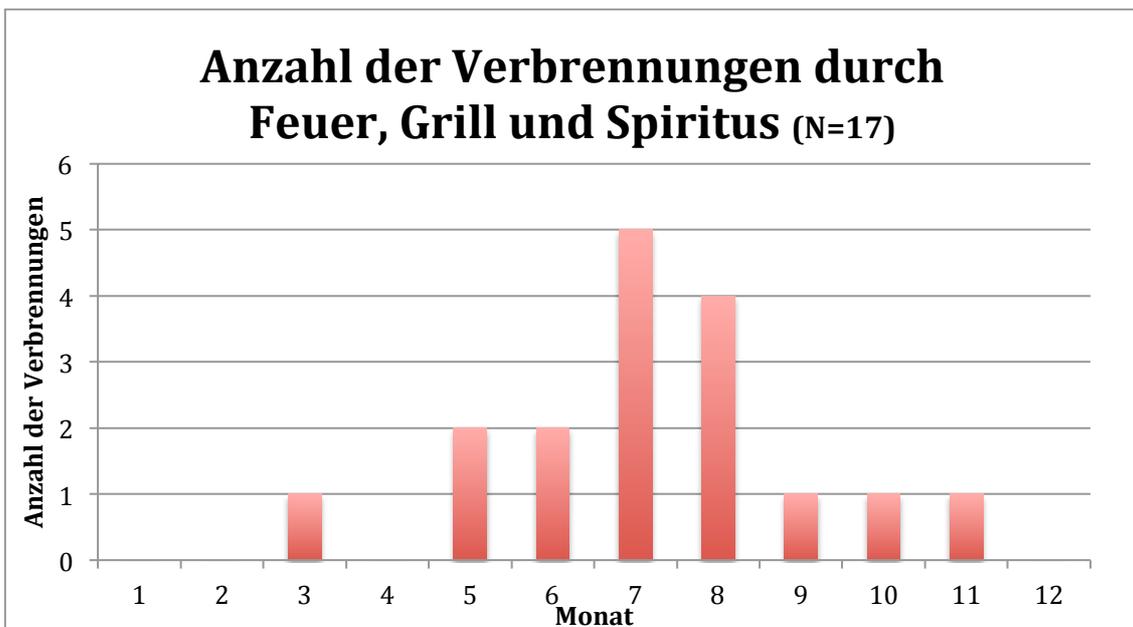


Diagramm 10: Verbrennungen durch Feuer, Grill und Spiritus im Jahresverlauf.

Wenn nur die Verbrühungen alleine im Jahresverlauf betrachtet werden, so zeigt sich der gleiche Kurvenverlauf wie gemeinsam mit den anderen Verbrennungsursachen. Der Anstieg in den Sommermonaten und zum Jahresende blieb (Diagramm 11).

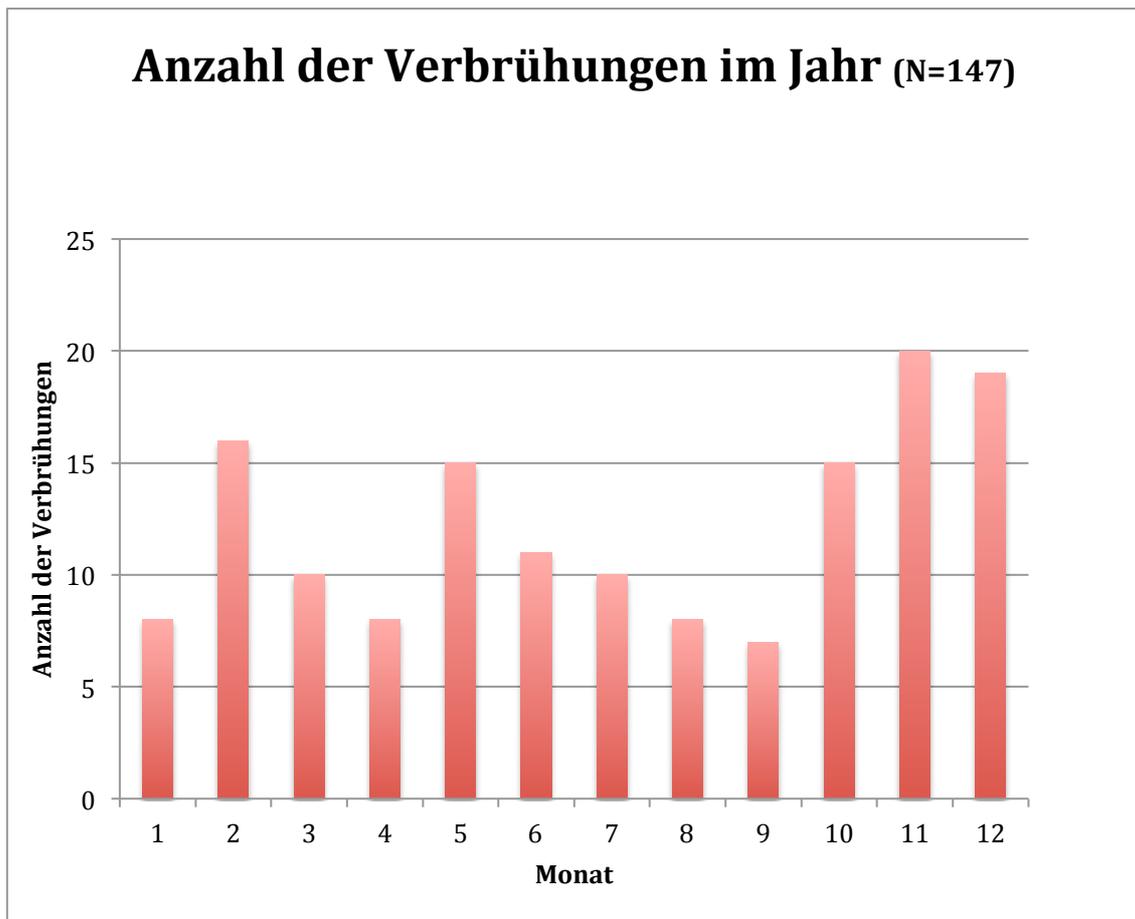


Diagramm 11: Verbrühungen im Jahresverlauf.

Über den gesamten Verlauf der Datenerhebung zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Patientenzahlen im Jahr 2009 von 30 im Vorjahr auf 47 Fälle. Zuvor waren die Zahlen zumeist geringer als die aus dem Vorjahr mit dem tiefsten Stand von 30 Patienten im Jahr 2008 (Diagramm 12).

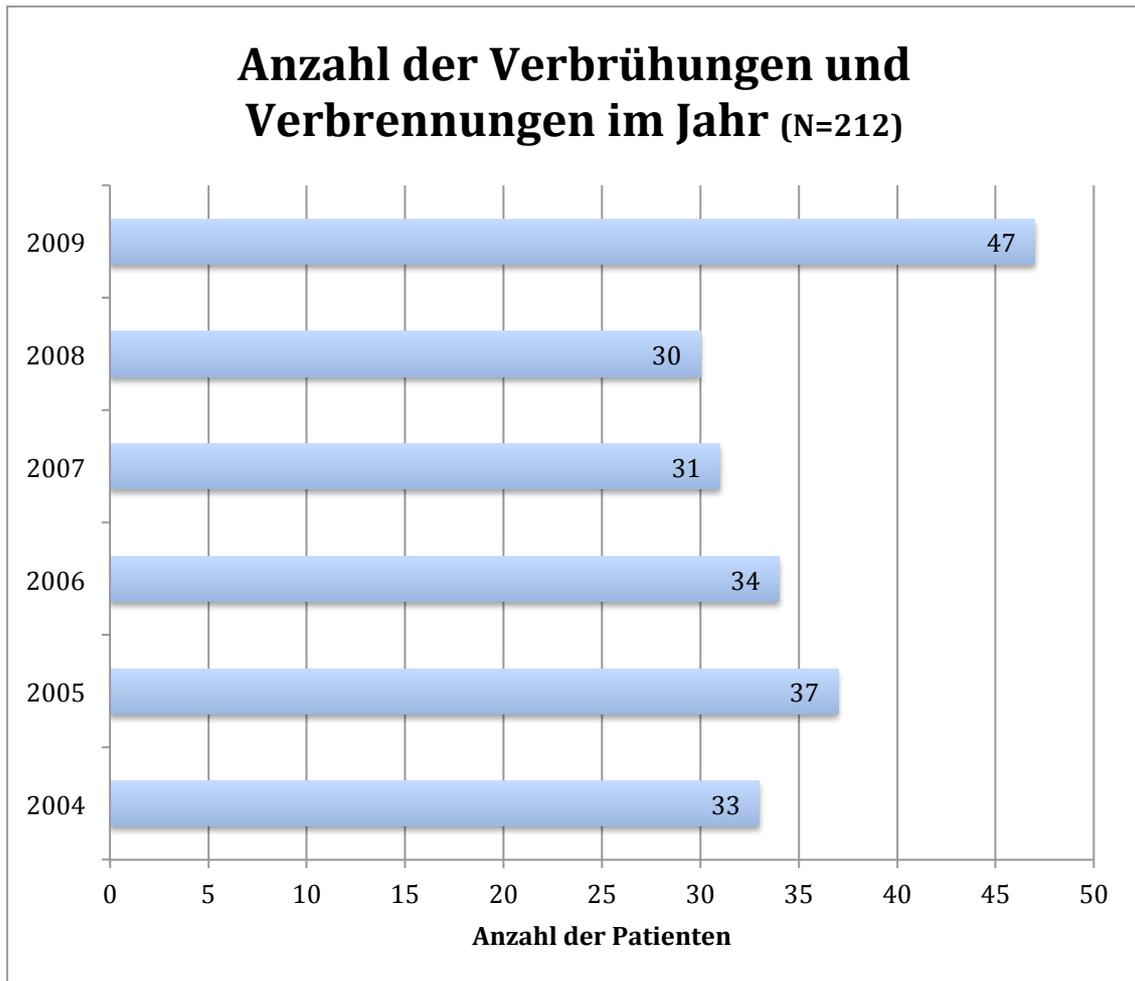


Diagramm 12: Verbrühungen und Verbrennungen von 2004 bis 2009 pro Jahr.

Drei Kinder wiesen Verbrennungen I° auf und machten 1% des Patientenkollektives aus. Ein 11 Monate alter Junge im Gesicht, ein 16 Monate altes Mädchen und ein 19 Monate alter Junge an der Hand. Der Anteil der Kinder mit Verbrennungen II° belief sich auf 52% (N=110) und mit Verbrennungen III° auf 47% (N=99) (Diagramm 13). Bei der Altersverteilung ergab sich kein Unterschied zwischen II°- und III°-Verletzungen. Der Median lag bei 1,8 Jahren (Mittelwert 4,3 Jahre, Standardabweichung 4,4 Jahre) für II°-Verletzungen und bei 1,9 Jahren (Mittelwert 3,5 Jahre, Standardabweichung 3,9 Jahre) für III°-Verletzungen. Zum Vergleich lag der Median des Gesamtkollektives bei 1,8 Jahren (Diagramm 14).

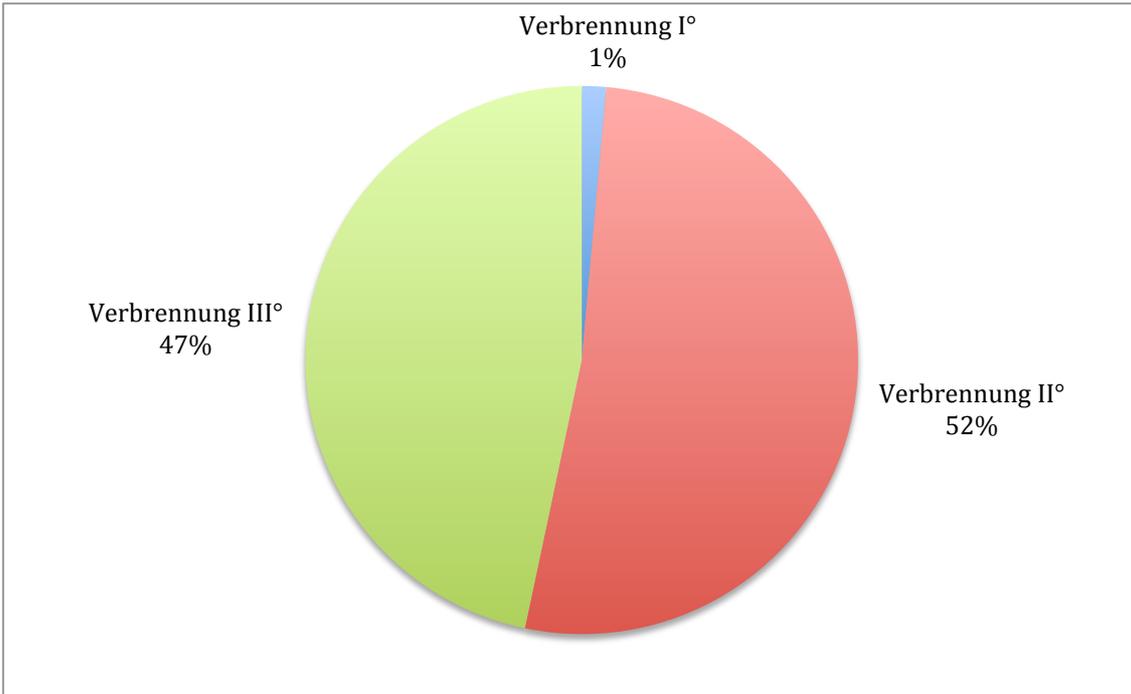


Diagramm 13: Verbrennungen I° (N=3), Verbrennungen II° (N=110) und Verbrennungen III° (N=99).

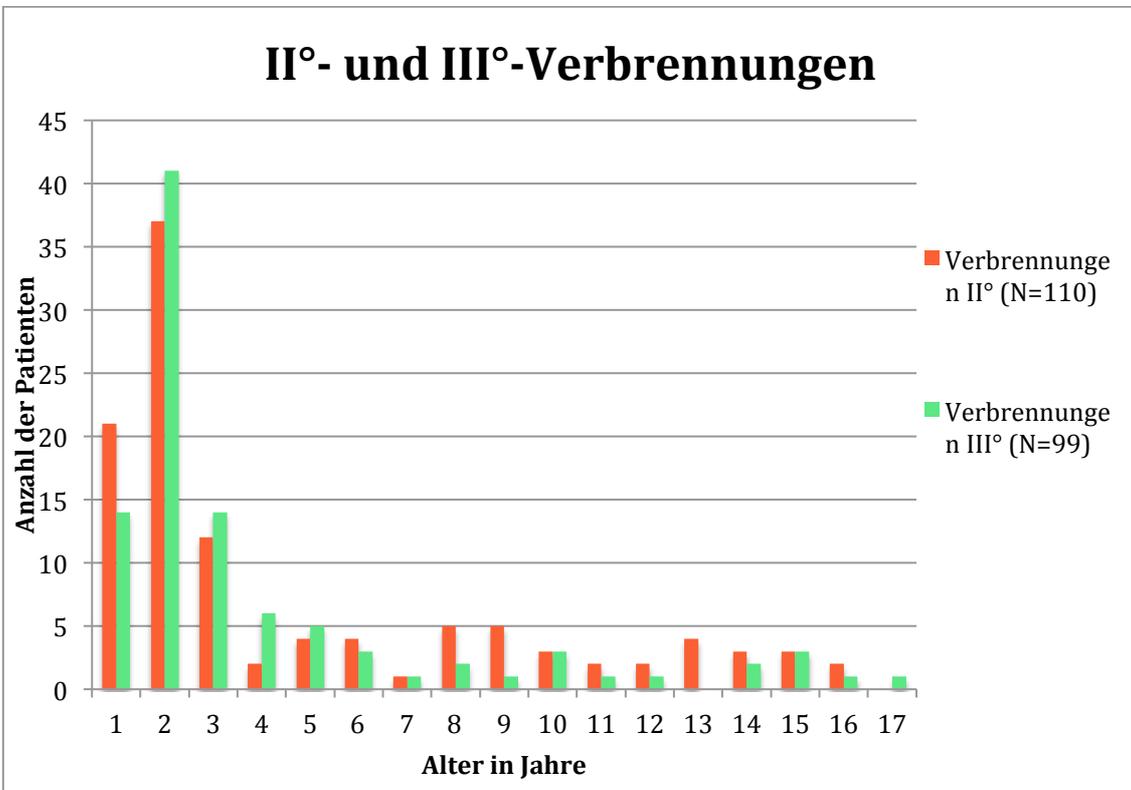


Diagramm 14: II°- und III°-Verbrennungen bezogen auf das Patientenalter.

Nicht immer beschränkte sich die Verbrennung auf ein Körperteil. Bei 89 Patienten (42%) war dies der Fall. 78 Patienten (37%) verbrannten sich zwei, 39 Patienten (18%) drei und 6 Patienten (3%) sogar vier Körperpartien (Diagramm 15).

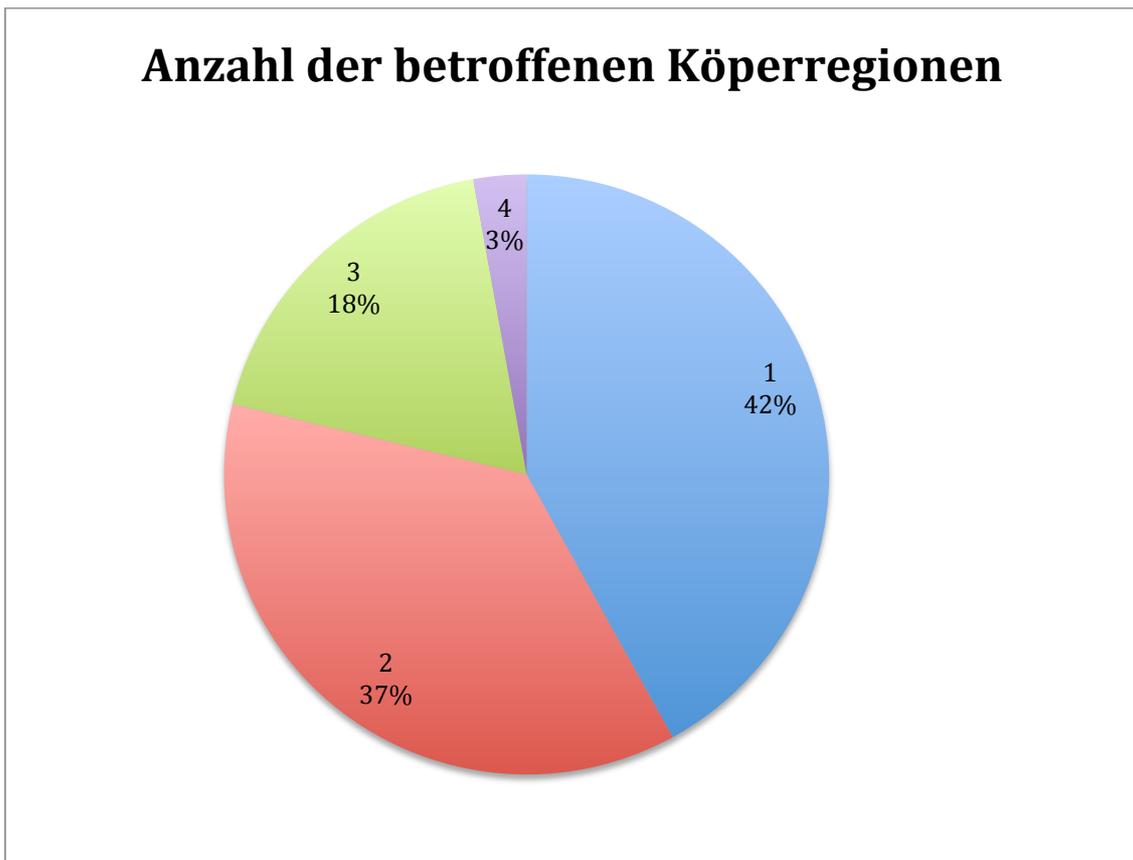


Diagramm 15: Anzahl der betroffenen Körperregionen. 1 Körperregion N=89; 2 Körperregionen N=78; 3 Körperregionen N=39; 4 Körperregionen N=6.

Insgesamt waren von den 213 Patienten 368 Körperpartien betroffen. Bezogen auf die Körperregionen waren Brust (77 Fälle), Arme (74), Beine (60 Fälle) und Gesicht (56 Fälle) am häufigsten von einem thermischen Schaden betroffen. Selten betroffen waren Gesäß (4 Fälle), Genitale (7 Fälle) und Rücken (13 Fälle). Die typische Verletzung betrifft die vordere und obere Körperhälfte (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl und Anteil am Patientenkollektiv der betroffenen Körperpartien.

| Lokalisation | Anzahl der betroffenen Patienten | %-Anteil am Patientenkollektiv |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Gesicht | 56 | 26,4 % |
| Behaarter Schädel | 0 | 0 % |
| Brust / Hals | 77 | 36,3 % |
| Rücken | 13 | 6,1 % |
| Bauch | 24 | 11,3 % |
| Arme | 74 | 34,9 % |
| Hände | 47 | 22,2% |
| Gesäß | 4 | 1,9 % |
| Genitale | 7 | 3,3 % |
| Beine | 60 | 28,3 % |
| Füße | 24 | 11,3 % |

Vergleicht man die Körperverteilung von Verbrühungen mit Verbrennungen zeigt sich für die Verbrennungen ein anders Verletzungsmuster. Die bei Verbrühungen vornehmlich betroffene Brust (53,8% der Fälle), Arme (37,4 % der Fälle) und Beine (34,7 % der Fälle) machen bei Verbrennungen durch den anderen Unfallmechanismus nicht mehr den Hauptteil aus. Es dominieren das Gesicht (53,8 % der Fälle) und die Hände (42,3 % der Fälle) (Diagramm 16).

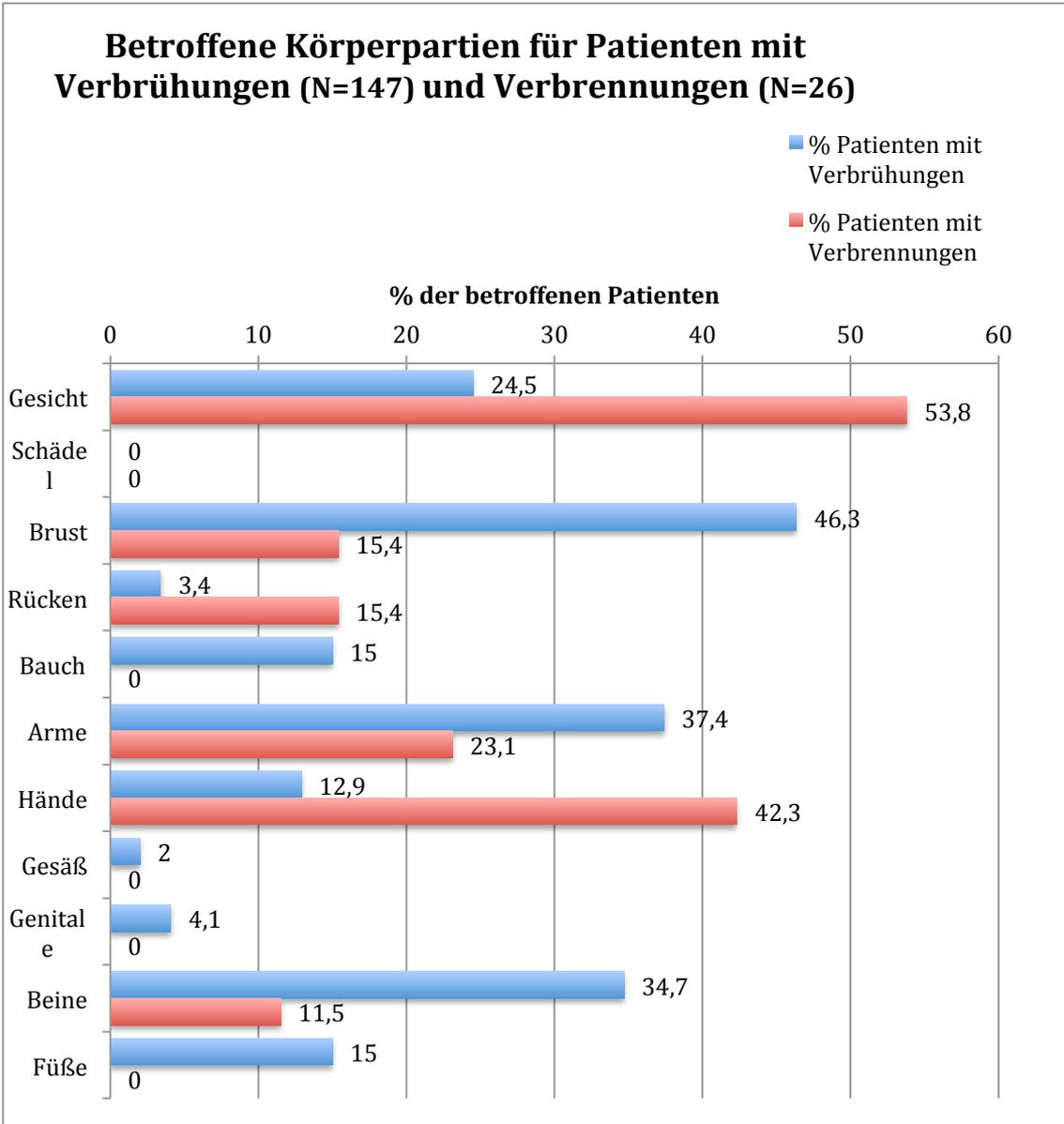


Diagramm 16: Verteilung der betroffenen Körperpartien nach Verbrühung und Verbrennung in %-Anteil des Verbrühungs- bzw. Verbrennungskollektives.

3.3 Klinische Daten und Behandlungsdaten

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer betrug 10,4 Tage, bei einem Median von neun Tagen (Standardabweichung 7,4 Tage). Patienten mit Verbrennungen waren

mit einem medianen Krankenhausaufenthalt von 10 Tagen (Mittelwert 11,9 Tage; Standardabweichung 7,7 Tage) zwei Tage länger stationär als Patienten mit Verbrühungen mit einem Median von 8 Tagen (Mittelwert 10,6 Tage; Standardabweichung 7,7 Tage). Verletzungen III° blieben bei einer Verbrennung im Median 20 Tage (Mittelwert 19,1 Tage; Standardabweichung 7,9 Tage), bei einer Verbrühung 16 Tage (Mittelwert 16 Tage; Standardabweichung 7,5 Tage). Verletzungen II° bedurften einer deutlich kürzeren Behandlung mit 7 Tagen im Median für Verbrennungen (Mittelwert 8,1 Tage; Standardabweichung 4,2 Tage) und 5 Tagen im Median für Verbrühungen (Mittelwert 6 Tage; Standardabweichung 3,8 Tage) (Tabelle 4).

Tabelle 4: Krankenhausaufenthalt für Verbrennungen und Verbrühungen nach Schweregrad der Verletzung.

| | | II° und III° | II° | III° |
|----------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Verbrennungen | Median | 10 Tage | 7 Tage | 20 Tage |
| | Mittelwert | 11,9 Tage | 8,1 Tage | 19,1 Tage |
| | SD | 7,7 Tage | 4,2 Tage | 7,9 Tage |
| | N= | 26 Patienten | 17 Patienten | 9 Patienten |
| <hr/> | | | | |
| Verbrühungen | Median | 8 Tage | 5 Tage | 16 Tage |
| | Mittelwert | 10,6 Tage | 6 Tage | 16 Tage |
| | SD | 7,7 Tage | 3,8 Tage | 7,5 Tage |
| | N= | 147 Patienten | 78 Patienten | 68 Patienten |

Von den oben genannten Patienten verließen sieben mit II°-Verletzungen und einer mit III°-Verletzungen auf Wunsch der Eltern vorzeitig die Klinik. Von diesen Patienten waren alle Opfer einer Verbrühung und keiner einer Verbrennung.

Von den drei Patienten mit I°-Verletzungen blieben zwei bis zum Folgetag. Einer wurde noch am selben Tag aus der stationären Behandlung entlassen. Keiner verließ die Klinik vorzeitig auf eigenen Wunsch.

Eine konservative Behandlung konnte bei allen I°-Verletzungen und bei 99% der II°-Verletzungen (109 von 110 Patienten) durchgeführt werden. Bei einem Fall mit einer II°- und 72% der III°-Verletzungen (71 von 99 Patienten) wurde eine Hauttransplantation durchgeführt. Bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv bedurften 34% aller Patienten eine Hauttransplantation.

Es wurde 28-mal bei dem Vorliegen einer III°-Verletzung keine Hauttransplantation durchgeführt. Bei 19 Patienten war das III° verbrannte Areal so klein, dass von einer Operation abgesehen werden konnte. Bei sechs Patienten wurde eine Operation durch die Eltern abgelehnt. Bei zwei Patienten musste eine Operation auf Grund von respiratorischen Infekten verschoben werden und es kam zu einer Defektheilung des Bereiches. Bei einem Kind mit schwerer geistiger Retardierung, PEG und Immobilität wurde die Narbenbildung in Kauf genommen und ebenfalls auf eine Operation verzichtet.

Als Verfahren für die 72 Hauttransplantationen wurde bei allen Patienten eine Spalthauttransplantation durchgeführt. Entnommen wurde das Gewebe bei 55 Patienten (76%) an der behaarten Kopfhaut, bei 10 Patienten (14%) am Unterschenkel und bei 5 Patienten (7%) am Oberschenkel. Bei 2 Patienten wurde zusätzlich zur Entnahme vom Kopf auch von den Beinen entnommen. Es wurde nur bei 2 Patienten am Arm Haut entnommen.

Bei keinem Patienten war postoperativ eine Transplantatabstoßung zu verzeichnen. In einem Fall war es zu einer zu tiefen Entnahme der Spalthaut mit konsekutiver Alopezie am Entnahmeort und Haarwachstum an der Transplantationsstelle gekommen.

An Begleiterkrankungen kam es bei sieben Patienten zu einem respiratorischen Infekt, einmal zu einer Gastroenteritis und zu einem Virusexanthem während des stationären Aufenthaltes. Ein Patient entwickelte eine allergische Reaktion auf das Verbandsmaterial.

Eine Kompressionstherapie wurde bei 4 Patienten mit II°-Verletzung und bei 82 (83%, N=99) Patienten mit III°-Verletzung durchgeführt.

4 Diskussion

Thermische Verletzungen stellen in Deutschland nach Verkehrsunfällen und Ertrinkungsunfällen die dritthäufigste Ursache schwerer Unfälle im Kindesalter dar [5]. Von den 16.086 Verbrennungspatienten im Jahr 2009 waren 5.974 Kinder [1]. Der hohe Anteil thermischer Verletzungen im Kindes- und Jugendalter an der Gesamtunfallhäufigkeit und den Verbrennungspatienten erfordert eine Untersuchung von Unfallursachen um eine gezielte Prävention zu Vermeidung durchführen zu können. Deshalb sollte in dieser Arbeit die thermischen Verletzungen des Würzburger Patientenkollektives evaluiert werden. In der Abteilung für Kinderchirurgie des Universitätsklinikums der Julius-Maximilians-Universität Würzburg wurden im Zeitraum vom Januar 2004 bis Dezember 2009 insgesamt 212 Kinder und Jugendliche stationär behandelt. Hierbei handelt es sich fast ausschließlich um tiefe II°- und III°-Verletzungen. Leichte Verbrennungen und Verbrühungen I° werden ambulant behandelt und oft nicht in einer Klinik vorgestellt.

Es bestand ein auffallendes Muster im Alter der Kinder. Bei den betrachteten Patienten waren Kleinkinder häufiger eine thermische Verletzung betroffen. Vereinbar mit anderen Studien war der Großteil der Patienten mit einem Median von 22 Monaten jünger als drei Jahre [57-63]. In dieser Altersklasse befanden sich 67% aller in der Studie eingeschlossenen Patienten. Die hohe Inzidenz der thermischen Verletzungen von Kleinkindern spiegelt die Unreife, den Mangel an Koordination und die nicht ausreichend ausgebildete Risiko- und Gefahren einschätzung in dieser Altersklasse wieder. Zusätzlich spielt eine nicht ausreichende Supervision und häusliche Sicherheit eine Rolle in dem Auftreten von Verbrennungen. Dieses Ergebnis zeigt, dass Kinder die jünger als 3 Jahre sind mehr Aufmerksamkeit bezüglich der Prävention von Verbrennungen benötigen. In Israel sind die meisten betroffenen Kinder noch jünger, als der von uns festgestellte Median von 22 Monaten. Hier waren 44% der betroffenen Kinder unter 12 Monate alt, 30% waren zwei bis vier Jahre alt

[59]. Dieser Unterschied wird mit den dort üblichen sehr tiefen Tischen erklärt, die ein Säugling, wenn er krabbeln kann leicht erreicht und bei der „Entdeckungstour“ Gefäße umstoßen kann. In unseren Breiten gelingt dies erst, wenn die Kinder anfangen zu Laufen und zu Stehen.

In unserer Studie waren Jungen mit 2:1 häufiger betroffen als Mädchen. Dies deckt sich mit anderen Studien [57-61, 63], wobei das Verhältnis in Ländern wie der Türkei und Tansania [57, 64] oft mit 1,4:1 etwas geringer ausfällt. Es gibt jedoch auch Publikationen, in denen mehr Mädchen betroffen waren [65, 66]. Dieser höhere Anteil an thermischen Verletzungen von Jungen könnte durch eine andere Wahrnehmung, einer anderen Einstellung zu Risiko und die vermehrte Exposition zu riskanteren Verhaltensweisen erklärt werden und ist konsistent mit der insgesamt höheren Inzidenz von Verletzungen im Allgemeinen in der männlichen Bevölkerung [67, 68]. Die Geschlechtsverteilung in unserem Patientenkollektiv bleibt für thermischen Verletzungen durch Verbrühung über die verschiedenen Altersklassen bei 2:1, betrachtet man jedoch nur Verbrennungen, ohne Kontaktverbrennungen durch heiße Gegenstände, steigt sie auf 5:1. Die betrachteten Fälle mit einer Verbrühung betrafen vorwiegend Kinder im Kleinkindesalter, also in einem Alter von einem bis sechs Jahren. Die Verteilung zwischen männlichen und weiblichen Patienten bleibt bei 2:1. Bei Verbrennungen sind vor allem ältere Kinder im Focus. In unserer Studie lag der Median vom Alter bei Verbrennungen bei 9 ½ Jahren, mit einer starken Dominanz von männlichen Patienten. In diesem Alter steigt die Experimentierfreudigkeit und Risikobereitschaft der Kinder. Mit zunehmendem Alter nimmt der Geschlechtsunterschied bei Verbrennungen zu. Auch dieses vermehrte Auftreten von Verbrennungen bei Jungen in der Adoleszenz ist nicht unbekannt [59, 61, 63]. Die Ursachen von Verbrennungen waren immer mit dem Experimentieren von Feuer verbunden, sei es mit Kerzen, Spiritus oder Feuerwerkskörpern. Dieses Verhaltensmuster erklärt das vermehrte Auftreten von Verbrennungen in dieser Arbeit. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit zeigt sich als typisches Kind mit einer Verbrennung ein Junge, der dem Kleinkindesalter entwachsen ist. Eine Verbrühung

hingegen betrifft vorwiegend junge Kleinkinder, wobei hier Jungen auch ein höheres Risiko aufweisen, diese zu erleiden. Nur selten entstand die Verbrühung oder Verletzung durch die Unachtsamkeit einer anderen Person. Inwieweit eine Verbrennung fremd- oder eigenverschuldet war ist bei dem vorliegenden Patientenkollektiv nicht ausreichend dokumentiert.

Es zeigte sich, dass 75% der betrachteten 212 Fälle eine Verbrühung erlitten. Dies war mit Abstand die Hauptursache für die thermischen Verletzungen in unserem Patientenkollektiv. Sowohl national, als auch international konnte ein ähnliche Anteil von Verbrühungen an der Gesamtzahl der thermischen Verletzungen gezeigt werden [58, 60, 61, 69]. Die kindliche Neugierde, Impulsivität, schlechte Bewegungskontrolle und die Neigung zu Dinge sprichwörtlich zu „begreifen“ zeigt sich hier. Die meisten Kinder ziehen auf Grund von Neugierde an Tischdecken oder Gegenständen, wie zum Beispiel Tassen mit heißen Tee oder Kaffee. Hierbei verletzen sich versehentlich selbst durch das Verschütten der heißen Flüssigkeit. Gerade in Küche und Bad ist vermehrt zur Vorsicht geboten, da sich hier die meisten Verbrühungen des häuslichen Umfelds ereignen [70]. Man könnte sagen, Tee sei gefährlicher als Kaffee und Milch am wenigsten bedenklich, da als ursächliches Agens Tee die meisten Verbrühungen verursachte und Milch die wenigsten. Doppelt so oft wie bei Kaffee, fast eineinhalb mal so oft wie bei Wasser und zwanzigmal so häufig wie bei Milch ist es Tee, der die Verbrühung verursacht. Da jedoch das Verbrennungsausmaß für die genannten Flüssigkeiten gleich ist, alle auf H₂O basieren und somit die gleichen physikalischen Eigenschaften besitzen und der Unfallmechanismus der gleiche ist, ist dies für die Therapie irrelevant.

Bei der Verteilung des Auftretens der thermischen Verletzungen über das Jahr bot sich bei unserem Patientenkollektiv eine Häufung zum Ende des Jahres (Diagramm 9). Auf einen vermehrten Gebrauch von Feuerwerkskörpern ist dies nicht zurückzuführen, da sich 2/3 der Verbrennungen durch Feuerwerkskörper im Sommer ereigneten. Kai-Yang et al. sahen in ihrem Review von Daten aus der Volksrepublik China keine Häufung im

Jahresverlauf [60]. Daten aus Irland und Kanada zeigten eine Häufung von Verletzungen im Sommer [61, 71] während Chien et al für Taiwan [72] und Dedovic et al. für Tschechien [73] eine Häufung im Frühjahr beschrieben. Ersteres konnten wir für das Auftreten von Verbrennungen bestätigen (Diagramm 10), wohingegen Verbrühungen (Diagramm 11) bei uns eine Häufung zum Jahresende aufwies. Ob hier ein vermehrter Konsum von Tee und Kaffee in der kälteren Jahreszeit ursächlich ist, kann nur gemutmaßt werden. Daraus erklärt sich nicht die geringe Anzahl von Verbrühungen unseres Patientenkollektives im Januar. Insgesamt spielen bei der Verteilung über das Jahr jedoch kulturelle Besonderheiten und Lebensumstände eine zu große Rolle. Also regionale Effekte, die eine saisonale Verteilung von Verbrennungen und Verbrühungen begünstigen. Ein vermehrtes Aufkommen von thermischen Verletzungen muss regional erfasst werden um die Ursache einer gezielten Prävention zuzuführen. Ein Beispiel hierfür ist die „Paulinchen – Initiative für brandverletzte Kinder e.V.“ die neben anderen Maßnahmen jeden Sommer, pünktlich vor der Grillsaison eine Initiative zur Prävention von Brandverletzungen durchführt. Dass solche Präventionsmaßnahmen zur Reduktion von Verbrennungen erfolgreich sein können, ist bereits belegt worden [60, 61, 74, 75]. Über den Erhebungszeitraum von sechs Jahren der Studie war von 2005 bis 2008 jedes Jahr eine Verringerung der Inzidenz von thermischen Verletzungen im Raum Würzburg zu verzeichnen. Worauf der deutliche Anstieg von 2009 um 57% zum Vorjahr zurückzuführen ist, ist unbekannt, da soweit uns bekannt, keine neuen Präventionsmaßnahmen begonnen oder bestehende beendet wurden.

Es konnten die von uns gesehene Häufung von Verletzungen in den Stunden des späten Nachmittags und frühen Abends in anderen Studien bestätigt werden [60]. Dies zeigt einen Zusammenhang von thermischen Verletzungen beim Kochen, sowie mit dem Konsum heißer Getränke am Nachmittag. Diese Häufung betrifft sowohl die Verbrühungen, als auch die Verbrennungen [58]. Bei Präventionsmaßnahmen sollte auf diese erhöhte Gefährdung in den Abendstunden hingewiesen werden.

Bei der Literaturrecherche wurde keine Studie gefunden, die das Auftreten von Verbrennungen und Verbrühungen im Wochenverlauf gesondert aufführt. Ob dies

daran liegt, dass hier wie in unserer Untersuchung keine signifikante Häufung an einem bestimmten Wochentag auftritt oder nicht gesondert erfasst wurde, kann nur gemutmaßt werden.

Die drei am häufigsten betroffenen Körperregionen der Verbrennungs- und Verbrühungsverletzung waren Brust/Hals (in 36% der Fälle), Arme (in 35% der Fälle) und Beine in 29% der Fälle. Von 42% unserer Patienten war nur eine Körperregion betroffen. Oft kommt es jedoch zu mehrfach Verletzungen. So hatten noch 37% der bei uns behandelten Patienten zwei, 18% drei und 3% vier betroffene Körperteile. Dies deckt sich mit Erfahrungen anderer Untersuchungen [62, 63]. Mitunter ist der Vergleich jedoch schwierig, da international bisweilen erhebliche Unterschiede bestehen, was als eigene Körperregion aufzufassen ist.

Das Verteilungsmuster welche Körperteile geschädigt sind unterschied sich, abhängig ob eine Verbrennung oder Verbrühung vorlag. Durch das Herabziehen von Gefäßen und dem konsekutivem Überschütten des Körpers mit heißen Flüssigkeiten kommt es zu einer typischen Verletzungslokalisierung an Brust, den oberen Extremitäten und Beinen [57, 62, 63]. Auch die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen bei Patienten mit einer Verbrühung dieses Verteilungsmuster. Von Patienten mit einer Verbrühung war in 46% aller Fälle die Brust betroffen. Arme (37%), Beine (34%) und das Gesicht (26%) machen ebenfalls einen nicht unerheblichen Teil aus. In vielen anderen Studien ist der Anteil der Verbrühungen an den oberen Extremität höher [57, 60], als die bei dieser Arbeit der Fall ist. Diese Arbeit unterteilt jedoch in Arm und Hand. Mit 13% der Fälle mit Verbrühungen der Hand liegt die absolute Anzahl der verletzten oberen Extremitäten höher. Beim Unfallmechanismus der Verbrühung ist jedoch wichtig zu wissen, dass die alleinige Anwesenheit der Eltern nicht ausreichend ist um diese zu verhindern. Nach einer Erhebung der Universität Lübeck ereignen sich 76% der Verbrühungen unter Aufsicht [58]. Dies deckt sich mit Erfahrungen mit Verbrühungen aus den USA [62]. Somit ist nicht die Aufsicht der Kinder, sondern vielmehr eine Prävention durch Schutz vor zu heißen Flüssigkeiten zu achten. Bei „zu heißen Flüssigkeiten“ muss man jedoch

als Erwachsener bedenken, dass bei Kindern bereits geringere Temperaturen und geringere Einwirkzeiten ausreichen, um schwere Verbrennungen zu verursachen [26]. Durch das Experimentieren mit Feuer liegt bei Verbrennungen ein anderer Mechanismus zu Grunde. Dies spiegelt sich auch in dem Verteilungsmuster der betroffenen Körperregionen wieder. Bei einer Verbrennung war bei jedem zweiten Patient das Gesicht (54% der Fälle) und bei 42 % die Hand betroffen. Der Arm war „nur“ in 23% der Fälle betroffen. Die Verletzung der Hände ist durch die direkte Flammeneinwirkung beim Beginn, Modifizieren oder Löschen des „Feuerexperimentes“ bedingt. Das der Kopf häufiger betroffen ist, als es bei Verbrühungen der Fall ist liegt meist an einer Verpuffung mit aufsteigender Flamme. Verbrennungen finden in viel größerem Ausmaß als Verbrühungen statt, wenn die Kinder unbeaufsichtigt sind [58]. Da im Kinder- und Jugendalter die Zeiten ohne Aufsicht häufiger und länger werden, muss hier die Prävention anders als bei Verbrühungen mehr die Kinder selbst im Focus haben. Hier sollte es die Aufgabe sein, den Kindern die Gefahren des Experimentierens mit Feuer zu zeigen und sie im richtigen Umgang zu schulen. Man kann die Faszination die Feuer auf den Menschen hat nicht unterdrücken, so sollte man den adäquaten Umgang mit diesem gefährlichen Element lehren.

Die Tatsache dass nur 1,4 % unserer Patienten I°-Verletzungen hatte zeigt, dass bei diesen oberflächlichen Verletzungen eine stationäre Aufnahme in der Regel nicht notwendig ist. Eine ausreichende Analgesie kann ambulant gewährleistet werden. Es ist davon auszugehen, dass der Großteil der Patienten mit I°-Verbrennungen den Weg nicht in klinische Behandlung begibt und die 5.974 Verbrennungskinder aus dem Jahr 2009 bei weitem nicht die einzigen verbrannten Kinder waren. Die Dunkelziffer ist nicht abzuschätzen. II°- und III°-Verletzungen halten sich in unserem Patientenkollektiv mit 52% II°- und 47% III°-Verletzungen die Waage. Dies entspricht dem, was auch in anderen Ländern wie den USA [63], Israel [59], aber auch in Tansania [57] gesehen wird. Anders als Shields et al. in einer 5.156 Fällen umfassenden Erhebung aus den USA [63]sahen wir keinen Unterschied in der Altersverteilung der Verbrennungstiefe. II°-

und III°-Verletzungen hatten mit 1,8 und 1,9 Jahren einen ähnlichen Median in der Altersverteilung, wohin gegen bei Shields ältere Kinder vermehrt III° verletzt waren. Diese Diskrepanz kann in unseren sehr viel kleinerem Patientengut begründet sein.

In Ländern der Dritten Welt wie Tansania (12,9% der Patienten) [57] werden weniger Patienten einer Hauttransplantation zugeführt als es bei unserem Patientenkollektiv (34% der Patienten) der Fall war. Es gibt keine augenfällige Erklärung für den Unterschied. Es konnte bereits gezeigt werden, dass ein Debridement und die Hauttransplantation die Handhabung von tiefen Verbrennungen erleichtert und das Vorkommen von infektiösen Komplikationen, sowie die Mortalität reduziert, die Länge des stationären Krankenhausaufenthaltes verringert und das funktionelle und ästhetische Outcome verbessert [76]. Der Unterschied könnte in der meist sehr späten Vorstellung der Patienten in Afrika mit konsekutiv vermehrten Wundinfektionen bei Vorstellung, aber auch in einer moderneren Infrastruktur in Deutschland und einem Mangel in Tansania begründet sein.

In unserem Patientengut wurden nicht alle III°-Verletzungen transplantiert. Zum Teil wurde bei sehr kleinen Wundarealen bewusst auf eine Operation verzichtet. In allen Fällen war es bei der sehr kleinen III° verbrannten Fläche möglich eine Superinfektion zu verhindern. Bei zwei Patienten musste eine Operation auf Grund von respiratorischen Infekten verschoben werden und es kam zu einer Defektheilung des Bereiches. Bei einem Kind mit schwerer geistiger Retardierung, PEG und Immobilität wurde die Narbenbildung in Kauf genommen und ebenfalls aufgrund des Narkoserisikos auf eine Operation verzichtet. Bei größeren Defekten wurde immer eine Spalthauttransplantation durchgeführt. Als Entnahmeort bei Kindern hat sich die behaarte Kopfhaut bewährt. Bei keinem Patienten war postoperativ eine Transplantatabstoßung zu verzeichnen.

Erwartungsgemäß mussten Verletzungen III° länger stationär behandelt werden, als dies bei II°-Verletzungen der Fall war. Es bestand aber eine Diskrepanz zwischen der Verweildauer von Verbrühungen und Verbrennungen. Sowohl bei den II°-, als auch bei den III°- Verletzungen mussten Kinder mit Verbrennungen zwischen zwei und vier

Tagen länger stationär in Behandlung bleiben als solche mit Verbrühungen. Auch in den USA, einem Land mit vergleichbaren Standards in der Versorgung von thermischen Verletzungen gibt es die von uns festgestellte Diskrepanz zwischen der Verweildauer von Verbrühungen und Verbrennungen um ca. zwei Tage [63]. Warum es zu diesem Unterschied kommt ist letztlich nicht geklärt. Ob die Oberflächenausdehnung hierfür verantwortlich ist, kann anhand der von uns erhobenen Daten nicht geklärt werden.

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer lag bei 10,4 Tagen. Dies ist gut 2-4 Tage länger als bei unseren Kollegen in den USA [63], aber gleicht der Liegedauer in Kanada [61]. Dieser Unterschied ist wohl in den unterschiedlichen Gesundheitssystemen begründet.

Bei der Wundheilung mit einer physiologischen Entzündungsreaktion, epithelialer und mesenchymaler Proliferation sowie der Synthese von extrazellulärer Matrix kann es vor allem bei Verbrennungswunden zu einer überschießenden Narbenbildung kommen [40]. Um die daraus resultierenden möglichen Folgeerscheinungen wie Erhabenheit, Mangel an Elastizität, vermehrter Kollagenbildung und Juckreiz adäquat zu therapieren ist eine Kompressionstherapie notwendig. Diese muss bis zum Ende der Narbenreifung konsequent erfolgen, um einem möglichen hypertrophen Narbenwachstum entgegen zu wirken [15]. Als ein weiterer Einflussfaktor kann der Zeitpunkt der Operation angesehen werden. Dass bei Verbrennungen eine frühe Operation mit Debridement das vermehrte Auftreten von hypertrophen Narben verringern kann, konnte durch Engrav et al gezeigt werden [77]. Darüber hinaus ist dies mit einer geringeren Letalität und einem kürzeren Krankenhausaufenthalt vergesellschaftet [76]. Bei Verbrühungen ist es zu einem frühen Zeitpunkt oft schwierig den genauen Grad der Verletzung zu bestimmen. Ob eine Spalthauttransplantation und eine Kompressionsbehandlung notwendig ist, kann oft erst nach ca. 2 Wochen gesehen werden [76].

Bei unseren Patienten wurde eine Kompressionstherapie bei 4 Patienten mit II°-Verletzung und bei 82 Patienten mit III°-Verletzung durchgeführt. Da sich jedoch die Datenerhebung auf die stationäre Behandlung beschränkte, handelt es sich hier nur um die Patienten, wo schon während des Aufenthaltes die Notwendigkeit einer

Kompressionstherapie deutlich wurde. Alle Patienten die im Rahmen von nachstationären Wundkontrollen einer Kompressionstherapie zugeführt wurden sind leider nicht erfasst.

5. Zusammenfassung

Den größten Anteil thermischer Verletzungen im Kindesalter stellen Verbrühungen dar. Betroffen sind vor allem Kleinkinder. Verbrennungen finden sich häufiger bei älteren Kindern und Jugendlichen. Jungen sind gefährdeter als Mädchen solche Verletzungen zu erleiden. Verbrühungen treten vermehrt gegen Ende des Jahres auf, während Verbrennungen in den Sommermonaten gehäuft vorkommen.

Betroffen ist zumeist die obere Körperhälfte, wobei Verbrühungen meist Brust, Arme und Beine verletzen, Verbrennungen meist Gesicht und Hände. II°- und III°-Verletzungen haben die gleiche Altersverteilung und sind gleich häufig. Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer ist bei Verbrennungen höher als es bei Verbrühungen der Fall ist. Nicht jede III°-Verletzung bedarf einer Hauttransplantation.

6. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

1. Statistisches_Bundesamt, *Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfälle)*. 2011.
2. Dirks, B. and J. Büttner, *Verbrennung Verbrühung*. Notfall & Rettungsmedizin, 1999: p. 387-398.
3. Sheridan, R.L., et al., *Burns in children younger than two years of age: an experience with 200 consecutive admissions*. Pediatrics, 1997. 100(4): p. 721-723.
4. Ellsäßer, G., *Thermische Verletzungen im Kindesalter - Epidemiologie und Prävention*. Gutachten im Auftrag des Fördervereins der Bundesvereinigung für Gesundheit e.V., 2001.
5. Bruck, J.C., *Polytrauma und Verbrennung - Präklinische Erstversorgung*. Handbuch der Verbrennungstherapie., 2002: p. 341-343.
6. Mücke, K.H. and T. Beushausen, *Verbrühung und Verbrennung im Kindesalter*. Notfall & Rettungsmedizin, 2001: p. 184-188.
7. Fong, S.S., L.K. Hung, and J.C. Cheng, *The cutometer and ultrasonography in the assessment of postburn hypertrophic scar - a preliminary study*. Burns, 1997: p. 12-18.
8. Antoon, A.Y. and D.K. Donovan, *Burn Injuries*. Nelson Textbook of Pediatrics, 2000: p. 287-294.
9. Lehner, M., et al., *Verbrühungen und Verbrennungen*. . Gustav Fischer Verlag & Georg Thieme, 1990. 3.: p. 551-555.
10. Rennekampff, H.O. and A. Berger, *Pathophysiologie der Verbrennungswunde*. Handbuch der Verbrennungstherapie. ecomed Verlagsgesellschaft, 2002: p. 43-50.
11. Schwanholt, C.A., et al., *A prospective study of burn scar maturation in pediatrics: does age matter?* J Burn Care Rehabil, 1994. 15(5): p. 416-420.
12. Gavlik, J.M., *Spätphänomene: hypertrophe Narben und Keloide. Die Wunde-Pathophysiologie, Behandlung, Komplikationen*. . Thieme Verlag, 1999: p. 51-59.
13. Landolt, M.A., S. Grubenmann, and M. Meuli, *Family impact greatest: predictors of quality of life and psychological adjustment in pediatric burn survivors*. J Trauma, 2002. 53(6): p. 1146-1151.
14. S2-Leitlinie, *Thermische Verletzungen im Kindesalter (Verbrennung, Verbrühung)*. AWMF-Leitlinien-Register, 2009. Nr. 006/128.
15. Atiyeh, B.S., S.W. Gunn, and S.N. Hayek, *State of the art in burn treatment*. World J Surg, 2005. 29(2): p. 131-148.
16. Drenckhahn, D. and W. Zenker, *Haut. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen (Band 2)*, 1994. 15. Auflage: p. 793-823.
17. Zellweger, G., *Die Behandlung von Verbrennungen*. Deutscher Ärzte-Verlag GmbH, Köln-Lövenich, 1981.
18. Krupp, L., *Plastische Chirurgie: Die Haut*. 1994. II-1: p. 1-16.

19. Silbernagel, S. and R. Klinke, *Thermoregulation und Wärmehaushalt*. Lehrbuch Physiologie - Thieme, 2003. 4.: p. 382-392.
20. Dusso, A.S., A.J. Brown, and E. Slatopolsky, *Vitamin D - Review*. J Physiol Renal Physiol, 2005. 289(1)(F8-28).
21. Muehlberger, T.e.a., *Verletzungen durch flüssiges Propan: Verbrennung oder Erfrierung?*. Der Chirurg, 2001. 72(11): p. 1373-1375.
22. Pallua, N. and S. von Bülow, *Behandlungskonzepte bei Verbrennungen Teil 1: Allgemeine Aspekte*. Der Chirurg, 2006. 77(1): p. 81-94.
23. Ottomann, C. and B. Hartmann, *Die Pathophysiologie des Verbrennungstraumas*. Intensivmed, 2004. 41/2004: p. 380-387.
24. Löffler, G., P.E. Petrides, and P.C. Heinrich, *Biochemie & Pathobiochemie: Proteine*. Springer, 2007. 8(978-3-540-32680-9): p. 86-90.
25. Heimbach, D., et al., *Burn depth: a review*. World J Surg, 1992. 16(1): p. 10-15.
26. Trop, M., *Das brandverletzte Kind, Teil 1*. Monatsschrift Kinderheilkunde, 2002. V150, N10: p. 1238-1251.
27. Künzi, W. and V. Wedler, *Wegweiser Verbrennungen*. ISBN 88-901137-0-7, 2004.
28. Küntscher, M.V. and B. Hartmann, *Zielparameter der Volumensubstitution nach Verbrennungstrauma*. Intensivmed, 2004. 41/2004: p. 499-504.
29. Silbernagel, S. and R. Klinke, *Das Kreislaufsystem*. Lehrbuch der Physiologie - Thieme, 2003. 4: p. 155-160.
30. Jung, E.G. and I. Moll, *Dermatologie*. MLP, 2003. 5: p. 93-96.
31. Tyack, Z.F., S. Pegg, and J. Ziviani, *Postburn dyspigmentation: its assessment, management, and relationship to scarring--a review of the literature*. J Burn Care Rehabil, 1997. 18(5): p. 435-440.
32. Herndon, D., *Total Burn Care*. Saunders; Auflage: 0003 (23. Mai 2007). 3.
33. Tobiasen, J., J.M. Hiebert, and R.F. Edlich, *The abbreviated burn severity index*. Ann Emerg Med, 1982. 11(5)(260-262).
34. Sawhney, C.P., et al., *Long-term experience with 1 % topical silver sulphadiazine cream in the management of burn wounds*. Burns, 1989. 15(6): p. 403-406.
35. MacMillan, B., *Present status of bioadherent materials, barrier dressings, and biosynthetic skin substitutes. Burn wound coverings*. CRC Press, 1984: p. 1: 115-136.
36. Adamson, R., *Role of macrophages in normal wound healing: an overview*. J Wound Care, 2009. 18(8):: p. 349-351.
37. Johnstone, C.C. and A. Farley, *The physiological basics of wound healing*. Nurs Stand, 2005. 19(43): p. p. 59-65.
38. Gibran, N.S. and D. Heimbach, *Current status of burn wound pathophysiology*. Clinics in Plastic Surgery, 2000. 27(1): p. 11-22.
39. Deitch, E.A., et al., *Hypertrophic burn scars: analysis of variables*. J Trauma, 1983. 23(10): p. 895-898.
40. Tuan, T.L. and L.S. Nichter, *The molecular basis of keloid and hypertrophic scar formation*. Mol Med Today, 1998. 4(1): p. 19-24.
41. Atiyeh, B.S., et al., *Improving scar quality: a prospective clinical study*. Aesthetic Plast Surg 2002. 26(6): p. 470-476.

42. Nedelec, B., *Myofibroblasts and apoptosis in human hypertrophic scars*. Surgery, 2001. 130(5): p. 798-808.
43. Kraft, R., et al., *Is there a difference in clinical outcomes, inflammation, and hypermetabolism between scald and flame burn?* Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies, 2011. 12(6): p. e275-81.
44. McCormack, R.A., E.R. La Hei, and H.C. Martin, *First-aid management of minor burns in children: a prospective study of children presenting to the Children's Hospital at Westmead, Sydney*. Med J Aust, 2003. 178:31-3.
45. Nguyen, N.L., R.T. Gun, and A.L. Sparnon, *The importance of immediate cooling – a case series of childhood burns in Vietnam*. Burns, 2002. 28:173-6.
46. Lonnecker, S. and V. Schoder, *Hypothermia in patients with burn injuries: Influence of prehospital treatment*. Chirurg, 2001. 72: p. 164–167.
47. AG-Wundmanagement, *Wundfibel*. Universitätsklinikum Würzburg, 2006.
48. Hartmann, M.E., *Kompendium Wunde und Wundbehandlung*. 2005.
49. Küntscher, M.V. and B. Hartmann, *Aktuelle Behandlungskonzepte kindlicher Verbrennungen*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2006. 38(3): p. 156-163.
50. Ziegler, U.E., *Internationale klinische Empfehlungen zur Narbenbehandlung*. Zentralbl Chir, 2004. 129: p. 296-306.
51. Johnson, J., *Compliance with pressure garment use in burn rehabilitation*. J Burn Care Rehabil, 1994. 15(2): p. 180-8.
52. Wienert, V., *Compression treatment after burns*. Wien Med Wochenschr, 1999. 149(21-22): p. 581-2.
53. Van den Kerkhove, E., *Assessment of the influence of pressure and silicone on burn related scars*. Katholieke Universiteit Leuven, 2003.
54. Ward, R.S., *Pressure therapy for the control of hypertrophic scar formation after burn injury – history and review*. Journal of burn care and rehabilitation. 1991/12: p. 257 – 262.
55. Dorfmueller, M., *Verbrennungen im Kindes- und Jugendalter, psychische und soziale Folgen*. Monatszeitschrift für Kinderheilkd, 2005. 153: p. 1070-1076.
56. Flatten, G., *Das besondere traumatischen Erlebens. Die posttraumatische Belastungsstörung*. Paulinchen, 1999: p. 25-28.
57. Chalya, P.L., et al., *Pattern of childhood burn injuries and their management outcome at Bugando Medical Centre in Northwestern Tanzania*. BMC research notes, 2011. 4(1): p. 485.
58. Eich, U., *Thermische Verletzungen im Kindes- und Jugendalter - Retrospektive Kohortenstudie zur Beurteilung von Epidemiologie und Verletzungsfolgen*. 2007.
59. Haik, J., et al., *Burns in Israel: Demographic, Etiologic and Clinical Trends, 1997–2003*. Israel Medical Association Journal, 2007. 9: p. 659-662.
60. Kai-Yang, L., et al., *Epidemiology of pediatric burns requiring hospitalization in China: a literature review of retrospective studies*. Pediatrics, 2008. 122(1): p. 132-42.
61. Spinks, A., et al., *Ten-year epidemiological study of pediatric burns in Canada*. Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association, 2008. 29(3): p. 482-8.

62. Rimmer, R.B., et al., *Scald burns in young children--a review of Arizona burn center pediatric patients and a proposal for prevention in the Hispanic community*. Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association, 2008. 29(4): p. 595-605.
63. Shields, B.J., et al., *Healthcare resource utilization and epidemiology of pediatric burn-associated hospitalizations, United States, 2000*. Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association, 2007. 28(6): p. 811-26.
64. Haberal, M., N. Uqar, and N. Bilginn, *Epidemiological survey of burns treated in Ankara, Turkey and desirable burn-prevention strategies*. Burns, 1995. 21(8): p. 601-606.
65. Mzezewa, S., et al., *A Prospective study on the epidemiology of burns in patients admitted to the Harare burn units*. Burns, 1999. 25(6): p. 499-504.
66. Kumar, P., P.T. Chirayil, and R. Chittoria, *Ten years epidemiological study of paediatric burns in Manipal, India*. Burns, 2000. 26:261- 4.
67. Bardenheuer, M., et al., *Epidemiologie des Schwerverletzten Eine prospektive Erfassung der präklinischen und klinischen Versorgung*. Der Unfallchirurg. 103(5): p. 355-363.
68. Liener, U.C., et al., *Inzidenz schwerer Verletzungen - Ergebnisse einer populationsbezogenen Untersuchung*. Der Unfallchirurg. 107(6): p. 483-490.
69. Langer, S., et al., *Verbrennungsbehandlung von Kindern. Eine Analyse am Klinikum der Universität Bochum*. Der Unfallchirurg, 2006. 109(10): p. 862-866.
70. den Hertog, P.C., F.A. Blankendaal, and S.M. ten Hag, *Burn injuries in the Netherlands*. Accid Anal Prev., 2000. 32(3)(355-364).
71. Carroll, S.M., et al., *A 3-year epidemiological review of burn unit admissions in Dublin, Ireland (1988-1991)*. Burns, 1995. 21(5): p. 379 -382.
72. Chien, W.C., et al., *Epidemiology of hospitalized burns patients in Taiwan*. Burns, 2003. 29(6): p. 125-129.
73. Deđovic, Z., et al., *Epidemiology of childhood burns at the Burn Center in Brno*. Burns, 1996. 22(2): p. 125-129.
74. Maghsoudi, H. and N. Samnia, *Etiology and outcome of pediatric burns in Tabriz, Iran*. Burns, 2005. 31(6): p. 721-725.
75. Peleg, K., S. Goldman, and F. Sikron, *Burn prevention programs for children: do they reduce burn-related hospitalizations?* Burns, 2005. 31:347-50.
76. Orgill, D.P., *Excision and skin grafting of thermal burns*. N Engl J Med. , 2009. 360(9): p. 893-901.
77. Engrav, L.H., et al., *Early excision and grafting vs. nonoperative treatment of burns of indeterminate depth: a randomized prospective study*. J Trauma, 1983. 23(11): p. 1001-1004.

Abbildung 1: Der Aufbau der Haut (Quelle: Lehrbuch der Histologie von Junqueira Carneiro)

Abbildung 2: Verbrennungszonen nach Jackson (Quelle: Handbuch der Verbrennungstherapie von J.C. Bruck, ecomed Verlag)

Abbildung 3: Beispiel für das Nachbrennen.

Abbildung 4: Aufbau der Haut, schematische Darstellung der Verbrennungstiefen [2].

Abbildung 5: Neunerregel Erwachsene und Modifizierung für Kinder der Altersklassen 1-4 Jahre, 5-9 Jahre, 10-14 Jahre[32].

Abbildung 6: Schnittführung bei der Escharotomie[14].

Abbildung 7: Kind mit maßgefertigter Kompressionsjacke (oben); Verbrühungsnarben vor (links unten) und nach (rechts unten) Kompressionstherapie.

Diagramm 1: Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt.

Diagramm 2: Geschlechterverteilung.

Diagramm 3: Verbrennungsursachen nach Kategorien (N=197).

Diagramm 4a: Geschlechterverteilung bei Verbrühungen.

Diagramm 4b: Geschlechterverteilung bei anderen.

Diagramm 5: Geschlechterverteilung bei Verbrennungen. (N=26).

Diagramm 6a: Ursachen nach Kategorien bei Jungen.

Diagramm 6b: Ursachen nach Kategorien bei Mädchen.

Diagramm 7: Tageszeitpunkt der Verletzung.

Diagramm 8: Anzahl der Verbrennungen im Verlauf der Woche.

Diagramm 9: Verbrennungen und Verbrühungen im Jahresverlauf.

Diagramm 10: Verbrennungen durch Feuer, Grill und Spiritus im Jahresverlauf.

Diagramm 11: Verbrühungen im Jahresverlauf.

Diagramm 12: Verbrühungen und Verbrennungen von 2004 bis 2009 pro Jahr.

Diagramm 13: Verbrennungen I° (N=3), Verbrennungen II° (N=110) und Verbrennungen III° (N=99).

Diagramm 14: II°- und III°-Verbrennungen bezogen auf das Patientenalter.

Diagramm 15: Anzahl der betroffenen Körperregionen. 1 Körperregion N=89; 2 Körperregionen N=78; 3 Körperregionen N=39; 4 Körperregionen N=6.

Diagramm 16: Verteilung der betroffenen Körperpartien nach Verbrühung und Verbrennung in %-Anteil des Verbrühungs- bzw. Verbrennungskollektives.

Tabelle 1: Abbreviated Burn Severity Index nach Tobiasen[33].

Tabelle 2: Differenzierung der Altersverteilung nach Verbrühung vs. Verbrennung und Anzahl der Patienten in Kategorien.

Tabelle 3: Anzahl und Anteil am Patientenkollektiv der betroffenen Körperpartien.

Tabelle 4: Krankenhausaufenthalt für Verbrennungen und Verbrühungen nach Schweregrad der Verletzung.

7. Danksagung

Ich danke meinen Eltern, dass sie mir alles ermöglichten.

Ich danke meinem Bruder Henrik Sperling, ohne den diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ich danke Herrn Prof. Thomas Meyer, dass er mir das Tor in die Kinderchirurgie geöffnet hat.

Und ich danke Sabrina, dass sie da ist.