

**Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie,**

**Gefäß- und Kinderchirurgie**

**Chirurgie I**

**der Universität Würzburg**

**Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. C.-T. Germer**

**Bestimmung des Kompressionsdruckes bei der  
Kompressionstherapie – jung versus alt**

**Inaugural - Dissertation**

**zur Erlangung der Doktorwürde der**

**Medizinischen Fakultät**

**der**

**Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von**

Anne-Kathrin Preiß

**aus** Henfenfeld

**Würzburg, März 2015**

**Referent** : Univ.-Prof. Dr. med. T. Meyer

**Korreferent** : PD Dr. Frank Schuster

**Dekan**: Univ.-Prof. Dr. med. Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:**

19. Februar 2016

**Die Promovendin ist Ärztin**

**Widmung:**

Meiner Familie, insbesondere meinen Großeltern gewidmet.

# INHALTSVERZEICHNIS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. EINLEITUNG</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>2. MATERIAL UND METHODEN</b>                           | <b>4</b>  |
| <b>2.1 PATIENTENKLIENTEL</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>2.2 VERWENDETE MATERIALEN UND MESSINSTRUMENTE</b>      | <b>6</b>  |
| 2.2.1 KOMPRESSIIONSTHERAPIE                               | 6         |
| INDIKATIONSSTELLUNG                                       | 7         |
| ABMESSUNG DER BETROFFENEN KÖRPERREGION UND MAßANFERTIGUNG | 7         |
| KONTROLLE DER PASSGENAUIGKEIT DER NEUANFERTIGUNG          | 9         |
| BESTELLEN DES WECHSELKLEIDUNGSSTÜCKS GGF. MIT KORREKTUREN | 10        |
| KONTROLLE DER THERAPIE UND ERNEUTES ÜBERPRÜFEN DES SITZES | 10        |
| MATERIAL DER KOMPRESSIONSBEKLEIDUNG                       | 10        |
| 2.2.2 DRUCKMESSUNG:                                       | 11        |
| MESSFÜHLER  | 11        |
| METHODIK DER MESSUNG                                      | 12        |
| <b>2.3 DATENVERARBEITUNG</b>                              | <b>13</b> |
| DATENERFASSUNG  | 13        |
| METHODIK DER STATISTISCHEN AUSWERTUNG                     | 15        |
| <b>3. ERGEBNISSE</b>                                      | <b>16</b> |
| <b>3.1 STATISTISCHE ERGEBNISSE</b>                        | <b>16</b> |
| 3.1.1 KOMPRESSIONSBEKLEIDUNG                              | 16        |
| GESAMTZAHL DER ANGEPAßTEN KOMPRESSIONSBEKLEIDUNGEN        | 16        |
| TRAGEDAUER DER KOMPRESSIONSBEKLEIDUNG INSGESAMT           | 16        |
| TRAGEDAUER GRUPPE KINDER                                  | 16        |
| TRAGEDAUER GRUPPE ERWACHSENE                              | 16        |
| 3.1.2 ANZAHL UND LOKALISATION DER MESSPUNKTE              | 17        |
| 3.1.3 GEWEBEUNTERLAGE DER MESSUNGEN                       | 18        |
| 3.1.4 INDIKATION ZUR BEHANDLUNG MIT KOMPRESSIIONSTHERAPIE | 18        |
| VERLETZUNGSMUSTER   | 19        |
| WUNDHEILUNGSMECHANISMUS UND VORTHERAPIE                   | 21        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.2 MESSERGEBNISSE</b>  | <b>23</b> |
| 3.2.1 MESSWERTE ALLER PATIENTEN  | 23        |
| 3.2.2 MESSWERTE DER GRUPPE (K)   | 25        |
| 3.2.3 MESSWERTE DER GRUPPE (E)   | 26        |
| 3.2.4 MITTELWERTE ALLER MESSERGEBNISSE   | 28        |
| 3.2.5 MITTELWERTAUFSTELLUNG DER MESSWERTE DER GRUPPE (K)                       | 29        |
| 3.2.6 MITTELWERTAUFSTELLUNG DER MESSWERTE DER GRUPPE (E)                       | 30        |
| 3.2.7 MITTELWERTAUFSTELLUNG DER MESSWERTE GEGLIEDERT NACH GEWEBE-<br>UNTERLAGE | 32        |
| <b>4. DISKUSSION</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.1 INDIKATIONSSTELLUNG</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.2 ANALYSE DES KOMPRESSIIONSDRUCKS</b>                                     | <b>35</b> |
| 4.2.1 ANALYSE DES KOMPRESSIIONSDRUCKES NACH LOKALISATION                       | 37        |
| VERGLEICH DES KOMPRESSIIONSDRUCKES INSGESAMT                                   | 37        |
| VERGLEICH DES KOMPRESSIIONSDRUCKES AN DER OBEREN EXTREMITÄT                    | 40        |
| 4.2.2 VERGLEICH DES KOMPRESSIIONSDRUCKES AN DER UNTEREN EXTREMITÄT             | 43        |
| 4.2.3 VERGLEICH DES KOMPRESSIIONSDRUCKES AM STAMM                              | 47        |
| 4.2.4 KOMPRESSIIONSDRUCK AM KOPF   | 50        |
| <b>4.3 ANALYSE DES KOMPRESSIIONSDRUCKES ANHAND DER GEWEBEUNTERLAGE</b>         | <b>52</b> |
| UNTERGRUND „KNOCHEN“   | 53        |
| UNTERGRUND „MUSKEL“  | 54        |
| UNTERGRUND „WEICHGEWEBE“   | 56        |
| <b>4.4 GEGENÜBERSTELLUNG DER MITTELWERTE NACH TRAGEDAUER</b>                   | <b>58</b> |
| <b>RESÜMEE</b>   | <b>59</b> |
| <b>5. ZUSAMMENFASSUNG</b>  | <b>60</b> |
| <b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b>   | <b>62</b> |
| <b>7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>  | <b>66</b> |
| <b>8. DIAGRAMM- UND TABELLENVERZEICHNIS</b>                                    | <b>67</b> |

## **1. EINLEITUNG**

Nach thermischen, chemischen und mechanischen Verletzungen werden im Bereich der Chirurgie große Anforderungen an die Wiederherstellung der Funktionalität des betroffenen Körperteils gestellt. Immer mehr treten jedoch auch die Ansprüche an das kosmetische Ergebnis der Behandlung in den Vordergrund. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf den Heilungsprozess der Haut gelegt. Hypertrophe Narben und Keloide können die Folge großflächiger Verletzungen sein. Hinzu kommen Körperregionen, an denen sich die Versorgung von Hautverletzungen auf Grund der Anatomie schwierig bewältigen lässt [1].

Schon seit Jahren hat sich dieser Problemstellung widmend eine spezielle Behandlungsstrategie entwickelt. Mittels maßgefertigter Kompressionsbekleidung wird konstant Druck auf die betroffene Hautregion ausgeübt. Sie ist der zentrale Bestandteil in der Therapie und der prophylaktischen Anwendung bei hypertropher Narbenbildung oder Keloidneigung der Haut [2,3].

Die ersten Erkenntnisse über die Anwendung von Kompressionskleidung bestehen bereits seit dem frühen 19. Jahrhunderts [4]. Im Laufe der Zeit konnte durch klinische, histologische und biochemische Untersuchungen verschiedener Arbeitsgruppen die Wirkung der Kompressionstherapie auf das darunterliegende Narbengewebe näher beschrieben werden [2,5-8]. Man geht davon aus, dass der Entstehung hypertropher Narben zum einen eine erhöhte Enzymaktivität im Gewebe und zum anderen eine unstrukturierte Anordnung von Kollagenfaserbündeln zu Grunde liegt [5]. Dort soll die Kompressionsbehandlung positiv in den Heilungsprozess eingreifen. So wird durch den ausgeübten Druck die Durchblutung des darunterliegenden Gewebes und somit der Narbenstoffwechsel reduziert und die Kollagenfasern in geordnete Bahnen gelegt [2,6,9,10].

In der kinderchirurgischen Therapie findet die maßgefertigte Kompressionsbehandlung vornehmlich Anwendung in der Behandlung von schweren Verbrennungen und Verbrühungen mit Defekten großer Hautareale. In der Erwachsenenmedizin werden Kompressionsbekleidungen ebenso angewendet. Neben der Therapie der chronisch venösen Insuffizienz findet die Kompressionstherapie an der Universitätsklinik Würzburg vornehmlich in der Plastischen-, Wiederherstellungs- und Handchirurgie ihre Anwendung.

Für beide Patientengruppen, sowohl Kinder als auch Erwachsene gilt als Standard für die Tragezeit von Kompressionsbekleidungen eine Dauer von zwei Jahren über 24 Stunden um eine zufriedenstellende Narbentherapie zu gewährleisten [4,6,9-14]. Unklar ist bislang noch, wie das Druckoptimum der Kompression auf das darunterliegende Hautareal ist [3].

In verschiedenen Studien konnte zunächst nachgewiesen werden, umso höher die erzielten Kompressionsdrücke sind, desto besser ist das Outcome der Narbenbehandlung [8,15].

Nach der Kapillarkompressionstheorie kann man dann von einem optimalen Druck auf das darunterliegende Gewebe ausgehen, wenn der Kompressionsdruck den intravasalen Druck der Kapillaren übersteigt [6,9,11,12]. Dieser liegt bei durchschnittlich 25mmHg [16].

Eine vorausgegangene Studie der Abteilung Kinderchirurgie der Universitätsklinik Würzburg, welche die Druckverhältnisse von Kompressionsbekleidungen mit standardisiertem Messfühler an Patienten untersuchte, erbrachte Einblicke in diese Thematik [17]. Die Untersuchung konnte zeigen, dass ein durchschnittliches Druckniveau von 26mmHg erzielt wurde [17,18].

Bereits 1984 veröffentlichte Eckert et al. eine Studie über Spätergebnisse der Kompressionsbehandlung bei Verbrennungspatienten. Bezüglich der Narbenheilung und Funktionalität konnten hier die besten Ergebnisse an

Kindern bis 6 Jahren erzielt werden, währenddessen Erwachsene nach gelenkübergreifenden Verletzungen oft Streckdefizite erlitten [19].

Es stellte sich somit die Frage, ob der Unterschied im Outcome der beiden Patientengruppen sich durch abweichendes Verhalten der Kompressionsdrücke unter Kompressionstherapien Erwachsener erklären lässt.

In der nachstehenden Untersuchung wurde deshalb das zu untersuchende Patientenklientel um die Gruppe der Erwachsenen erweitert und Druckmesswerte an Kindern sowie an erwachsenen Patienten ermittelt.

Im Hinblick auf drei aussagekräftige Parameter wurden die Ergebnisse evaluiert und gegenübergestellt:

Die Analyse des Kompressionsdruckes anhand des Parameters der Tragedauer der Kompressionsbekleidung, des Parameters der Lokalisation der Messung und des Parameters des zu messenden Untergrundgewebes.



## 2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 Patientenklientel

In dieser Studie wurde das Augenmerk auf zwei zu analysierende Patientengruppen gelegt. Gruppe 1 bekam die Bezeichnung „Kinder“ (K) und Gruppe 2 wurde als „Erwachsene“ (E) benannt.

Das Kriterium der Aufteilung zu den Gruppen (E) und (K) wurde durch das Alter, beziehungsweise den körperlichen Status der Patienten bestimmt. Wichtig für die Analyse war die Gegenüberstellung von kindlichen und erwachsenen Körperproportionen.

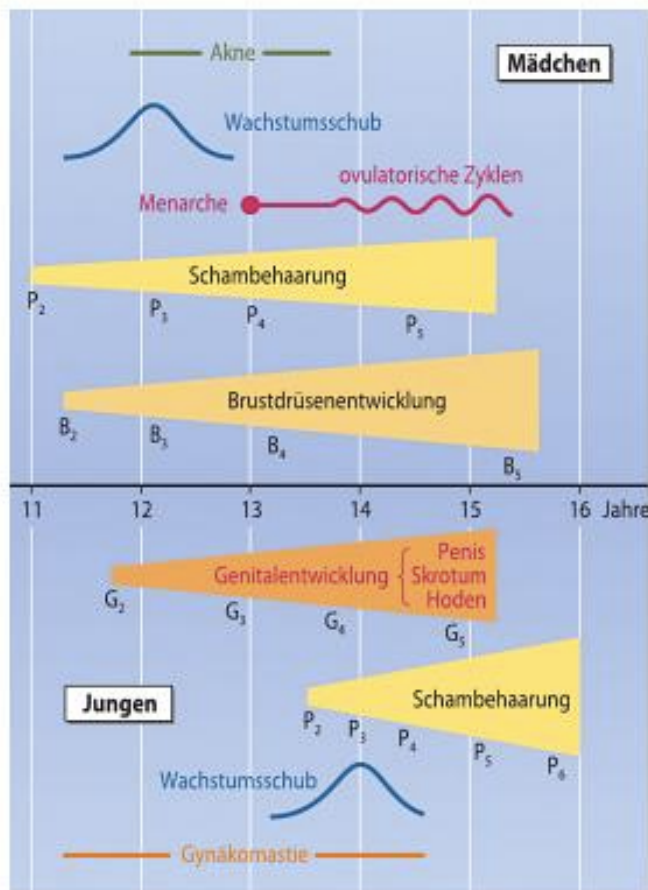


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Pubertätsentwicklung [20].

So erfolgte primär die Zuteilung zu den beiden Gruppen nach Geburtsdatum, wobei eine Differenzierung bezüglich der Geschlechter vorgenommen werden

musste. Diese Anpassung des Patientenlientels geschah auf Grund der unterschiedlichen körperlichen Entwicklung von Jungen und Mädchen während der Pubertät. So lässt sich bei Mädchen eine frühere körperliche Reifung erkennen, was zu einer Zuteilung derer in die Gruppe (E) führte, trotz jüngeren Alters [21], siehe auch Abbildung 1.

Durch diese Anpassung wurde gewährleistet, dass die gewonnenen Messergebnisse den richtigen Gruppen zugeordnet wurden.

Für weibliche Patienten wurde schließlich ein Geburtstermin vor dem 01.01.1999, für männliche Patienten vor dem 01.01.1997 definiert, um der Erwachsenenengruppe zugeteilt zu werden.

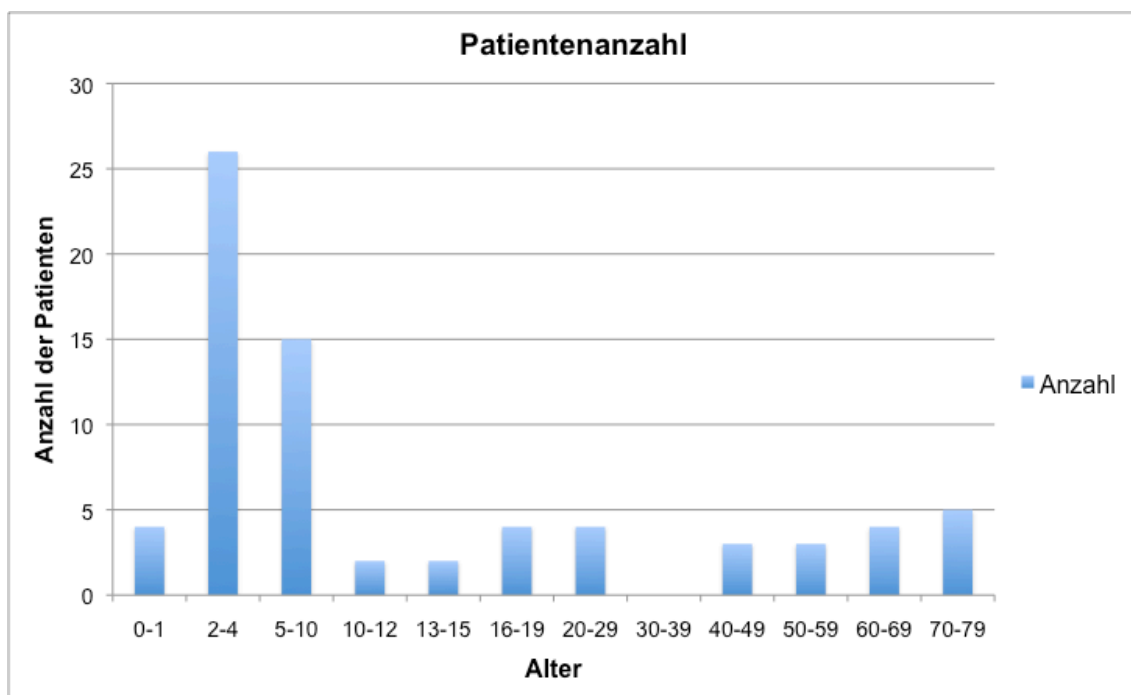


Diagramm 1: Anzahl der Patienten, gestaffelt nach Alter

Insgesamt konnten 72 Patientinnen und Patienten im Alter von 3 Monaten bis 71 Jahren in die Studie aufgenommen werden. Der Gruppe der Kinder (K) wurden 47 Patienten mit durchschnittlich 4 ( $\pm 2,65$ ) Lebensjahren zugeordnet,

zu den Erwachsenen (E) zählten 25 Patienten mit einem mittleren Alter von 44 ( $\pm 22,20$ ) Lebensjahren, eine Übersicht zeigt Diagramm 1.

Voraussetzung für eine Rekrutierung von Patienten für diese Studie war lediglich die Therapie oder Prävention hypertropher Narben mit Hilfe von maßgefertigten Kompressionsbekleidungen.

## 2.2 Verwendete Materialien und Messinstrumente

Um valide Messungen des Kompressionsdruckes auf das darunter liegende Gewebe zu gewährleisten, wurde mit standardisierten Materialien und Methoden gearbeitet.

### 2.2.1 Kompressionstherapie

In folgender Abbildung 2 ist der Algorithmus der Kompressionstherapie, von der Indikationsstellung bis zur Kontrolle der Passgenauigkeit von Kompressionsanzügen, wie es in der Abteilung für Kinderchirurgie der Universitätsklinik Würzburg gehandhabt wird, zu sehen.

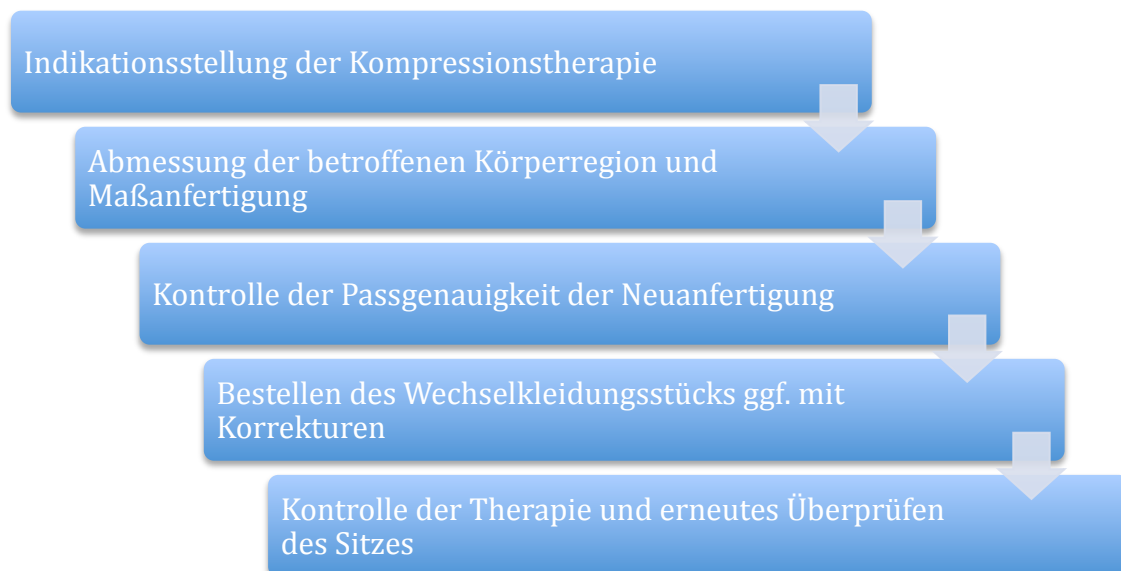


Abbildung 2: Algorithmus der Kompressionstherapie

## **Indikationsstellung**

Die Indikation zur Kompressionstherapie wird primär durch den behandelnden Kinderchirurgen gestellt. Unterstützt wird diese Entscheidung durch das Mitwirken jahrelang erfahrener Kompressionstherapeuten. Im Laufe der poststationären Behandlungszeit stellen die Kompressionstherapeuten die Ansprechpartner der Patienten dar. Sie geben Auskunft bei Fragen und Problemen mit den Kleidungsstücken.

Generell lässt sich sagen, dass eine Indikation zur Kompressionstherapie besteht, sobald im Heilungsprozess von Verletzungen die Entwicklung von hypertrophen Narbensträngen oder Keloiden zu befürchten ist. Besonders ist dies in Folge von thermischen und chemischen Verbrennungsmustern der Fall. Auch bei mechanischen Verletzungen findet die Kompressionsbehandlung Anwendung.

Kompressionstherapien werden nicht nur in der poststationären Behandlung oben beschriebener sekundärer Wundheilungsprozesse eingesetzt. Auch in der Versorgung von Verletzungen mit tertiärer Wundheilung nehmen sie eine besondere Stellung ein. Große Hautdefekte werden mittels Spalthauttransplantaten wie beispielsweise bei Verbrennungen von Grad 2b bis 3 oder Lappenplastiken gedeckt. Hier sorgt die Kompressionsbehandlung für ein gleichmäßiges Anliegen der Transplantate auf dem Untergrund.

## **Abmessung der betroffenen Körperregion und Maßanfertigung**

Den Rekrutierungskriterien entsprechend wurde jeder Patient mit Kompressionsanzügen behandelt, die maßangefertigt wurden. Nach standardisierten Methoden wurde jeder Patient durch eine erfahrene Kompressionstherapeutin vermessen. Um sicher zu gehen, dass die Passform des angeforderten Therapiekleidungsstücks zufriedenstellend ist, wurden standardisierte Messpunkte herangezogen. Der zirkuläre Umfang einer Extremität oder auch des Rumpfes wurde in Zwei-Zentimeter-Abständen gemessen und in den durch die Firma vorgefertigten Bestellbogen notiert. Durch variieren des Zugs auf das Maßband kann schon im Vorhinein Einfluss auf die Stärke der Kompression genommen werden. Wichtig ist dies

beispielsweise bei der Anfertigung einer kompletten Strumpfhose, durch die jedoch nur bestimmte Stellen der Beine komprimiert werden sollen. Nicht zu komprimierende Stellen wurden demnach lockerer abgemessen.

Ebenso vermessen wurde die Längsrichtung des Kleidungsstücks, um die Angaben für die Näherei zu komplettieren.

Zur Erhöhung des Trage- und Anziehkomforts der sehr eng anliegenden Materialien und um die Kompression auch an schwierig zu behandelnden Körperregionen zu gewährleisten wurden Reißverschlüsse, Polster oder Abnäher in die Kompressionsbekleidung eingearbeitet. Zu diesen Regionen zählen Axilla, Kniekehle oder die Region des Sternoklavikulargelenks. Eine eigens entwickelte Spezialversion der Kompressionstherapie wurde für die Halsregion eingesetzt. Es handelt sich um die „Paulinchen-Halsrolle“.



Abbildung 3: Patient mit Paulinchen-Halsrolle [17]

Ein weiteres wichtiges Detail bei der Anpassung von Kompressionskleidung ist, dass Ärmel oder Beinlinge nicht ohne einen Handschuh oder Strumpf verordnet werden sollten. Aufgrund der proximalen Kompression kann es an weiter distal gelegenen Regionen zu Ödemen kommen, die für den Patienten als sehr unangenehm empfunden werden.

Der richtige Zeitpunkt, um für die Kompressionstherapie Maß zu nehmen ist nicht festgelegt, es gilt jedoch die Devise: je eher desto besser. Schon 1979 konnte in einer Studie nachgewiesen werden, dass in Bezug auf Funktionalität und kosmetischem Erfolg ein früher Therapiebeginn von großer Wichtigkeit sind [22].

Um keine wichtige Zeit in der Therapie und Prävention hypertropher Narben zu verlieren, war es klares Ziel, die Patienten so früh wie möglich mit passender Kompressionskleidung zu versorgen. Dies hat zur Folge dass die Kompressionsanzüge bereits bei noch in Verbänden liegenden Wunden angezogen werden muss. Um dennoch ein faltenfreies Anlegen der Kompressionsbekleidung zu garantieren wird auf zirkuläre Wickelungen von Verbänden unterhalb der Kompression verzichtet. Zum Schutz der frischen Wunden können sterile Kompressen oder Silikonwundauflagen verwendet werden.

### **Kontrolle der Passgenauigkeit der Neuanfertigung**

Die Überprüfung der Passgenauigkeit jeder Neuanfertigung erfolgte während der ersten Anprobe durch die Kompressionstherapeutin.

Zu den zu überprüfenden Kriterien der Passgenauigkeit zählten:

- Der Sitz des gesamten Kleidungsstücks

Augenscheinlich zu lockere Kleidung musste sofort verworfen oder korrigiert werden, da man hier nicht von einer ausreichenden Kompression ausgehen konnte. Um grenzwertig weite Kompressionsbekleidungen zu überprüfen, wurde der durch die Kompressionsanzüge aufgebrachte Druck mittels Messfühler gemessen.

- Nähte/ Bündchen/ Kragen

Wichtig bei allen Abnähern war, dass es nicht zum Einschneiden in das darunterliegende Gewebe kommt. Beim Feststellen von Mängeln der Fertigung oder bei Veränderungen der anatomischen Gegebenheiten des Patienten

konnten kleine Nachkorrekturen durch die Kompressionstherapeutin selbst vollzogen werden. Bei großen Mängeln erfolgte eine Reklamation.

### **Bestellen des Wechselkleidungsstücks ggf. mit Korrekturen**

Um den Patienten das 24-stündige Tragen der Kompressionsbekleidung zu ermöglichen, wurden regulär zwei Therapiestücke angefertigt. Die Bestellung der Wechselkleidung wurde, nachdem das primäre Modell auf seine Passgenauigkeit überprüft wurde, in Auftrag gegeben. Eventuelle Änderungen konnten so direkt eingearbeitet werden.

### **Kontrolle der Therapie und erneutes Überprüfen des Sitzes**

Bei Übergabe des zweiten Kompressionskleidungsstücks wurde dieses und auch das zuerst angefertigte Kleidungsstück erneut auf den richtigen Sitz überprüft.

### **Material der Kompressionsbekleidung**

Hergestellt und vertrieben werden die Produkte zur maßgefertigten Kompressionstherapie durch die Firma TRICONmed unter dem Markennamen JOBSKIN®. Sie bezeichnet das Material als „POWERNET“, mit folgenden Eigenschaften:

„Jobskin® besteht zu 34% aus Lycra und 66% aus Nylon. Das Material ist dünn und atmungsaktiv und in beide Richtungen elastisch. Es bildet keine Laufmaschen und kann daher problemlos zugeschnitten und nachgearbeitet werden. Das POWERNET ist sehr stark und dennoch extrem dünn, hoch atmungsaktiv, hautfreundlich und schnell trocknend. Jobskin® ist ein Kurzzugmaterial mit geringem Ruhedruck und hohem Arbeitsdruck [...]“

Dies wird durch die vergleichsweise geringe Dehnbarkeit des Materials sichergestellt. [23]

## 2.2.2 Druckmessung:

### Messfühler



Abbildung 4: KIKUHIME Drucksensor

Gemessen wurde der Anpressdruck der Kompressionskleidung mit Hilfe des KIKUHIME®-Drucksensors, (Kikuhime®-Subbandage & Body Pressure Measuring Device) der durch die Firma TRiCONmed Deutschland vertrieben wird. Dieser besteht aus einer flachen Messsonde mit den Maßen 25x25x5 mm (LxBxH), die direkt unter die faltenfreie Kompression gelegt werden kann. Angeschlossen ist die Sonde an ein Skalengerät, welches den Druck nach Nullwertkalibrierung digital in [mmHg] anzeigt [24]. In Abbildung 4 wird das verwendete Messgerät gezeigt. Im linken oberen Bereich befindet sich die mit gelbem Schaumstoff gefüllte Messsonde. Ebenfalls dargestellt sind der Verbindungsschlauch und das Skalengerät. Dieses enthält neben dem Ein- und Ausschaltknopf ebenfalls eine „Hold“-Taste, mit der Messwerte gespeichert werden können.

Bereits eine Arbeitsgruppe um van den Kerckhove überprüfte die Reproduzierbarkeit wiederholter Messungen mit dem Kikuhime-Drucksensor



unter Kompressionsbekleidung in der Narbentherapie bei Verbrennungspatienten. In dieser Studie erwies sich der Drucksensor als valide und sichere Messmethode [25]. Der Messfehler des KIKUHIME-Drucksensors beträgt  $\pm 1,00$  mmHg [26].

### Methodik der Messung



Abbildung 5: Methodik der Messung mit KIKUHIME Drucksensor.

Gemessen wurde der Druck am angezogenen Kleidungsstück stets direkt über der Narbe. Hier ist die Stelle der stärksten Kompression. Nach Nullwertkalibrierung wurde der Messfühler direkt zwischen Kompressionsanzug und Haut gelegt. Dies ist in Abbildung 5 dargestellt. Hier kann der bereits unter die Kompressionstherapie postierte gelbe Messfühler erkannt werden. Aufgrund der großen Flexibilität des Messgerätes konnten Messwerte von nahezu jeder Region des Körpers ermittelt werden. Ausgenommen werden mussten Finger

und Zehen, die durch die Sonde in der eng anliegenden Kompression nicht erreicht werden konnten.

Fehlerquellen bei der Messung ergeben sich zunächst durch die Handhabung des Messgerätes. Hier ist besonders darauf zu achten, dass die Messsonde flach unter dem Kompressionsbekleidungsstück zu liegen kommt. Bei Aufwerfungen der Messsonde unter dem Gewebe sind Messergebnisse mit zu hohen Druckwerten zu erwarten. Ebenso verfälschte Messwerte entstehen auf Grund von Falten in der Kompressionsbekleidung über dem Messinstrument. Ein faltenfreies Anliegen der Kleidung kann durch Anwendung einer Anziehhilfe gewährleistet werden. Diese ist ein Plastikschauch der doppelt über die betroffene Gliedmaße gezogen wird. Hierüber lässt sich die Kompressionsbekleidung leichter ziehen, als über Haut. Sitzt das Therapiestück perfekt, kann die Anziehhilfe mittels Schlaufe leicht nach distal entfernt werden. Eine weitere Fehlerquelle stellt das Unterlassen der Nullwertkalibrierung dar. Hier muss die Messung erneut durchgeführt und als nicht valide gewertet werden.

## **2.3 Datenverarbeitung**

### **Datenerfassung**

Für jede Patientin und jeden Patienten wurde ein Datenerfassungsbogen (siehe Anhang) erstellt, um allgemeine Daten und die speziellen Messwerte zu erfassen. Der Auswertungsbogen wurde nach Vorlage von M. Keserü und K. Keller erstellt [17,27].

Die Inhalte des Datenerfassungsbogens stellten sich wie folgt dar:

#### **1. Patientendaten**

Zur Wiedererkennung von Patienten bei wiederholten Messungen wurden die Patienten mit Hilfe Ihrer Initialen, des Geburtsdatums und des Geschlechts kodiert. Eine Unterscheidung zwischen den Geschlechtern war für die Auswertung nicht relevant, da man aus vorausgegangenen Studien weiß, dass

kein signifikanter Unterschied im Druckverhalten von Kompressionsbekleidung an weiblichen oder männlichen Patienten besteht [18].

Um die gewonnenen Messwerte der richtigen Patientengruppe zuzuordnen, wurde schon hier die Einteilung zur Gruppe der Kinder oder der Erwachsenen durch ein „K“ oder „E“ festgelegt.

## 2. Verletzung

Da die grundsätzliche Indikation für eine Kompressionstherapie die Therapie und Prophylaxe von Keloiden sowie hypertrophen Narben ist, wurde hier der Blick auf die Indikation weiter vertieft und erfasst. Weiter wurde ermittelt, um welche Art von Verletzungen es sich im Einzelnen handelt, die eine vermehrte Narbenbildung bewirken. Ebenso wurden das exakte Verletzungsmuster und das Datum der Verletzung notiert.

## 3. Therapie

Um die im Vorfeld abgelaufene Behandlung vollständig zu dokumentieren wurde notiert, ob und wie lange im Voraus ein chirurgischer Eingriff durchgeführt wurde, insbesondere ob eine Spalthauttransplantation oder Lappenplastik zur Therapie nötig war. Andere Narbenbehandlungen wurden ebenfalls erfasst.

## 4. Kompressionstherapie

Von Interesse bezüglich der Kompressionstherapie war die Tragedauer der Kompressionsbekleidung und um das wievielte Kleidungsstück es sich handelte.

## 5. Messungen

In die statistische Auswertung aufgenommen wurden die Messdaten primär über die Zuteilung zu Körperregionen, hier bezeichnet als: Kopf, Stamm, Arm, Hand, Bein, Fuß. Sekundär wurde die exakte Lokalisation dokumentiert und festgehalten um welchen Gewebeuntergrund es sich handelte.

### **Methodik der statistischen Auswertung**

Zur statistischen Auswertung wurden die ermittelten Messwerte und gewonnenen Zusatzinformationen in ein Tabellenkalkulationsprogramm übertragen. Jeder Einzelwert wurde separat aufgeführt. Für die Gegenüberstellung der Daten wurden sie den Gruppen „Kinder“ (K) und „Erwachsene“ (E) zugeordnet.

Die mathematischen Mittel zur Beurteilung der Daten waren die Berechnung von Mittelwerten, Konfidenzintervallen und Standardabweichungen.

Mittels Student-t-Test für unverbundene Stichproben wurde eine Testung auf Signifikanz der ermittelten Druckwerte durchgeführt. Durch diesen Test werden die Werte zweier Bedingungen miteinander verglichen (allgemein x und y). Dafür wird eine Nullhypothese aufgestellt: „Bedingung x ergibt keinen signifikanten Unterschied zu Bedingung y“. Um mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% sagen zu können, dass ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Bedingungen herrscht, muss der Signifikanzwert  $p$  unter 0,05 liegen. Ist dies nicht der Fall und der Wert liegt oberhalb, kann die Nullhypothese nicht abgelehnt werden [28].

## **3. ERGEBNISSE**

### **3.1 Statistische Ergebnisse**

#### **3.1.1 Kompressionsbekleidung**

##### **Gesamtzahl der angepassten Kompressionsbekleidungen**

Insgesamt konnten im Laufe des Beobachtungszeitraums von 1,5 Jahren 100 maßangefertigte Jobskin-Kompressionsbekleidungen vermessen werden. Die Zahl der Verordnungen reicht dabei von der ersten bis zur siebten Anpassung einer Kompressionstherapie.

##### **Tragedauer der Kompressionsbekleidung insgesamt**

Erster Punkt der Auswertung stellte die Tragedauer der Kompressionskleidung dar. Hierdurch sollte eine Abhängigkeit des Anpressdrucks der Kompressionsbekleidungen von der Therapiezeit ermittelt werden.

Im Folgenden können neu angefertigte und bereits einige Zeit getragene Kompressionsbekleidungen gegenübergestellt werden. Als „neu“ werden primär angemessene Therapiestücke bezeichnet, im Gegenzug dazu werden bereits länger als 14 Tage getragene Kompressionskleidungen mit „alt“ deklariert. Die Tragedauer der Gruppe der „alten“ Kompressionsbekleidung reicht von 14 Tagen bis 52 Wochen.

Die durchschnittliche Tragedauer der Kompressionsbekleidung aller Patienten betrug 7,00 Wochen

##### **Tragedauer Gruppe Kinder**

Von der Gruppe der Kinder konnten 57 Messwerte von „neuen“ Jobskin und 36 Messwerte von „alten“ Kompressionsteilen ermittelt werden.

##### **Tragedauer Gruppe Erwachsene**

Die Messung der Gruppe der Erwachsenen ergab 28 Messwerte an „neuen“ und 15 Messwerte an „alten“ Therapiestücken.

### 3.1.2 Anzahl und Lokalisation der Messpunkte

In die Studie eingebracht werden konnten 136 Messwerte von 72 Patienten. Diese wurden den Regionen Kopf, Stamm und Extremitäten, unterteilt in Arm, Hand, Bein und Fuß, zugeordnet.

Im Einzelnen sieht die Verteilung der erhobenen Messwerte wie folgt aus:

|              | Messpunkt<br>Regio: | Anzahl<br>gesamt | Anzahl<br>(K) | Anzahl<br>(E) |
|--------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|
| <b>Kopf</b>  | Frontalis           | 2                | 2             | -             |
|              | Bukkalis            | 4                | 4             | -             |
|              | Mentalis            | 2                | 2             | -             |
| <b>Stamm</b> | Abdominalis         | 2                | 1             | 1             |
|              | Deltoidea           | 7                | 7             | -             |
|              | Cervicalis          | 2                | -             | 2             |
|              | Pectoralis          | 15               | 15            | -             |
|              | Ileosakralis        | 1                | 1             | -             |
| <b>Arm</b>   | Brachii             | 12               | 11            | 1             |
|              | Antebrachii         | 9                | 3             | 6             |
|              | Cubitalis           | 4                | 2             | 2             |
| <b>Hand</b>  |                     | 8                | 1             | 7             |
| <b>Bein</b>  | Femoralis           | 16               | 11            | 5             |
|              | Cruris              | 18               | 6             | 12            |
|              | Genus               | 9                | 8             | 1             |
|              | Glutealis           | 1                | 1             | -             |
| <b>Fuß</b>   |                     | 24               | 18            | 6             |
|              |                     |                  |               |               |
| <b>Summe</b> |                     | <b>136</b>       | <b>93</b>     | <b>43</b>     |

Tabelle 1: Anzahl der Messungen, gegliedert nach Körperregion

Für beide Patientengruppen konnten, ausgenommen der Region des Kopfes, Messwerte aller Körperregionen gewonnen werden.

### 3.1.3 Gewebeunterlage der Messungen

Analysiert wurden die Messwerte einer Kompressionsbekleidung ebenfalls anhand der Gewebeunterlage.

Es erfolgte eine Unterteilung der Gewebe in „Knochen“, „Muskel“ und „Weichgewebe“.

Messwerte, die auf knöchernen Strukturen wie Handgelenk, Sprunggelenk oder Thorax durchgeführt wurden, werden als Untergrund „Knochen“ bezeichnet. Muskuläre Strukturen, wie an Armen und Beinen wurden mit Untergrund „Muskel“ benannt, Messungen an Abdomen oder Gesäß wurden mit Untergrund „Weichgewebe“ deklariert.

In der sich anschließenden Tabelle wird die Verteilung der erhobenen Messungen dargestellt.

|                                   | Anzahl<br>gesamt | Anzahl<br>(K) neu | Anzahl<br>(K) alt | Anzahl<br>(E) neu | Anzahl<br>(E) alt |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Untergrund<br/>Knochen</b>     | 66               | 34                | 16                | 13                | 3                 |
| <b>Untergrund<br/>Muskel</b>      | 59               | 20                | 15                | 12                | 12                |
| <b>Untergrund<br/>Weichgewebe</b> | 11               | 3                 | 5                 | 3                 | -                 |

Tabelle 2: Anzahl der erhobenen Messwerte über einem Untergrundgewebe

### 3.1.4 Indikation zur Behandlung mit Kompressionstherapie

Die Prävention oder Therapie hypertropher Narben und Keloide stellte maßgeblich die Indikation zur Kompressionstherapie. Anhand des zugrunde liegenden Verletzungsmusters ließen sich die speziellen Indikationen weiter unterteilen. Hier wurde primär betrachtet ob es sich um eine thermische, chemische oder mechanische Verletzung handelte.

Eine weitere Analyse erfolgte im Hinblick darauf, ob eine sekundäre oder tertiäre Wundheilung angestrebt wurde, die Dokumentation beinhaltete folglich

die Auflistung chirurgischer Maßnahmen, insbesondere die Therapie mit Spalthauttransplantaten und Lappenplastiken.

Für die beiden Gruppen (K) und (E) konnten folgende Indikationen dokumentiert werden:

### Verletzungsmuster

- (K) Kinder

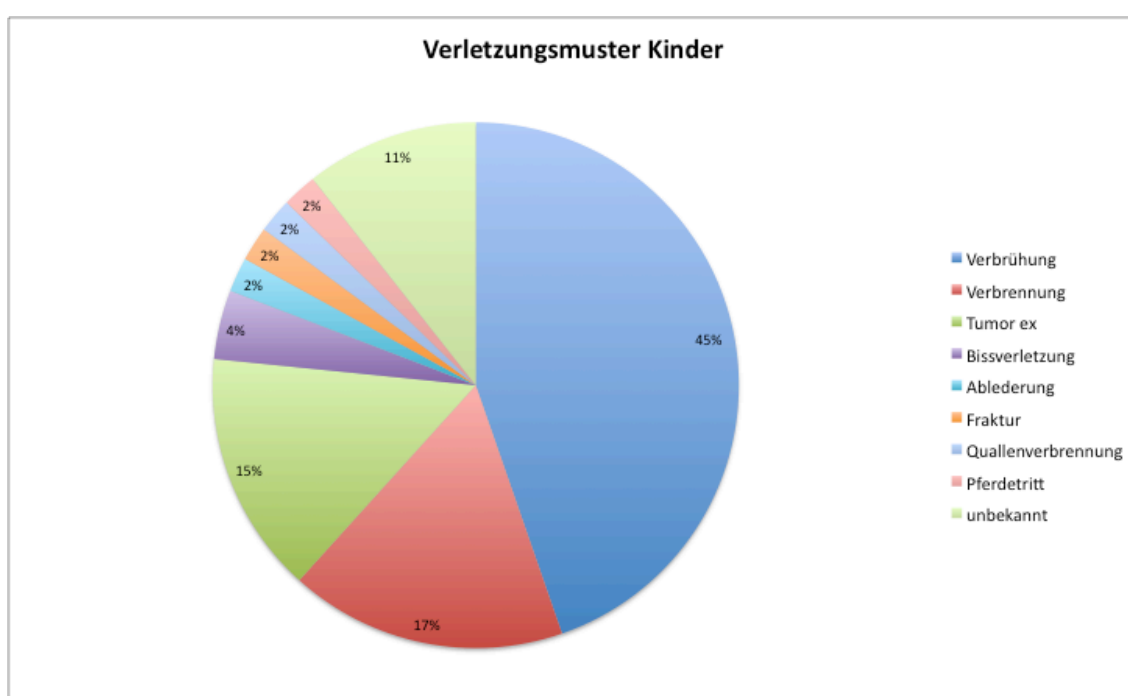


Abbildung 6: Prozentuale Angaben der zugrunde liegenden Verletzungsmuster der Gruppe (K)

Von den 47 an der Studie teilnehmenden Kindern wurden 29 Patienten auf Grund einer thermischen Verletzung behandelt. Davon litten 21 (44,7%) an Verbrühungen und 8 (17,0%) an Verbrennungen. Eine mechanische Verletzung war die Behandlungsindikation von 13 Patienten. Bei 7 (14,9%) Patienten wurde ein Tumor exzidiert, 2 (4,3%) Patienten stellten sich mit einer im Vorfeld erworbenen Bissverletzung vor, jeweils 1 (2,1%) Patient hatte eine Abliederung, eine Fraktur, eine Quallenverbrennung und einen Pferdetritt erlitten. Von 5 (10,6%) Patienten ist die Indikation für die Kompression nicht bekannt.



- (E) Erwachsene

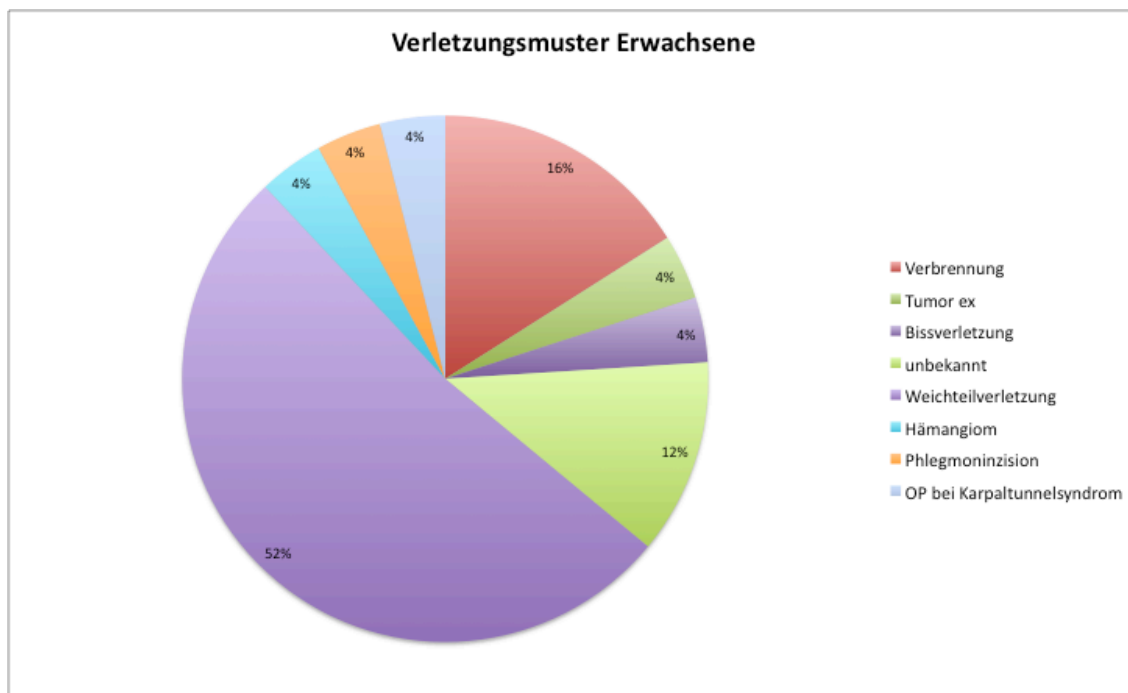


Abbildung 7: Prozentuale Angabe der zugrunde liegenden Verletzungsmuster der Gruppe (E)

Die Indikation von 18 der 25 erwachsenen Patienten wurde auf Grund von mechanischen Verletzungsmustern gestellt. So waren dies 13 (52%) Patienten, die an einer Weichteilverletzung litten und je 1 (4%) Patient konnte nach Tumorexzision, Hämangiombehandlung, Phlegmonenspaltung, Operation wegen Karpaltunnelsyndrom und nach Bissverletzung mit einer Kompressionsmaßanfertigung versorgt werden.

Aufgrund einer thermischen Verletzung wurden 4 (16%) Patienten kompressionstherapeutisch behandelt. Sie litten an den Folgen einer Verbrennung. Von 3 (12%) Patienten ist die Indikation nicht bekannt.

## Wundheilungsmechanismus und Vortherapie

Von statistischem Interesse waren neben der Indikationsstellung ebenso der Wundheilungsmechanismus und eventuell bestehende Vortherapien.

- (K) Kinder

Eine sekundäre Wundheilung lag bei 28 (59,6%) Patienten zugrunde. Davon wurden 19 (67,9%) Patienten konservativ und 9 (32,1%) Patienten mit einem chirurgischen Eingriff versorgt.

Von tertiärer Wundheilung konnte man bei 19 (40,4%) Patienten sprechen, wovon alle Kinder eine Operation mit Spalthauttransplantation hatten.

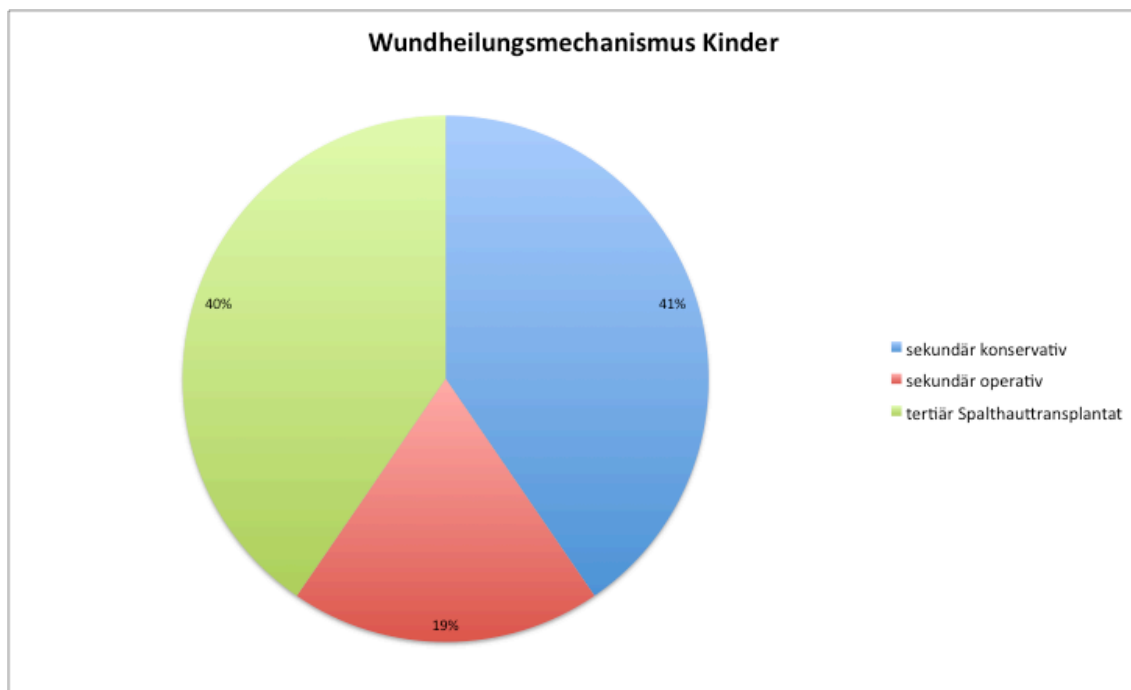


Abbildung 8: Prozentuale Angabe des zugrunde liegenden Wundheilungsmechanismus der Gruppe (K)

- (E) Erwachsene

Von sekundärer Wundheilung kann bei 11 (44%) Patienten ausgegangen werden. 6 (54,5%) davon wurden operativ behandelt, 5 (45,5%) Patienten erhielten eine rein konservative Versorgung.

Eine tertiäre Wundheilung lag in der Therapie von 14 (56%) Patienten vor, wovon 9 (64,3%) Patienten eine Lappenplastik und 5 (35,7%) Patienten eine Spalthauttransplantation bekamen.

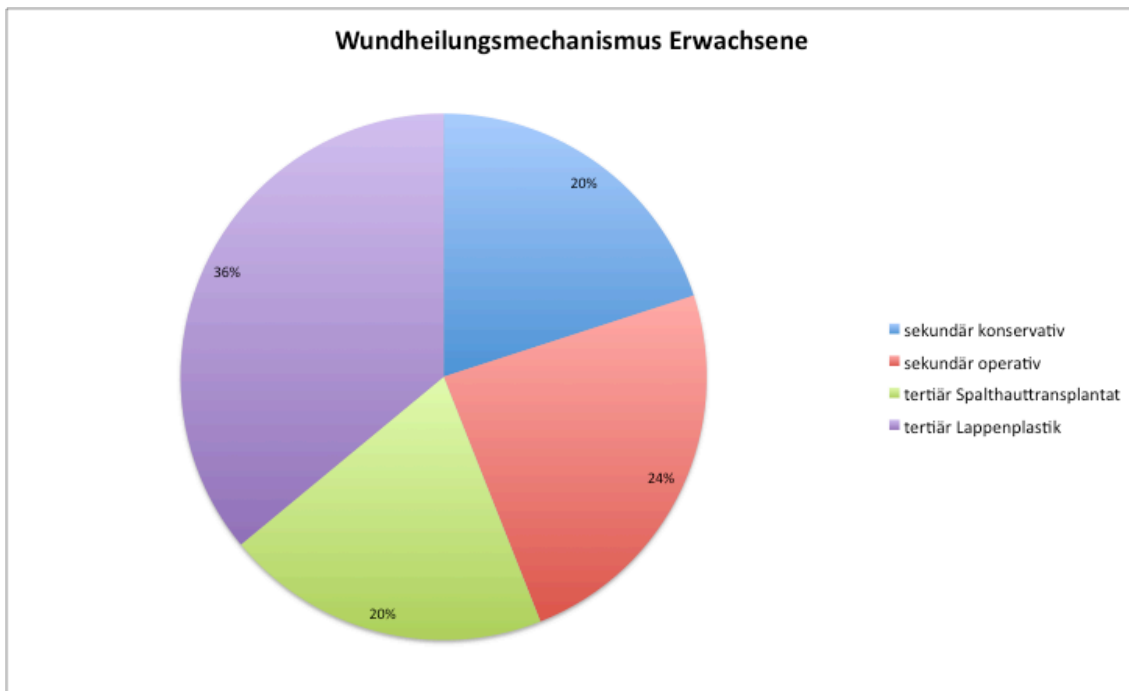


Abbildung 9: Prozentuale Angabe des zugrunde liegenden Wundheilungsmechanismus der Gruppe (E)

## 3.2 Messergebnisse

### 3.2.1 Messwerte aller Patienten

Im folgenden Diagramm 2 sind die Messdaten aller Messungen in Form eines Punktediagramms mit x-y-Koordinaten angegeben. Die x-Achse beschreibt das Alter der Kompressionstherapie in [Wochen], auf der y-Achse wird der absolute Druck in [mmHg] abgebildet.

Aus dem Diagramm lässt sich erkennen, dass eine Bündelung der Messwerte um den Nullpunkt der x-Achse vorliegt. Ablesen kann man hier die Werte der neuen Kompressionstherapien. Definitionsgemäß gelten dazu diejenigen Anzüge, die weniger als 14 Tage getragen wurden. Die übrigen Messwerte sind somit von alten Kompressionskleidungsstücken. Die Tragedauer liegt hier bei 2 bis 52 Wochen.

Die Extremwerte lassen sich folgendermaßen ablesen:

In Gesamtschau der Patienten konnte ein minimaler Druckwert von 9mmHg an einer 22 Wochen alten Kompressionsbekleidung und ein maximaler Druckwert von 60mmHg an einer neuen Maßanfertigung ermittelt werden.

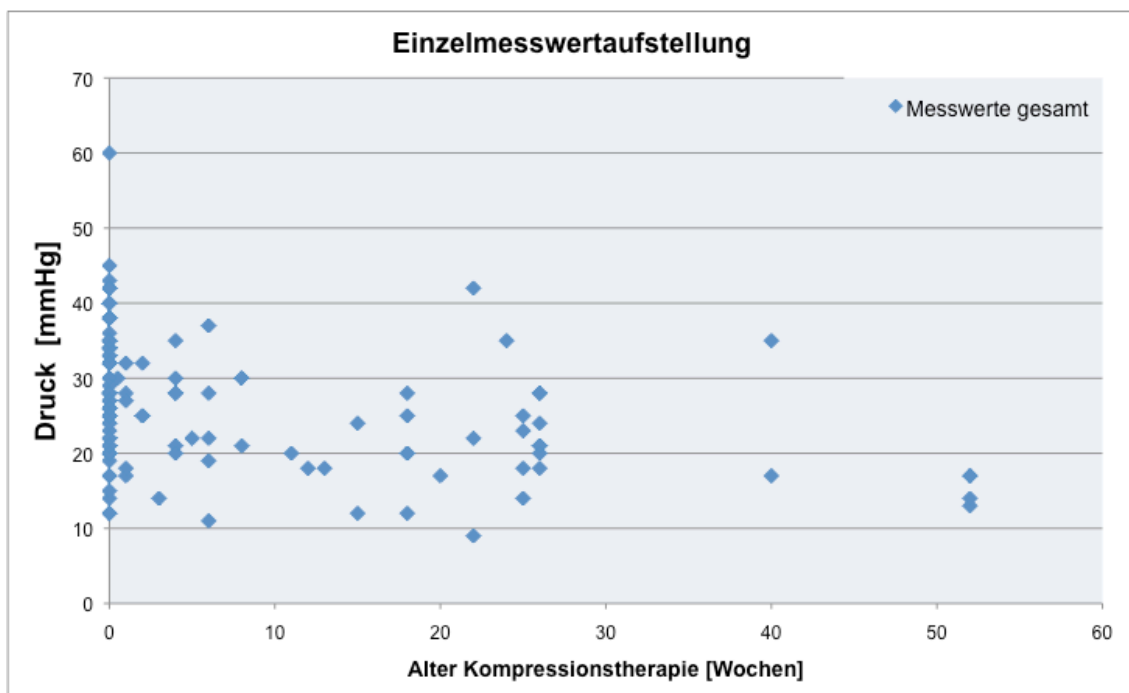
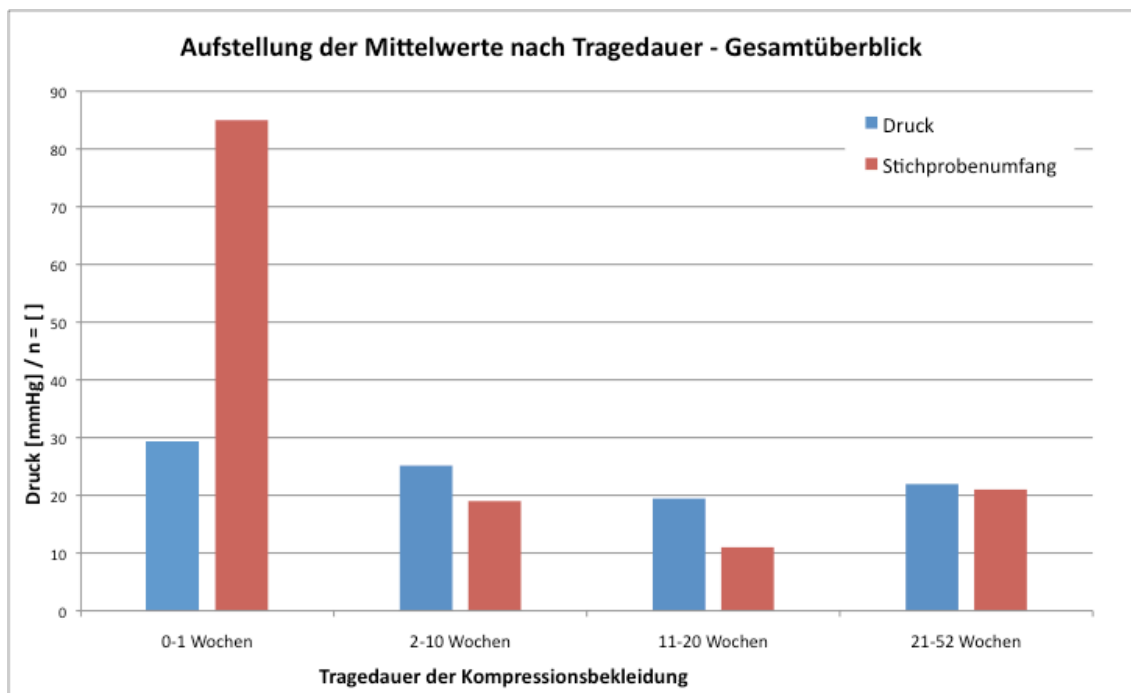


Diagramm 2: Aufstellung der gesamten Messwerte (n = 136)

In dieser Studie konnten von den gesamt 136 Messungen 85 (62,5%) Messwerte von neu angepassten Kompressionsanzügen gewonnen werden. 51 (37,5%) Messungen konnten an alter Kompressionstherapie gemacht werden. Um die Verteilung der Messwerte alter Therapiestücke besser zu gliedern, wurde das folgende Diagramm 3 erstellt. Es zeigt mittels blauer Balken eine Aufstellung der Mittelwerte über die Zeit. Eingefügt wurde ein zweiter, roter Balken. Hier lässt sich die Stichprobenzahl des angegebenen Zeitraumes ablesen.



**Diagramm 3: Mittelwertaufstellung der gesamten Messergebnisse gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang**

Die Messwerte an alten Kompressionsanzügen wurden in die Zeitgruppen von 2 bis 10 Wochen, 11 bis 20 Wochen und 21 bis 52 unterteilt.

Die Verteilung der Messdaten der beiden Patientengruppen wird in Diagramm 4 und 5 für Gruppe (K) und in Diagramm 6 und 7 für Gruppe (E) aufgeführt.

### 3.2.2 Messwerte der Gruppe (K)

In der Gruppe der Kinder können 57 (61,3%) der insgesamt 93 Messwerte neuen Kompressionsanzügen zugeordnet werden. 36 (38,7%) Messungen wurden an alten Kompressionstherapien durchgeführt. Das maximale Alter eines Anzuges betrug 52 Wochen.

Die Extremwerte lagen bei minimal 9mmHg an einem 22 Wochen alten Therapiestück und bei maximal 60mmHg von einem neuen Kompressionsanzug. Das Messspektrum neuer Kompressionsbekleidung reichte von 11mmHg bis 60mmHg, die Werte alter Kompressionstherapien lagen im Bereich von 9mmHg bis 42mmHg. Beide Werte wurden an einem Kleidungsstück nach 22 Wochen Nutzungsdauer gewonnen.

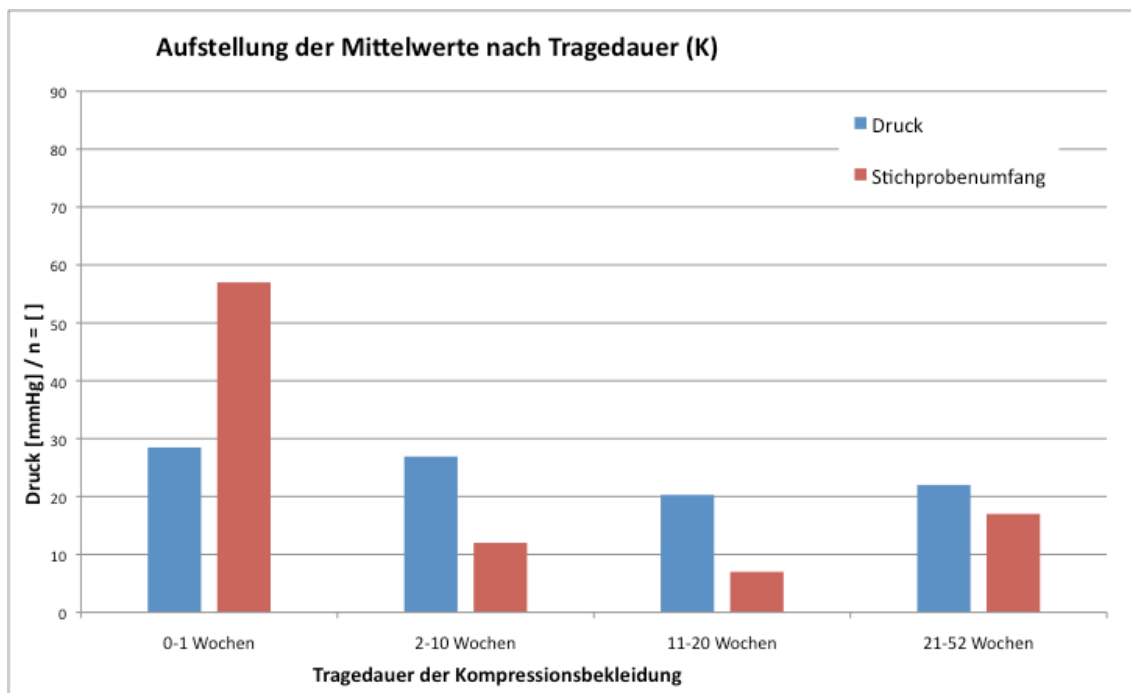


Diagramm 4: Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (K), gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang

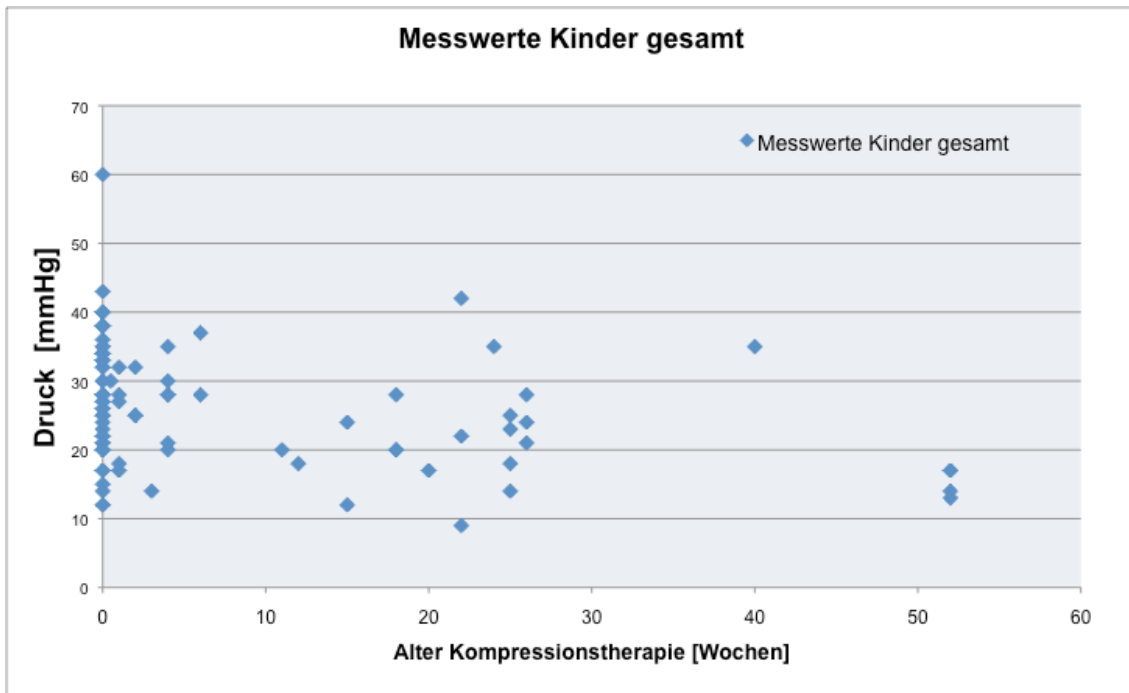


Diagramm 5: Aufstellung der Einzelmesswerte der Gruppe (K), n = 93

### 3.2.3 Messwerte der Gruppe (E)

Das maximale Alter einer Jobskin-Kompressionstherapie lag bei der Gruppe der Erwachsenen bei 40 Wochen. So konnten 15 (34,9%) von insgesamt 43 Messungen an alten Kompressionsbekleidungen gemacht werden. Die Zahl der Messungen an „Neuen“ betrug 28 (65,1%). Der kleinste gemessene Druck lag bei 11mmHg an einer 6 Wochen alten Kompressionsbekleidung. Der höchste Messwert wurde an einer neuen Kompressionstherapie mit 45mmHg gemessen.

Gruppiert nach neuen und alten Kompressionsanzügen sehen die Verteilungen der Messwerte folgendermaßen aus:

Neue Kompressionsbekleidungen fielen in ein Messspektrum von 19mmHg bis 45mmHg, an alten Maßanzügen konnten Messwerte von 11mmHg, 6 Wochen alt, bis 30mmHg, 8 Wochen alt, gewonnen werden.

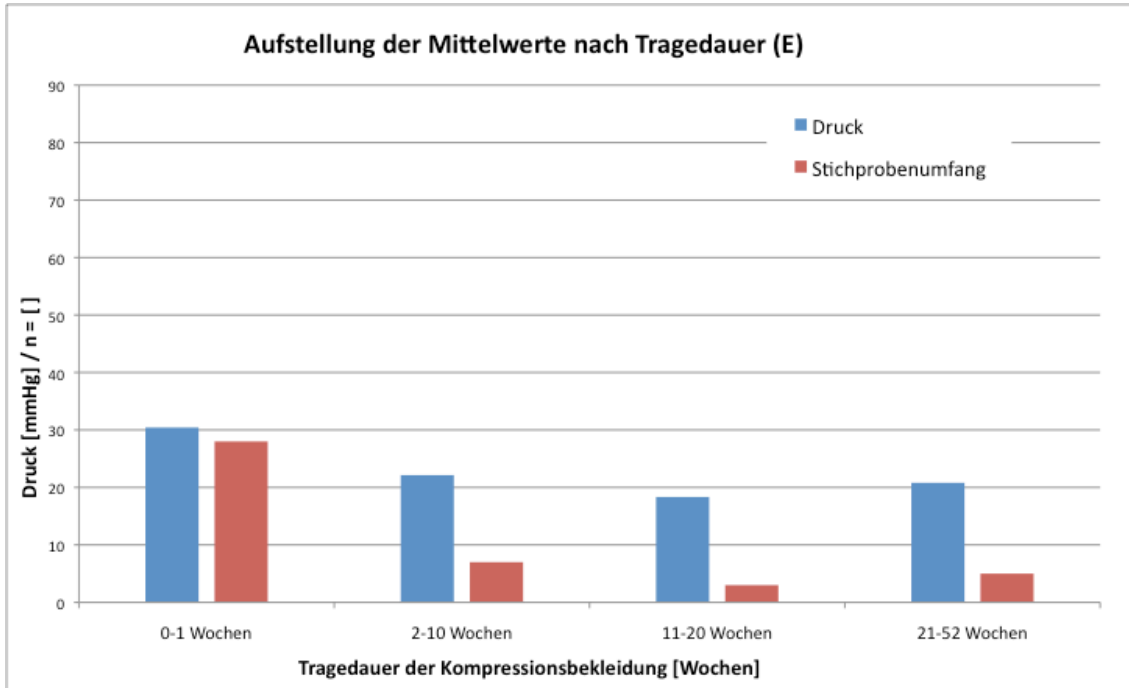


Diagramm 6: Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (E), gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang

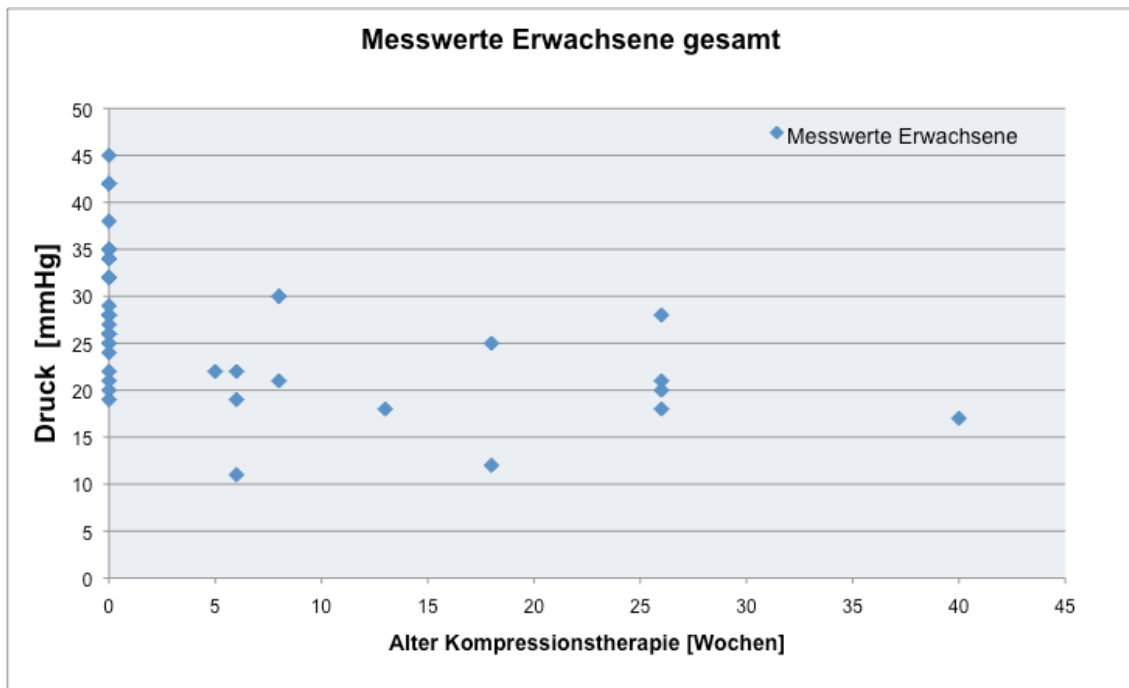


Diagramm 7: Aufstellung der Einzelmesswerte der Gruppe (E) (n = 43)



### 3.2.4 Mittelwerte aller Messergebnisse

Im folgenden Diagramm 8 werden die Mittelwerte der Messergebnisse beider Gruppen (E) und (K) nach Körperregionen gegliedert aufgezeigt.

Die blauen Säulen stellen jeweils den Gesamtdurchschnitt der Messwerte der jeweiligen Körperregion dar. Rote Säulen stehen für „neue“ Jobskin-Kompressionstherapien, die grünen Säulen markieren die Mittelwerte „alter“ Kompressionsbekleidung. Diese Farbanordnung ist für Diagramm 7 bis Diagramm 9 gültig.

Um die statistische Streuung der Messwerte um die Mittelwerte anzugeben, wurde jeweils die Standardabweichung berechnet. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde diese jeweils im Fließtext den Werten direkt beigefügt.

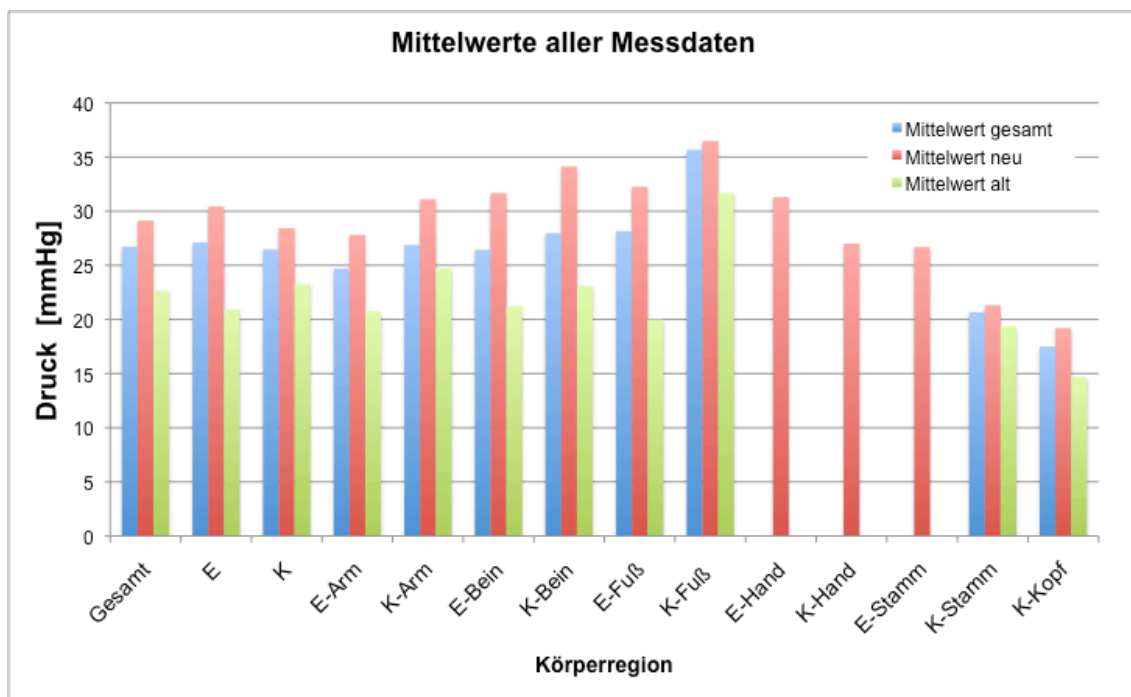


Diagramm 8: Mittelwerte der gesamten Messdaten, gegliedert nach Körperregion

Im Übersichtsdiagramm sind alle durchschnittlichen Messergebnisse aufgeführt. Der Durchschnittswert aller Messergebnisse lag bei  $27 \pm 8$  mmHg. Für „neue“ Kompressionsanzüge ergab sich ein Mittel von  $29 \pm 8$  mmHg, für „alte“ Kompressionsbekleidung fand sich der Wert bei  $23 \pm 7$  mmHg.

Die Extremwerte der Messungen lassen sich mit einem Minimum von  $17 \pm 4$  mmHg an alten Kompressionsanzügen am kindlichen Kopf und einem Maximum von  $36 \pm 8$  mmHg an neuen Kompressionsstrümpfen am Messpunkt Fuß der Gruppe (K) ermitteln. Die Messwerte der Gruppe (E) lagen innerhalb dieses Spektrums.

### 3.2.5 Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (K)

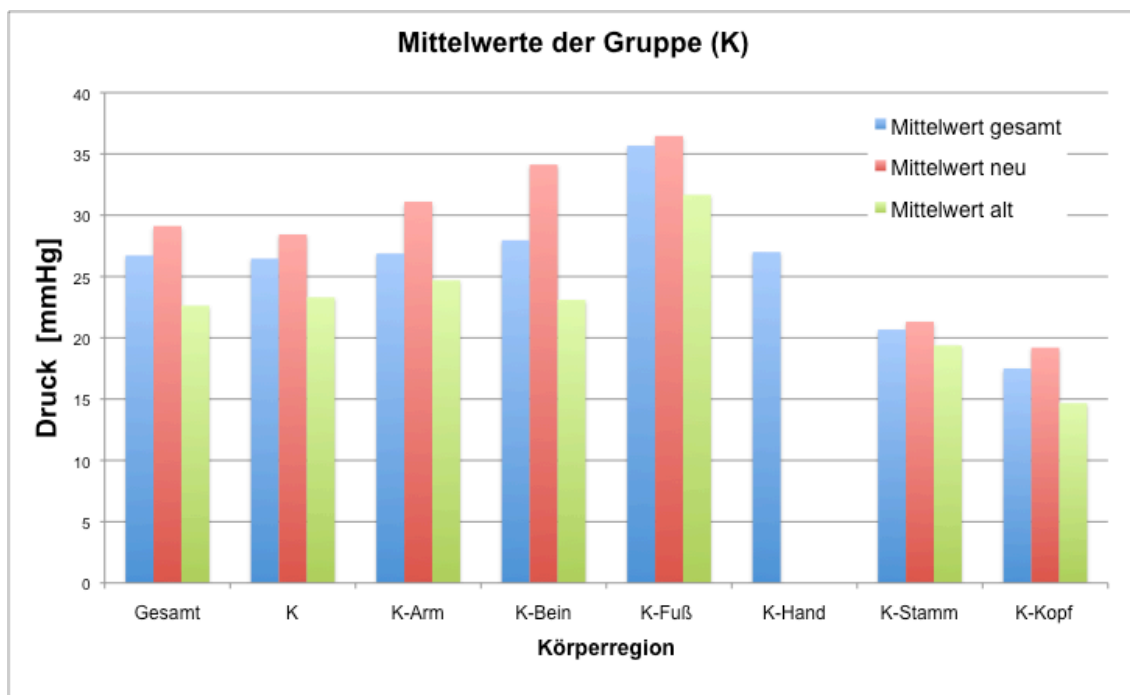


Diagramm 9: Mittelwerte der Gruppe (K), gegliedert nach Körperregion

Der durchschnittliche Kompressionsdruck der kindlichen Kompressionstherapie liegt bei  $26 \pm 9$  mmHg. „Neue“ Kompressionsbekleidungen erreichten einen mittleren Wert von  $28 \pm 9$  mmHg, „alte“ Anzüge lagen im Mittel bei  $23 \pm 8$  mmHg. Maximalwerte wurden mit  $36 \pm 8$  mmHg in der Region des Fußes gemessen, Minimalwerte ergaben die Messungen am Kopf mit  $17 \pm 4$  mmHg. Dazwischen postieren sich die übrigen Werte in folgender Reihenfolge: Bein ( $28 \pm 7$  mmHg), Hand (27 mmHg), Arm ( $27 \pm 5$  mmHg) und Stamm ( $21 \pm 7$  mmHg).

Bei dem Messwert der Hand sei darauf hingewiesen, dass es sich um einen Einzelwert handelt.

Die sich anschließende Tabelle zeigt eine Übersicht, aus welchen Messwertspektren sich die einzelnen Mittelwerte zusammensetzen. Für jede Körperregion werden die minimalen und maximalen Druckwerte für neue und alte Kompressionsbekleidungen angegeben.

| KINDER        | Min neu<br>[mmHg] | Max neu<br>[mmHg] | Mittel<br>[mmHg] | Min alt<br>[mmHg] | Max alt<br>[mmHg] | Mittel<br>[mmHg] |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Arm           | 26                | 34                | 31               | 17                | 35                | 24               |
| Bein          | 20                | 40                | 34               | 14                | 37                | 23               |
| Fuß           | 28                | (60*); 43         | 36               | 28                | 35                | 32               |
| Hand          | 27                | /                 | /                | /                 | /                 | /                |
| Kopf          | 14                | 24                | 19               | 13                | 17                | 15               |
| Stamm         | 12                | 33                | 21               | 9                 | 42                | 19               |
| <b>Gesamt</b> | 12                | 43                | 28               | 9                 | 42                | 23               |

Tabelle 3: Extremwertaufstellung der Gruppe (K), gegliedert nach Körperregion

Die gewonnenen Messwerte neuer Kompressionsbekleidung fielen in ein Spektrum von 12mmHg bis 43mmHg, alte Kompressionsanzüge maßen 9mmHg bis 42mmHg.

### 3.2.6 Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (E)

In der Gruppe (E) liegt der mittlere Kompressionsdruck aller betrachteten Messungen bei  $27 \pm 8$ mmHg. „Neue“ Kompressionskleidungsstücke erreichen einen Durchschnittsdruck von  $30 \pm 7$ mmHg, „alte“ Therapien weisen einen Mittelwert von  $21 \pm 6$ mmHg auf. Die Reihenfolge der Mittel der

Kompressionsdrücke lässt sich in der Erwachsenengruppe folgendermaßen beschreiben, beginnend mit dem Maximalwert:

Hand ( $31 \pm 6\text{mmHg}$ ), Fuß ( $28 \pm 8\text{mmHg}$ ), Stamm ( $27 \pm 7\text{mmHg}$ ), Bein ( $26 \pm 9\text{mmHg}$ ), Arm ( $25 \pm 7\text{mmHg}$ ).

Bei der Auflistung der Werte muss darauf hingewiesen werden, dass Messergebnisse an Hand und Stamm ausschließlich an neuen Kompressionstherapien durchgeführt wurden.

An neuen Kompressionsbekleidungen konnte insgesamt ein Messspektrum von  $19\text{mmHg}$  bis  $45\text{mmHg}$  erhoben werden, bei alten Kompressionsanzügen reichten die Werte von  $11\text{mmHg}$  bis  $30\text{mmHg}$ . Die Aufstellung der Extremwerte ist in Tabelle 4 nachzuvollziehen.

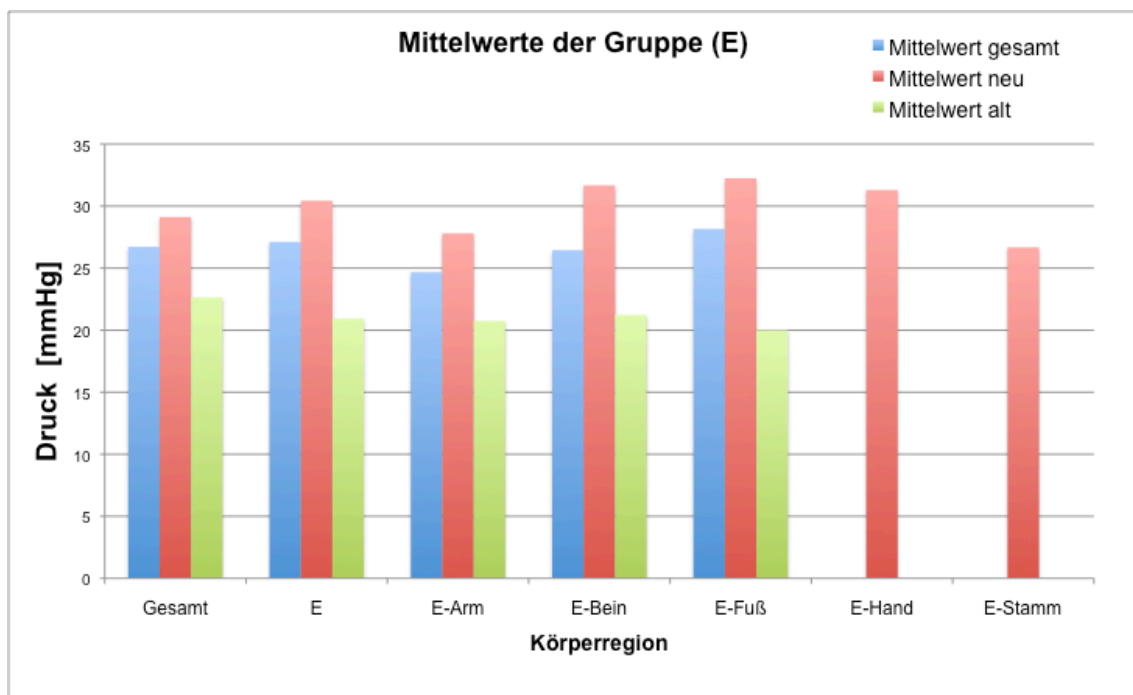


Diagramm 10: Mittelwerte der Gruppe (E), gegliedert nach Körperregion

| ERWACHSENE | Min neu<br>[mmHg] | Max neu<br>[mmHg] | Mittel<br>[mmHg] | Min alt<br>[mmHg] | Max alt<br>[mmHg] | Mittel<br>[mmHg] |
|------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Arm        | 19                | 38                | 28               | 18                | 25                | 21               |
| Bein       | 20                | 45                | 32               | 11                | 30                | 21               |
| Fuß        | 26                | 42                | 32               | 19                | 21                | 20               |
| Hand       | 26                | 42                | 31               | /                 | /                 | /                |
| Stamm      | 21                | 34                | 27               | /                 | /                 | /                |
| Gesamt     | 19                | 45                | 30               | 11                | 30                | 21               |

Tabelle 4: Extremwertaufstellung der Gruppe (E), gegliedert nach Körperregion

### 3.2.7 Mittelwertaufstellung der Messwerte gegliedert nach Gewebeunterlage

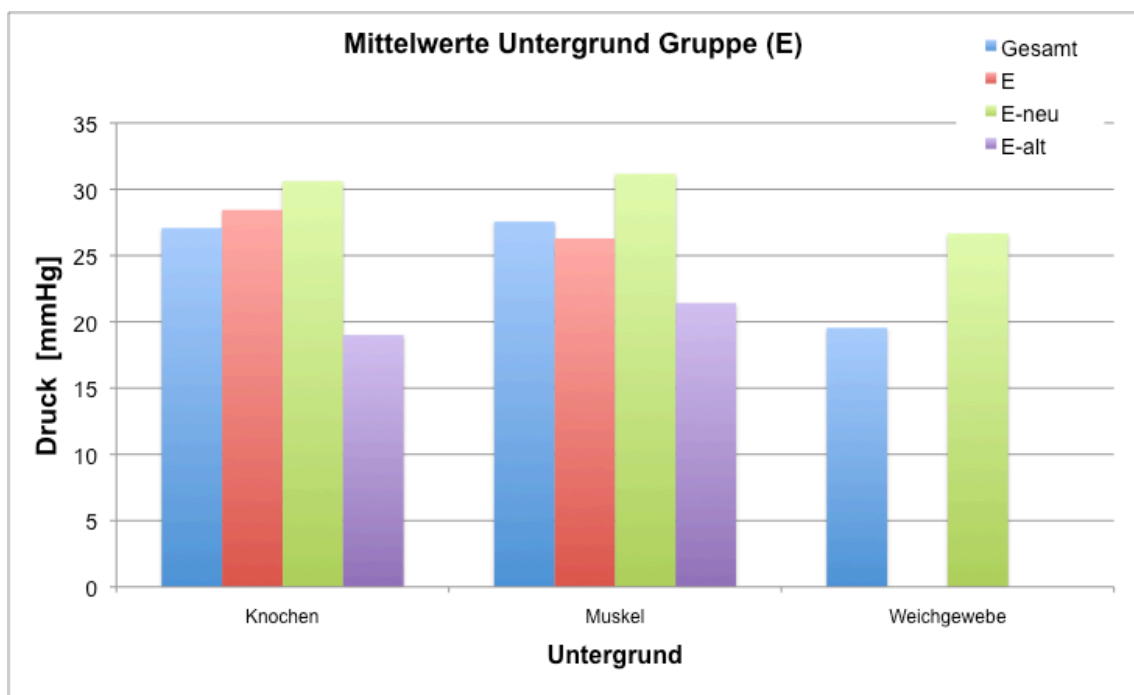


Diagramm 11: Mittelwerte der Untergrundgewebe Knochen, Muskel und Weichgewebe der Gruppe (E)

In den Diagrammen 11 und 12 werden die Mittelwerte der verschiedenen Gewebeunterlagen „Knochen“, „Muskel“ und „Weichgewebe“ aufgezeigt. Diagramm 11 zeigt die Mittelwerte der Gruppe (E), in Diagramm 12 sind die Mittelwerte der Gruppe (K) dargestellt. Die blauen Säulen zeigen den Mittelwert der gesamten Messungen beider Gruppen über einem Gewebeuntergrund, die roten Säulen den gruppenspezifischen Mittelwert. Mit der grünen Säule werden die Mittelwerte neuer Kompressionsbekleidungen über einem Untergrund definiert, die lila Säulen zeigen die Mittelwerte alter Maßanzüge.

Für die Gewebeunterlagen „Knochen“ und „Muskel“ konnten in beiden Gruppen Messungen an neuen und alten Kompressionstherapien gemacht werden. Für das „Weichgewebe“ stehen in der Gruppe der Erwachsenen im Gegensatz zu der Gruppe der Kinder ausschließlich Messungen an neuen Kompressionsanzügen zur Auswertung zur Verfügung.

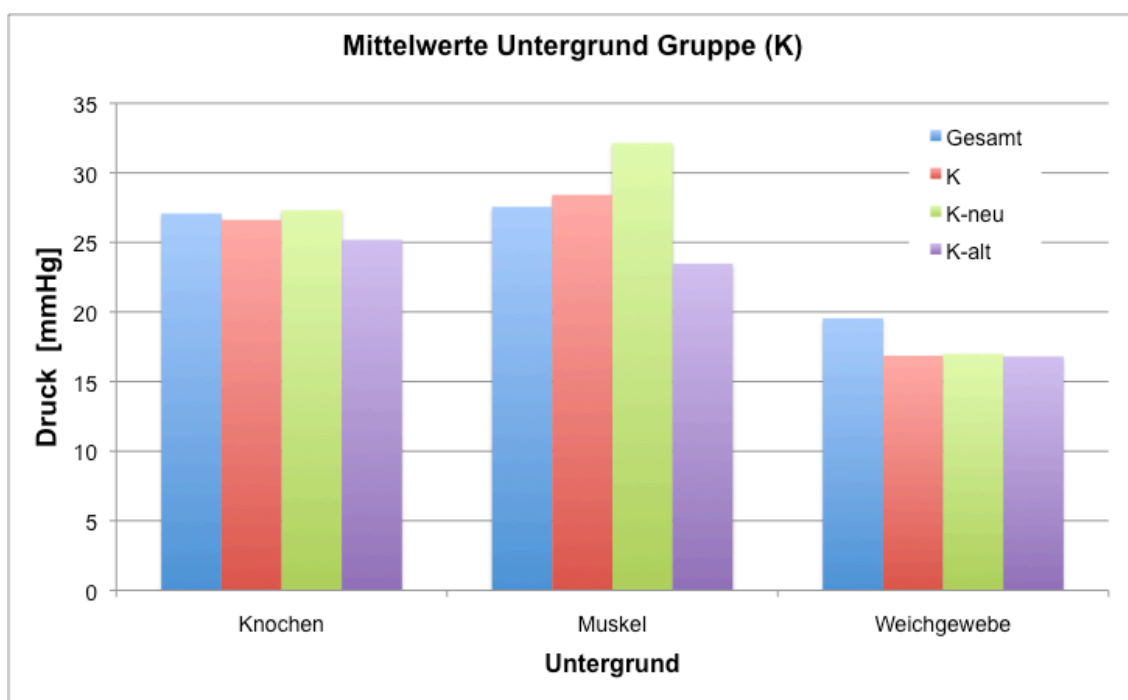


Diagramm 12: Mittelwerte der Untergrundgewebe Knochen, Muskel und Weichgewebe der Gruppe (K)

In Tabelle 5 und 6 sind die Extremwerte der Gruppen (K) und (E) über einem bestimmten Untergrundgewebe angegeben.

| <b>KINDER</b>      | <b>Min neu<br/>[mmHg]</b> | <b>Max neu<br/>[mmHg]</b> | <b>Mittel<br/>[mmHg]</b> | <b>Min alt<br/>[mmHg]</b> | <b>Max alt<br/>[mmHg]</b> | <b>Mittel<br/>[mmHg]</b> |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Knochen</b>     | 12                        | (60*); 40                 | 27                       | 9                         | 42                        | 25                       |
| <b>Muskel</b>      | 25                        | 43                        | 32                       | 14                        | 35                        | 23                       |
| <b>Weichgewebe</b> | 12                        | 25                        | 17                       | 13                        | 20                        | 17                       |
| <b>Gesamt</b>      | 16                        | (43*); 36                 | 25                       | 12                        | 32                        | 22                       |

Tabelle 5: Extremwertaufstellung der Guppe (K), gegliedert nach Untergrundgewebe

Betrachtet man oben stehende Tabelle, so lässt sich ein Messspektrum von minimal 9mmHg an alten Kompressionskleidungen über knöchernem Untergrundgewebe erkennen und ein Maximalwert von 43mmHg neuer Anzüge über muskulösem Untergrund. Der Maximalwert von 60mmHg über Knochen stellt einen absoluten Spitzenwert ohne vergleichbare Werte im gesamten Messspektrum dar.

| <b>ERWACHSENE</b>  | <b>Min neu<br/>[mmHg]</b> | <b>Max neu<br/>[mmHg]</b> | <b>Mittel<br/>[mmHg]</b> | <b>Min alt<br/>[mmHg]</b> | <b>Max alt<br/>[mmHg]</b> | <b>Mittel<br/>[mmHg]</b> |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Knochen</b>     | 22                        | 42                        | 31                       | 17                        | 19                        | 19                       |
| <b>Muskel</b>      | 19                        | 45                        | 31                       | 11                        | 30                        | 21                       |
| <b>Weichgewebe</b> | 21                        | 34                        | 27                       | /                         | /                         | /                        |
| <b>Gesamt</b>      | 21                        | 40                        | 30                       | 14                        | 25                        | 20                       |

Tabelle 6: Extremwertaufstellung der Guppe (E), gegliedert nach Untergrundgewebe

In Tabelle 6 erkennt man einen Minimalwert von 11 mmHg an alten Kompressionsanzügen auf Muskel. Den Maximalwert findet man mit 45 mmHg an neuen Kompressionsstücken, ebenso auf muskulösem Untergrundgewebe.

## **4. DISKUSSION**

### **4.1 Indikationsstellung**

Primär muss die Durchführung einer Kompressionstherapie nicht diskutiert werden, denn es ist anerkannt, dass eine Anwendung dieser konservativen poststationären Therapiemethode hinsichtlich kosmetischer und funktionaler Ergebnisse nach Brandverletzungen von großem Nutzen ist [6]. Deshalb wurde die Therapiemethode in den Leitlinien zur Verbrennungstherapie verankert [29]. Es lohnt jedoch einen Blick auf weitere Anwendungsgebiete der Kompressionsbehandlung in der kinderchirurgischen und der chirurgischen Versorgung Erwachsener zu werfen.

Die beiden vorliegenden Patientengruppen lassen deutlich erkennen, dass die Indikationsstellung erstens über die Versorgung Brandverletzter hinausgeht und zweites ein Unterschied in der Indikationsstellung der Kompressionstherapie zwischen Kindern und Erwachsenen besteht.

Stand bei Kindern tatsächlich die Therapie von thermischen Verletzungen auf Grund von Verbrühungen und Verbrennungen mit 61,7% der Versorgungen im Vordergrund so waren es bei Erwachsenen 52,0% mechanische Verletzungsmuster welche die Versorgung großer Wundflächen notwendig machten. Man kann hier von einer repräsentativen Verteilung von Verletzungen ausgehen, betrachtet man das Verteilungsmuster in der gesamten BRD an stationären Aufhalten beider Patientengruppen [30].

Deckungsgleich ist oftmals das Ziel, sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen, autolog transplantiertes Gewebe durch Kompression von außen schneller und besser einheilen zu lassen. Die tertiäre Wundheilung spiegelt sich in der Gruppe der Kinder mit 40,0% der Patienten, in der Erwachsenenengruppe wurden 56,0% mit Hauttransplantaten versorgt.

### **4.2 Analyse des Kompressionsdrucks**

Aufgrund der Kapillarkompressionstheorie geht man davon aus, dass der Druck, den eine Kompressionstherapie auf das darunterliegende Gewebe auswirkt, mindestens einen Wert von 25mmHg haben sollte [6,9,11,12]. Nur



dann kann man adäquate Ergebnisse in der Prophylaxe und Therapie an hypertrophen Narben erzielen. Aus vorausgegangenen Studien weiß man, dass in der Kompressionsbehandlung von Kindern ein durchschnittlicher Wert von 26mmHg erreicht werden kann [18].

Es wurden jedoch bislang in keiner Studie die Druckwerte von Kompressionsbekleidungen Erwachsener und Kinder analysiert und einander gegenübergestellt. Man weiß also nicht, ob sich auf Grund der anatomischen Unterschiede zwischen dem kindlichen und dem erwachsenen Körper spezielle Verhältnisse des Kompressionsdrucks einstellen und dies die vorbeschriebenen Unterschiede der Spätergebnisse erklären könnte [19]. Bei eventuellen Unterschieden müssten dann spezifische Herangehensweisen bei der Anpassung der Kompressionsbekleidung verlangt werden.

In Abbildung 6 wird zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Körperbauten die Veränderung der Körperproportionen eines männlichen Säuglings bis zum erwachsenen Mann aufgezeigt.

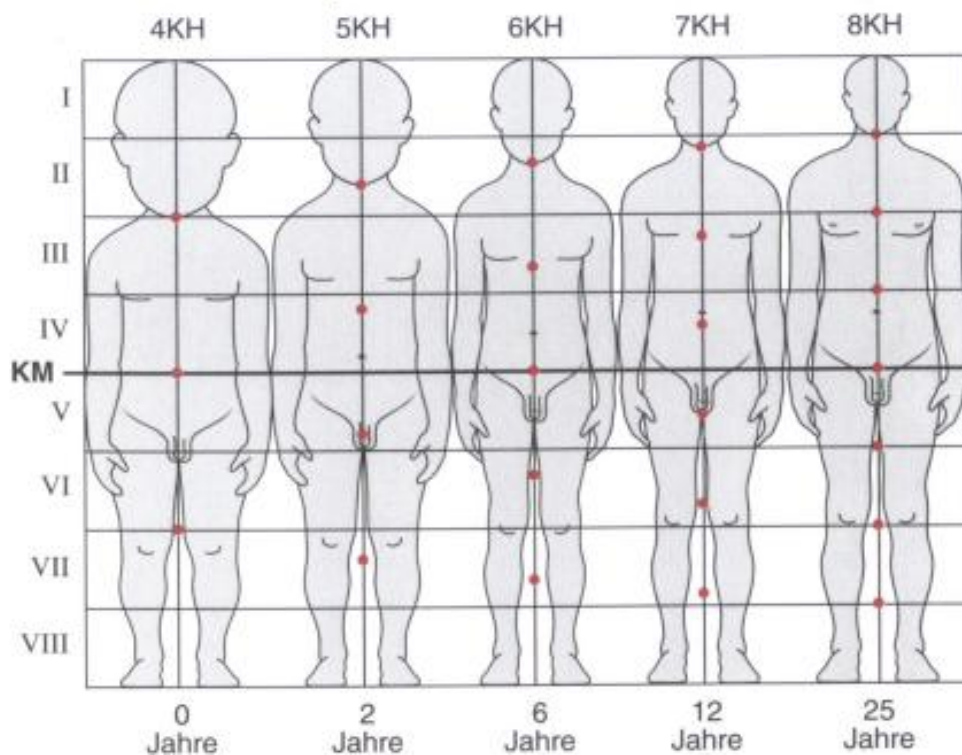


Abbildung 10: Veränderung der Körperproportionen vom Säugling zum Erwachsenen [31]

Anhand der Abbildung lässt sich erkennen, dass sich die Proportionen von Kopflänge und Gesamtlänge im Laufe des Wachstums völlig verschieben. So misst die Kopflänge eines Neugeborenen ein Viertel der Gesamtlänge, während der Wachstumsphase verschieben sich die Proportionen, so dass bei einem sechsjährigen Kind die Kopflänge bereits nur noch ein Sechstel der Körperlänge beträgt. Im Erwachsenenalter stellt sich ein Verhältnis von Kopflänge zu Gesamtlänge von 1 : 8 ein [32].

So stellt sich also die Frage, ob eine solche Veränderung der Körpermaße auch Auswirkung auf die Druckverhältnisse unter einer Kompressionstherapie hat.

#### **4.2.1 Analyse des Kompressionsdruckes nach Lokalisation**

Im Folgenden werden die beiden zu analysierenden Gruppen (K) und (E) gegenübergestellt. Nach Körperregionen gegliedert wird darauf eingegangen, ob sich signifikante Unterschiede in der Darstellung des Kompressionsdruckes zeigen lassen.

Zunächst wird jeweils der Druck unter „neuer“ Kompressionsbekleidung betrachtet, im Anschluss wird auf die Druckverhältnisse „alter“ Kompressionsanzüge eingegangen. Besonderheiten einzelner Körperregionen, beispielsweise schwierig zugängliche Stellen für die Kompressionsbehandlung werden ebenfalls erläutert und diskutiert.

In Diagramm 13 bis Diagramm 17 stehen dabei die blauen Säulen für den Gesamtmittelwert der zu beurteilenden Körperregion, die roten Säule für den Wert unter neuer Kompressionstherapie und die grünen Säulen für die Druckwerte unter alten Kompressionsanzügen.

#### **Vergleich des Kompressionsdruckes insgesamt**

Mit dem Diagramm 12 wird zunächst ein Überblick über die Gesamtverteilung der Druckverhältnisse in beiden Gruppen gegeben. Es lässt sich erkennen, dass die Gesamtmittelwerte sowohl der Gruppe (E) als auch der Gruppe (K) nicht weit von dem Gesamtdurchschnitt aller Werte entfernt liegen und sich nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Der durchschnittliche Kompressionsdruck der Kompressionsbekleidungen der Kinder beträgt in

dieser Studie 26,47mmHg, der Mitteldruck der Erwachsenen liegt bei 27,11mmHg. Somit liegt der Durchschnittsdruck beider Gruppen über dem geforderten Minimum von 25mmHg Kapillardruck.

Als **erste Beobachtung** kann festgehalten werden:

Die Gesamtmittelwerte beider Gruppen unterscheiden sich nur gering.

Weiter lässt sich feststellen, dass ein enormer Druckunterschied zwischen neuen und alten Kompressionsanzügen besteht. Dies findet sich in der Gruppe der Erwachsenen und auch in der Gruppe der Kinder.

So kann man eine **zweite Beobachtung** formulieren:

Es bestehen enorme Druckunterschiede zwischen neuen und alten Kompressionsanzügen.

Die Signifikanz der beiden Beobachtungen wurde mittels Student-t-Test überprüft und ergab für die erste Beobachtung folgende Ergebnisse:

Gegenüberstellung Gruppe (E) und (K) insgesamt:

$$p = 0,67$$

Gegenüberstellung Gruppe (E) und (K) an neuen Kompressionsanzügen:

$$p = 0,28$$

Gegenüberstellung Gruppe (E) und (K) an alten Kompressionsanzügen:

$$p = 0,23$$

Mit Hilfe oben stehender Werte wurde bewiesen, dass zwischen den beiden Gruppen (E) und (K) kein signifikanter Unterschied bezüglich der Gesamtschau der Messergebnisse besteht. Daraus muss man also schließen, dass sich der unterschiedliche Körperbau der beiden Patientengruppen nicht auf den Druckverlauf unter einer Kompressionstherapie auswirkt.

Für die zweite Beobachtung wurden folgende p-Werte für die Gegenüberstellung neuer und alter Kompressionsanzüge berechnet:

Gruppe (E):  $p = 3,1 \times 10^{-5}$

Gruppe (K):  $p = 0,004$

Ein signifikanter Unterschied zwischen neuen und alten Kompressionsanzügen kann somit für beide Gruppen bestätigt werden.

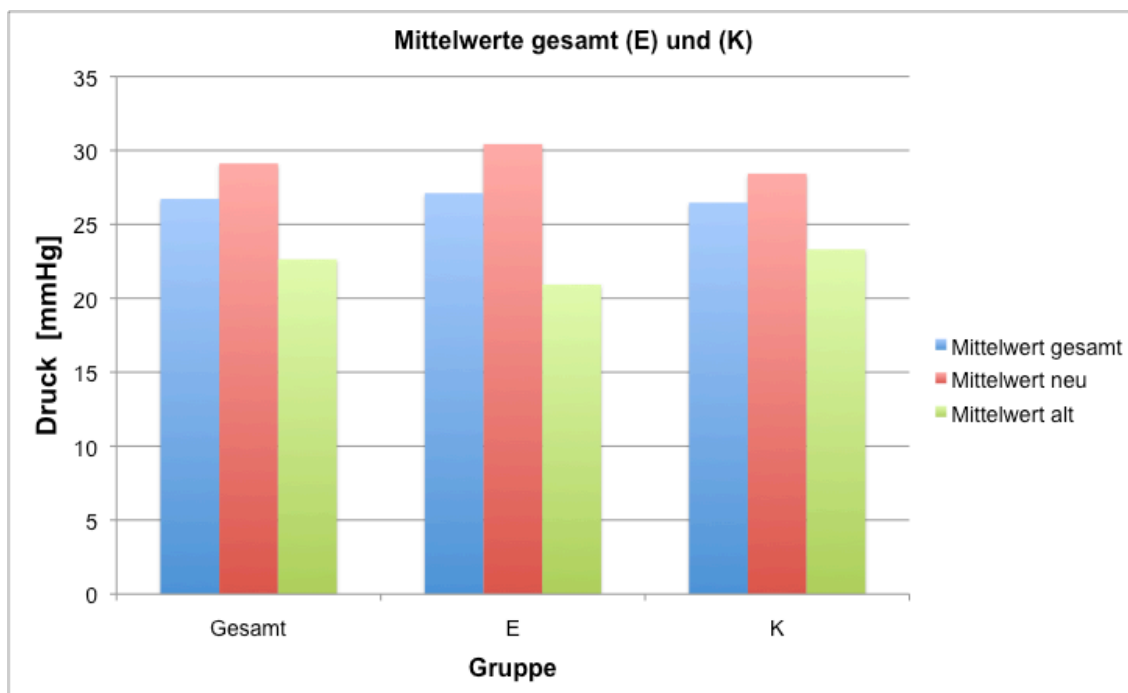


Diagramm 13: Darstellung der gesamten Mittelwerte bei Erwachsenen und Kindern

Weitere Analysen der Druckverhältnisse können mit diesen Durchschnittswerten jedoch nicht getroffen werden, deshalb folgt eine strukturierte Aufarbeitung der Messergebnisse, gegliedert nach Lokalisation der Messung und vorliegendem Untergrundgewebe der Druckermittlung beider Gruppen.

## Vergleich des Kompressionsdruckes an der oberen Extremität

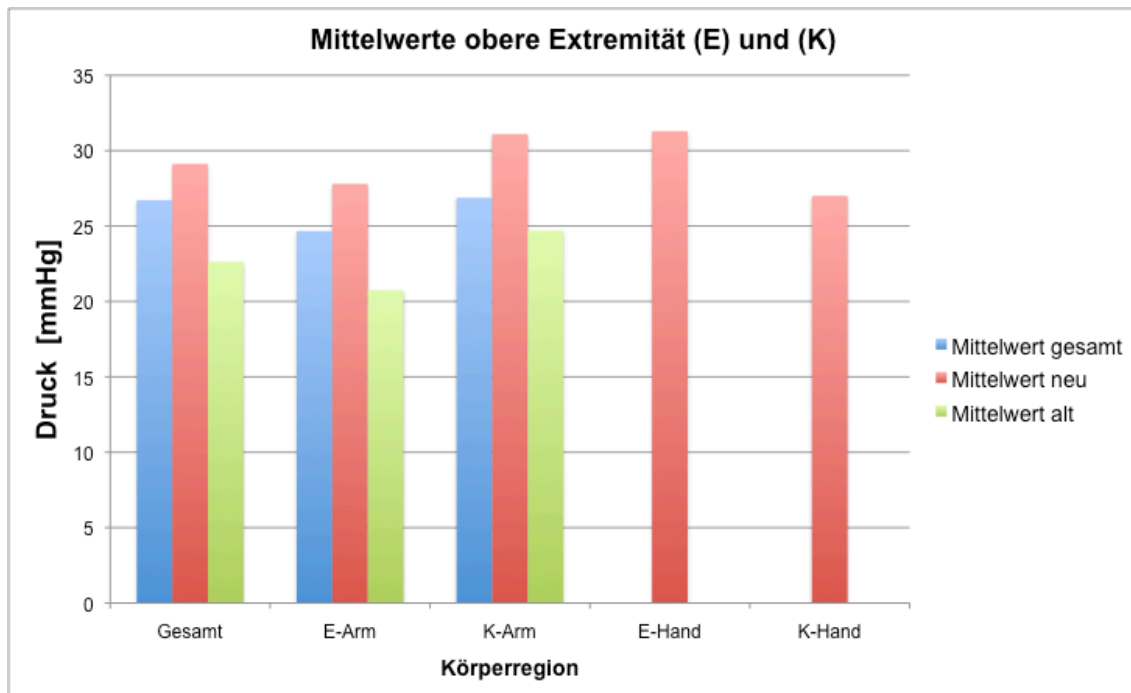


Diagramm 14: Darstellung der Mittelwerte der oberen Extremität bei Erwachsenen und Kindern

An der oberen Extremität im Bereich „Arm“ finden sich innerhalb des gesamten Messzeitraums durchschnittliche Druckwerte von 25mmHg in der Gruppe der Erwachsenen und 27mmHg in der Gruppe der Kinder. Diese Region wurde an 16 Kindern und 9 Erwachsenen untersucht. Somit liegt der Mittelwert der beiden Gruppen über, beziehungsweise im Bereich des geforderten Minimums von 25mmHg. Hieraus lässt sich schließen, dass der durchschnittliche Kompressionsdruck bei sowohl Kindern als auch Erwachsenen in der Region des Armes im Mittel genügt eine adäquate Therapie zu gewährleisten.

Die initialen Druckwerte an neuen Kompressionsärmeln erreichten erwartungsgemäß in beiden Gruppen sogar Werte oberhalb der geforderten 25mmHg. Im zeitlichen Verlauf ließ der Druck auf die zu komprimierende Hautpartie jedoch nach. Bei der Gruppe der Erwachsenen zeigte sich im Mittel ein Druckverlust von 25% in durchschnittlich 16 Wochen. Die Messwerte fielen von 28mmHg an neuen Kompressionsärmeln auf 21mmHg an alten Kompressionsärmeln.

Der Druckwert neuer Kompressionsbekleidung der Gruppe der Kinder lag bei 31mmHg. Mit einem Druckverlust von 21% konnte ein mittlerer Druck von noch 25mmHg gemessen werden. Die Ärmel waren im Mittel 24 Wochen alt.

In Diagramm 12 lässt sich erkennen, dass die höchsten Druckwerte in der Region „Arm“ der Gruppe Kinder und „Hand“ der Gruppe der Erwachsenen an neuen Kompressionskleidungsstücken gemessen wurden.

Als ursächlich für die sehr hohen Messergebnisse in der Region „Hand-Erwachsene“ kann die Tatsache der massiven Schwellneigung der Hand nach operativen Eingriffen gewertet werden. Aus der klinischen Erfahrung lässt sich schließen, dass Erwachsene insbesondere im Bereich der Hände und Füße starke Ödeme ausbilden können. Diese Auswirkung kommt hier besonders zur Geltung da im Regelfall der Handschuh bereits vor dem chirurgischen Eingriff angepasst wird.

Zusammenfassend lassen sich demnach folgende zwei Aussagen über die gewonnenen Messwerte der Region „Arm“ treffen:

**Aussage 1:**

Die Mitteldrücke der kindlichen Kompressionstherapie sind durchschnittlich höher als die der Erwachsenen.

**Aussage 2:**

Die Mitteldrücke unter neuer Kompressionstherapie sind durchschnittlich höher als unter Alter.

Die Beurteilung der beiden Aussagen auf ihre Signifikanz wird mittels Prüfung der Messwerte durch Student-t-Test durchgeführt:

**Überprüfung der Aussage 1:**

Die Signifikanzen für den Bereich Arm im Vergleich (E) und (K) liegen für

- neue Anzüge bei  $p = 0,50$
- alte Anzüge bei  $p = 0,12$
- Anzüge Arm gesamt bei  $p = 0,42$

Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen kann somit für den Bereich Arm nicht bestätigt werden, da  $p > 0,05$ .

Die Berechnung der Signifikanzen für den Bereich Hand ist auf Grund der geringen Stichprobe nicht durchführbar.

**Folgerung:**

Ebenso in der Gesamtschau der Kompressionsärmel als auch bei der Betrachtung neuer und alter Kompressionstherapien des Armes im Speziellen kann davon ausgegangen werden, dass sich trotz anatomischer Verschiedenheit zwischen Kindern und Erwachsenen kein signifikanter Unterschied in der Narbenbehandlung durch Kompressionsanzüge dieser Körperregion besteht.

**Überprüfung der Aussage 2:**

Die Signifikanzen für den Bereich Arm im Vergleich neuer und alter Kompressionsärmel liegen für

- die Gruppe der Kinder bei  $p = 0,02$
- die Gruppe der Erwachsenen bei  $p = 0,12$
- die gesamten Anzüge Arm alt/neu bei  $p = 0,018$

Aus den Ergebnissen lässt sich ein signifikanter Unterschied der Messwerte für alte und neue Kompressionsbekleidung des Bereichs Arm der Gruppe der Kinder ersehen, da  $p < 0,05$ . Diese Signifikanz besteht ebenso für die Gesamtschau aller Messungen dieser Körperregion.

Jedoch konnte in der Gruppe der Erwachsenen keine signifikanten Druckunterschiede zwischen neuer und alter Kompressionsbekleidung für die Region Arm ermittelt werden. Ein wesentlicher Grund hierfür könnte die geringe Stichprobenzahl von vier Messungen an alten Kompressionsärmeln sein.

**Folgerung:**

Wie schon in vorausgegangenen Studien beschrieben, konnte auch hier erneut bestätigt werden, dass sich die Druckstärke von neuer und alter Kompressionsbekleidung signifikant unterscheidet [12,18]. Im Hinblick darauf

dass eine geringe Patientenzahl in der Gruppe der Erwachsenen zu überprüfen war, muss man diese Aussage in Frage stellen. Eine erneute Überprüfung mit erweiterter Patientenzahl wäre anzustreben, insbesondere da in anderen Körperregionen durchaus ein signifikanter Druckunterschied ermittelt wurde.

#### 4.2.2 Vergleich des Kompressionsdruckes an der unteren Extremität

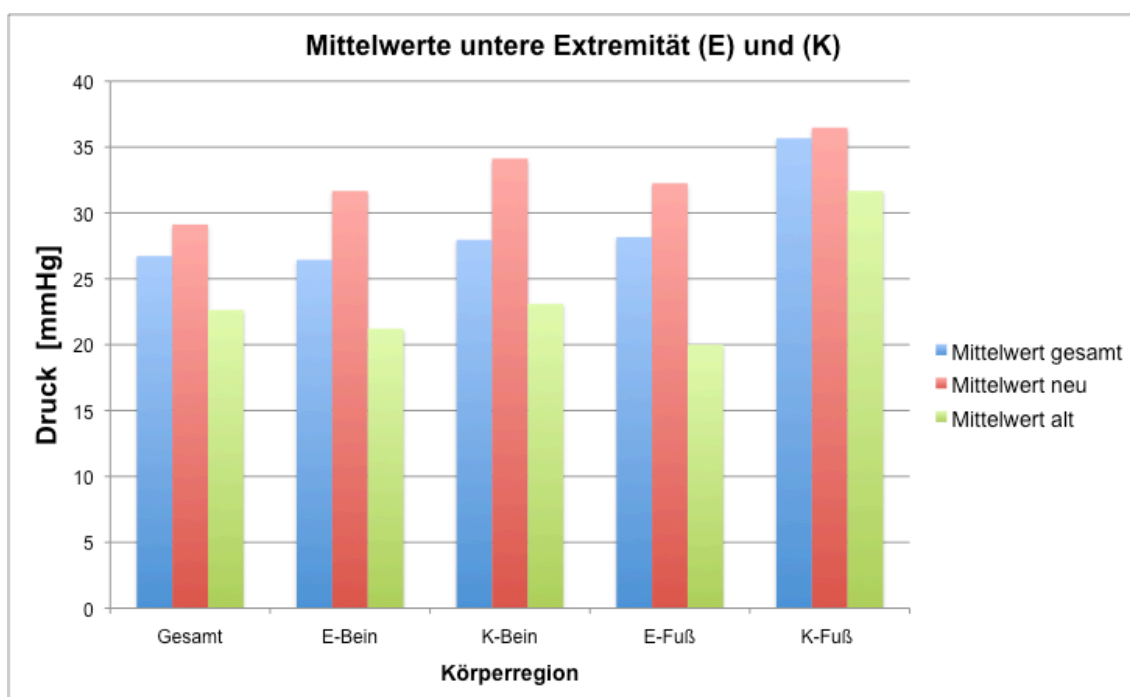


Diagramm 15: Darstellung der Mittelwerte der unteren Extremität bei Erwachsenen und Kindern

In vorausgegangenen Untersuchungen von Kompressionsbekleidungen an Kindern konnte festgestellt werden, dass sich die Maximalwerte aller Messwerte an der unteren Extremität fanden [17]. Auch in dieser Messreihe konnte dies bestätigt werden. Sowohl in der Gruppe (K) als auch in der Gruppe (E) waren die Messwerte im Durchschnitt dort am höchsten.

Die Ursache dafür könnte sein, dass sich maßgefertigte Kompressionsbekleidungen dort am besten anschmiegen. Es gibt nahezu keinen Bereich, bei dem es auf Grund der Anatomie zum Absinken des Druckes kommt. Gemeint ist damit beispielsweise eine konkav geformte Körperoberfläche, wie in der Region der Axilla oder prominente



Knochenvorsprünge wie sie im Bereich der Klavikel zu finden sind [1]. Zudem lässt die geschlossene zirkuläre Anlage der Kompressionsbekleidung in Form von Strümpfen, Strumpfhosen oder Leggings keinen Druckverlust nach außen zu. Das unterliegende Gewebe spielt zusätzlich eine große Rolle, handelt es sich hierbei um einen größtenteils muskulären und knöchernen Untergrund an Sprunggelenk, Schienbeinvorderkante und Knieregion. Auf diesen Aspekt wird in Punkt 4.3 näher eingegangen, siehe dort.

In der Gegenüberstellung von K und E scheinen die Mittelwerte nur um einen geringen Bereich zu schwanken, vor allem die Regionen E-Bein, E-Fuß und K-Bein. Nur in der Region K-Fuß wirken die Mittelwerte deutlich höher.

Auch bei der Betrachtung des durchschnittlichen Druckverlustes lassen sich die Regionen E-Bein, K-Bein und E-Fuß zusammen betrachten. Die Höhe des Druckverlustes liegt hierbei in der Region E-Bein bei 33%, von 32mmHg auf 21mmHg in durchschnittlich 18 Wochen. In derselben Region in der Gruppe der Kinder wurde ein Druckverlust von 32%, 34mmHg auf 23mmHg in 12 Wochen, festgestellt. Im Bereich E-Fuß konnte sogar ein Nachlassen des Druckes um 38%, von 32mmHg auf 20mmHg nach 7 Wochen Tragen der Kompressionskleidung ermittelt werden.

Verglichen mit dem Gesamtdurchschnitt des Druckverlustes aller „alter“ Kompressionstherapien, der bei 22% liegt, wird dieser an der unteren Extremität deutlich überboten. Eine Testung auf Signifikanz wurde durchgeführt.

Ähnlich der Aufstellung der Mittelwerte, lässt sich auch bei der Betrachtung des Druckverlusts der Region K-Fuß ein Unterschied zu den anderen Regionen der unteren Extremität feststellen. Hier betrug das Nachlassen des Druckes von 36 mmHg auf 32 mmHg nur 13% in durchschnittlich 10 Wochen.

Folglich ergeben sich aus oben ermittelten Ergebnissen diese Fragestellungen:

**Fragestellung 1:**

Lassen sich signifikante Unterschiede in den Messwerten kindlicher und erwachsener Kompressionsanzüge im Bereich des Beines nachweisen?

### **Fragestellung 2:**

Lassen sich signifikante Unterschiede in den Messwerten kindlicher und erwachsener Kompressionsanzüge im Bereich des Fußes ermitteln?

### **Fragestellung 3:**

Lassen sich signifikante Unterschiede in den Messwerten an neuer und alter Kompressionstherapie der unteren Extremität finden?

Die Ausarbeitung der Signifikanzen der Fragestellungen erfolgt durch Bearbeitung der Messergebnisse mittels Student-t-Testung:

### **Überprüfung der Fragestellung 1:**

Die Signifikanzen für den Bereich Bein im Vergleich Gruppe (E) und (K) liegen für

- neue Anzüge bei  $p = 0,47$
- alte Anzüge bei  $p = 0,1$
- Anzüge Bein gesamt bei  $p = 0,57$

Ein signifikanter Unterschied im Bereich des Beines konnte weder für neue noch für alte Anzüge bestätigt werden, da  $p > 0,05$ .

### **Überprüfung der Fragestellung 2:**

Die Signifikanzen für den Bereich Fuß im Vergleich der Gruppe (E) und (K) liegen für

- neue Anzüge bei  $p = 0,34$
- alte Anzüge bei  $p = 0,017$
- Anzüge Fuß gesamt bei  $p = 0,087$

Ein signifikanter Unterschied im Bereich des Fußes konnte für neue Anzüge nicht bestätigt werden, da  $p > 0,05$ . Auch der p-Wert in der Gesamtschau der Kompressionsstrümpfe an Kindern und Erwachsenen übersteigt den Grenzwert. Auffällig ist allerdings ein signifikanter Unterschied für alte Kompressionstherapien am Fuß.

### **Überprüfung der Fragestellung 3:**

Die Signifikanzen für den Bereich untere Extremität im Vergleich neuer und alter Kompressionsanzüge der unteren Extremität liegen für

- die Gruppe der Kinder im Bereich des Beines bei  $p = 0,41$
- die Gruppe der Kinder im Bereich des Fußes bei  $p = 0,14$
- die Gruppe der Erwachsenen im Bereich des Beines bei  $p = 0,01$
- die Gruppe der Erwachsenen im Bereich des Fußes bei  $p = 0,04$

In der Gruppe der Kinder kann weder für den Bereich des Beines noch für den Bereich des Fußes ein signifikanter Unterschied zwischen alten und neuen Kompressionsanzügen bestätigt werden. Im Gegensatz dazu ist dies für die Gruppe der Erwachsenen jedoch der Fall. Mit einem p-Wert von  $< 0,05$  liegen die Ergebnisse des Student-t-Tests dieser Region unter dem geforderten Limit.

### **Folgerung:**

Legt man das Augenmerk der Auswertung der unteren Extremität auf die Region des Beines können ebenso wie in der Region des Armes keine signifikanten Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen in der kompressionstherapeutischen Behandlung festgestellt werden. Auch hier sind scheinbare Unterschiede der anatomischen Gegebenheiten kein Anlass für verschiedene Wirkweisen der Kompressionsanzüge.

Betrachtet man jedoch die Region des Fußes, zeigen sich dort signifikante Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen. Allerdings bestehen die Unterschiede nicht schon primär nach der Anpassung, sondern erst sekundär beim Vergleich von alten Kompressionsanzügen.

Ursächlich stehen hier zwei zu überlegende Punkte im Vordergrund:

1. Der erwachsene Fuß hat nach einem Trauma eine stärkere Schwellneigung als der kindliche Fuß.
2. Bei Erwachsenen wird auf Grund der größeren Belastung des Materials die Struktur dessen rascher beeinträchtigt.

#### 4.2.3 Vergleich des Kompressionsdruckes am Stamm

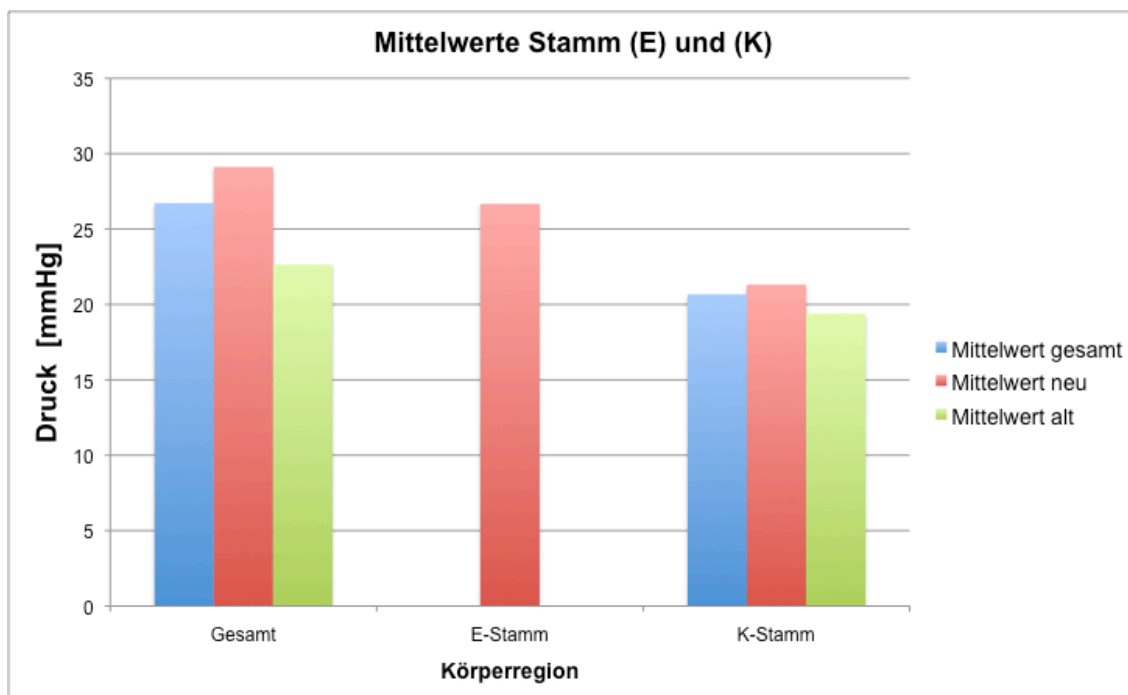


Diagramm 16: Darstellung der Mittelwerte des Stamms bei Erwachsenen und Kindern

Zunächst muss festgehalten werden, dass hier der Körperstamm ohne die Werte des Kopfes betrachtet wird. Dieser wird auf Grund der speziellen anatomischen Gegebenheiten und des alleinigen Vorkommens in der Gruppe (K) gesondert aufgeführt.

Am Stamm liegt der Mittelwert des Drucks der Gruppe (K) von neuer Kompressionsbekleidung bei  $21 \pm 6$  mmHg, der an alter Bekleidung bei  $19 \pm 10$  mmHg, was einen Druckverlust von 9,5% darstellt. Der Durchschnitt aller kindlichen Kompressionstherapien am Stamm hat den Wert von  $21 \pm 7$  mmHg ( $n=24$ ). Wenn man diese Messergebnisse nun im Hinblick darauf betrachtet, dass der Druck den eine Kompressionsbehandlung mindestens aufbringen muss den Kapillardruck von 25 mmHg übersteigen soll, muss man von einer nicht ausreichenden Kompressionsbehandlung am Stamm bei Kindern ausgehen. Das klinische Bild zeigt jedoch im Verlauf eine dennoch sehr gute Wirkweise der Kompression auch an diesen Stellen.

Die Mittelwerte der Gruppe (K) resultieren aus 15 Messungen am knöchernen Thorax, hier vornehmlich am Bereich des Sternums, 7 Messwerte stammen

vom Bereich der Schulter und je ein Messpunkt lag an Abdomen und im Steißbereich.

Die Lage der Messpunkte ließe also vermuten, dass auf Grund der zumeist knöchernen und muskulären Unterlage ein viel höherer Wert erzielt werden müsste. (Erklärung dazu siehe Kapitel 4.3).

Die Verteilung der Extremwerte sieht am Stamm jedoch wie folgt aus: Die Maximalwerte am kindlichen Stamm erbrachten Messungen an der Schulter mit bis zu 33mmHg. Die Minima lagen im Thorax-/ Sternumbereich bei 12mmHg. Gemessen wurde hier an neuer Kompressionsbekleidung.

Die bei Erwachsenen gewonnenen Werte des Stamms an neuer Kompression liegen im Durchschnitt bei  $27 \pm 7$ mmHg. Nach der Kapillardrucktheorie kann dieser als ausreichender Kompressionsdruck angesehen werden. Ein solch erfreulicher Mittelwert wurde aber nur durch drei Messungen ermittelt, zwei davon wurden am dorso-lateralen Hals und einer in der Flankenregion gemessen.

Aus den Messdaten ergeben sich folgende Hypothesen:

**Hypothese 1:**

Der durchschnittliche Druckwert neuer Kompressionsbekleidung im Bereich des Stamms ist bei der Gruppe der Erwachsenen deutlich höher als bei der Gruppe der Kinder

**Hypothese 2:**

Die Druckwerte neuer und alter Kompressionsanzüge der Gruppe K unterscheiden sich nur minimal

**Hypothese 3:**

Die Druckwerte der Gruppe K liegen deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt, im Vergleich zu den Werten der Gruppe E

Die Hypothesen wurden auf ihre Signifikanz mittels Student-t-Test geprüft.

### **Prüfung der Hypothese 1:**

Die Signifikanz für den Bereich Stamm im Vergleich der Gruppe (E) und (K) liegt für

- neue Anzüge bei  $p = 0,3$ .

Ein signifikanter Druckunterschied beider Gruppen konnte für neue Anzüge im Bereich des Stamms nicht ermittelt werden, da  $p > 0,05$ . Somit muss die Hypothese als nicht gültig erachtet werden.

### **Prüfung der Hypothese 2:**

Die Signifikanz für den Bereich Stamm im Vergleich neuer und alter Kompressionsanzüge liegt für

- die Gruppe der Kinder bei  $p = 0,63$

Als Schlussfolgerung aus diesem p-Wert kann die Hypothese des nur geringen Werteunterschieds zwischen neuer und alter Kompressionstherapie bestätigt werden.

### **Prüfung der Hypothese 3:**

Die Signifikanz der Gegenüberstellung des Mittelwerts der Region Stamm und des Gesamtdurchschnitts aller Messdaten liegt für

- die Gruppe der Kinder bei  $p = 0,011$
- die Gruppe der Erwachsenen bei  $p = 0,99$

Die Hypothese 3 wird durch die Ergebnisse des Student-t-Tests unterstützt, so besteht in der Gruppe K im Vergleich zum Gesamtdurchschnitt aller Messergebnisse ein signifikanter Unterschied.

### **Überlegung:**

Was bedingt diesen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Messgruppen in dieser Region des Körpers?

Ein erster Gedanke, der sich aufdrängt, bezieht sich auf die unterschiedliche Anatomie, beziehungsweise Verteilung von Fettgewebe und Muskulatur bei Kindern und Erwachsenen. Es verlangt die Überprüfung der zu vermessenden Gruppen diesbezüglich.

Ein zweiter Gedanke fordert das Untersuchen der Messmethodik. Ein genauer Blick auf die Kompressionsstellen und folglich die Messpunkte hilft Unterschiede beim Erlangen der Messwerte zu ermitteln.

So gibt es in der Gruppe der Kinder ausschließlich Messpunkte in der Region des Jugulum sterni. Die Region des Sternums wurde hingegen an Erwachsenen nicht vermessen, sondern nur die des dorso-lateralen Halses. Bei der Untersuchung des Untergrunds (s. Kapitel 4.3) konnte festgestellt werden, dass die besten Messergebnisse über dem Untergrundgewebe Muskulatur gemacht werden konnten. Diese Strukturen finden sich bei Erwachsenen deutlich am dorso-lateralen Hals- beziehungsweise Nackenbereich.

In Anbetracht der Diversität der Messorte könnte man durchaus davon ausgehen, dass hier die Ursache für die unterschiedlichen Messergebnisse zu finden ist.

#### **4.2.4 Kompressionsdruck am Kopf**

In dieser Studie konnten Messungen am Kopf ausschließlich in der Gruppe der Kinder erfasst werden. So ist eine Gegenüberstellung von Druckwerten der beiden Gruppen „Erwachsene“ und „Kinder“ bezüglich dieser Körperregion nicht möglich. Dennoch soll auch hier auf die absoluten Messergebnisse und den Druckverlust im Verlauf ein Augenmerk gelegt werden. Etwaige Schlüsse können durch die Berechnung der Signifikanzen mittels Student-t-Test gezogen werden.

Schon anhand des unten stehenden Diagramms 17 ist ein deutlicher Unterschied der durchschnittlichen Messergebnisse der Region des Kopfes (n=8) zum Gesamtdurchschnitt aller Messungen zu erkennen. Lag dieser Wert an neuer Kompressionstherapie insgesamt bei durchschnittlich  $29 \pm 8\text{mmHg}$  konnten am Kopf lediglich  $19 \pm 5\text{mmHg}$  gemessen werden. Nach 52 Wochen konnte an alter Kompressionstherapie des Kopfes ein Durchschnittswert von  $15 \pm 2\text{mmHg}$  dokumentiert werden was einen Druckverlust von 21% bedeutet.

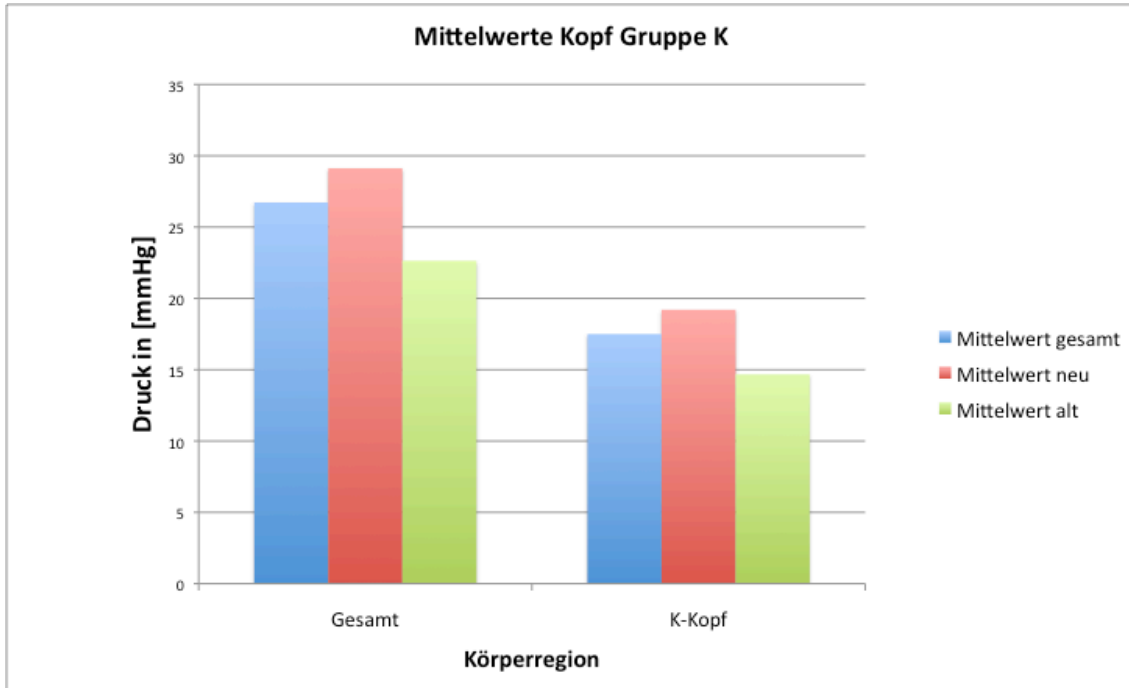


Diagramm 17: Darstellung der Mittelwerte der Region des Kopfes bei Kindern

Auffälligkeiten der Messwerte der Region des Kopfes:

**Aussage 1:**

Der Durchschnitt aller Messwerte des Kopfes liegt deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt.

**Aussage 2:**

Der Durchschnittswert alter Kompressionsanzüge liegt deutlich unter dem neu angepasster Anzüge im Bereich des Kopfes.

**Überprüfung der Aussage 1:**

Die Signifikanz der Gegenüberstellung der Messwerte der Region des Kopfes der Gruppe K mit dem Gesamtdurchschnitt liegt bei  $p = 0,00014$

**Überprüfung der Aussage 2:**

Die Signifikanz der Gegenüberstellung der Messwerte alter und neuer Kompressionstherapien liegt im Bereich des Kopfes bei  $p = 0,1$



Nach oben angegebener Berechnung für die Region des Kopfes kann ein signifikanter Druckunterschied des Gesamtdurchschnittes bestätigt werden. Für alte und neue Kompressionstherapie wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt. Jedoch muss auf die nur geringe Stichprobenzahl von 3 alten Kompressionsanzügen hingewiesen werden.

Betrachtet man auch hier die Druckwerte im Hinblick auf die Kapillarkompressionstheorie, so reicht die maximale Druckintensität nicht aus, ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen. Dennoch, ähnlich dem Bereich des Stammes können durchaus klinisch ansprechende Therapieziele gesteckt und erreicht werden.

#### 4.3 Analyse des Kompressionsdruckes anhand der Gewebeunterlage

Aus vorangegangenen Studien ist bekannt, dass die Entwicklung des Kompressionsdruckes abhängig von der Gewebeunterlage ist [17,33].

Nachfolgend werden die Mittelwerte der einzelnen Untergrundgewebe „Knochen“, „Muskulatur“ und „Weichgewebe“ gegenübergestellt. Begonnen wird mit dem Überblick der gruppenspezifischen Mittelwerte, um dann auf die Mittelwerte der neuen und alten Jobskin-Therapien einzugehen. Abschließend wird auf eventuelle Unterschiede innerhalb der drei Untergrundgewebe eingegangen.

Zur Übersicht sind die Werte in Tabelle 5 angegeben.

| in [mmHg]   | Gesamt | E  | E-neu | E-alt | K  | K-neu | K-alt |
|-------------|--------|----|-------|-------|----|-------|-------|
| Knochen     | 27     | 28 | 31    | 19    | 27 | 27    | 25    |
| Muskel      | 28     | 26 | 31    | 21    | 28 | 32    | 23    |
| Weichgewebe | 20     |    | 27    |       | 17 | 17    | 17    |

Tabelle 7: Mittelwertaufstellung der Gruppen (E) und (K) über den Untergrundgeweben „Knochen“, „Muskel“ und „Weichgewebe“

## Untergrund „Knochen“

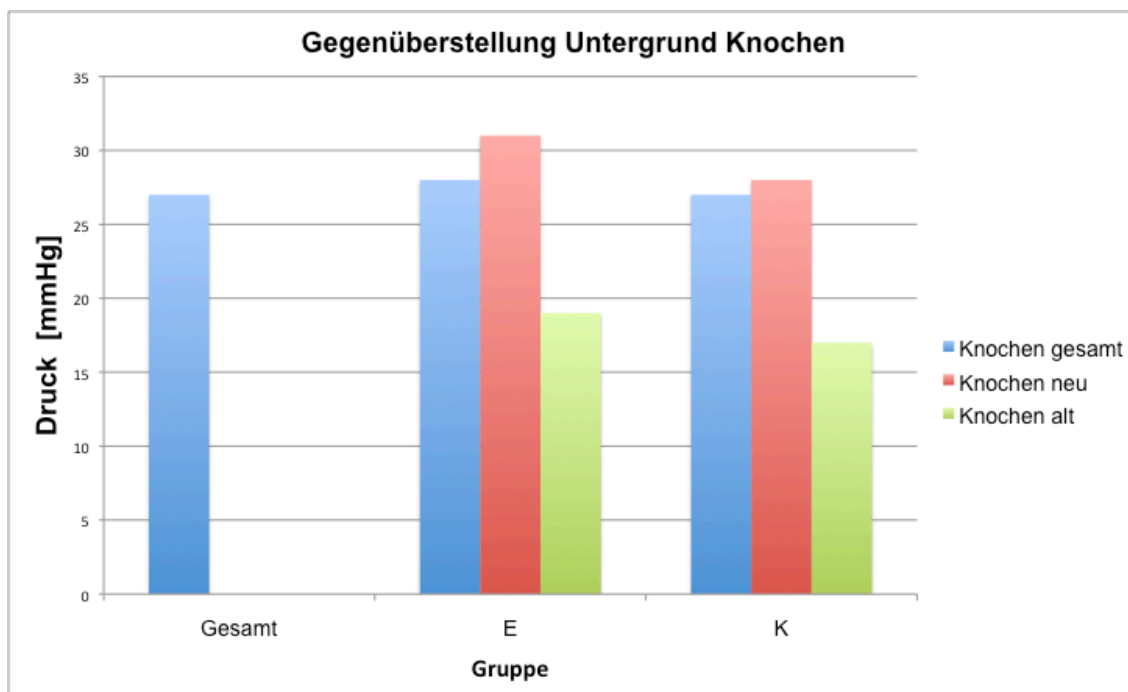


Diagramm 18: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes Knochen aus Gruppe E und K

Der Gesamtdurchschnitt (n=66) des Untergrundes „Knochen“ liegt bei  $27 \pm 9$  mmHg. In der Gruppe der Erwachsenen (n=16) liegt der Wert mit  $28 \pm 8$  mmHg höher, in der Gruppe der Kinder (n=50) kann der Wert mit  $27 \pm 9$  mmHg festgehalten werden.

Schon hier kann festgestellt werden, dass sich die Werte der beiden Gruppen im Bezug auf den Untergrund „Knochen“ nur unwesentlich unterscheiden. Eine so geringe Differenz der Gruppenmittelwerte kann bei einem p-value von 0,4 nicht als signifikant gewertet werden. Dennoch sollen im Verlauf die Werte von neuen und alten Kompressionsbekleidungen auf „knöchernem“ Untergrund beurteilt werden:

Bei beiden Gruppen liegt der Wert der neuen Kompressionstherapien über dem der Mittelwerte. In der Gruppe (E) (n=13) liegt dieser bei  $31 \pm 7$  mmHg, in der Gruppe (K) (n=34) bei  $27 \pm 10$  mmHg.

Auch die Mittelwerte der alten Kompressionsanzüge des Untergrundes „Knochen“ verhalten sich in beiden Gruppen gleich. Sie liegen beide unterhalb

des Durchschnittswertes für „Knochen“. Der (E)-Wert (n=3) liegt bei  $19 \pm 24$ mmHg, der (K)-Wert (n=16) ist mit  $25 \pm 10$ mmHg berechnet.

Auf Grund der Graphik lässt sich vermuten, dass ein deutlicher Unterschied zwischen neuer und alter Kompression in beiden Gruppen besteht.

In der Testung auf Signifikanz ergeben sich folgende Werte

für die Gruppe (E) an neuer und alter Kompression:  $p = 0,0002$

für die Gruppe (K) an neuer und alter Kompression:  $p = 0,39$

Hinsichtlich der Gruppe (E) kann somit von einem signifikanten Druckverlust ausgegangen werden, jedoch kann dies in der Gruppe K nicht bestätigt werden

### Untergrund „Muskel“

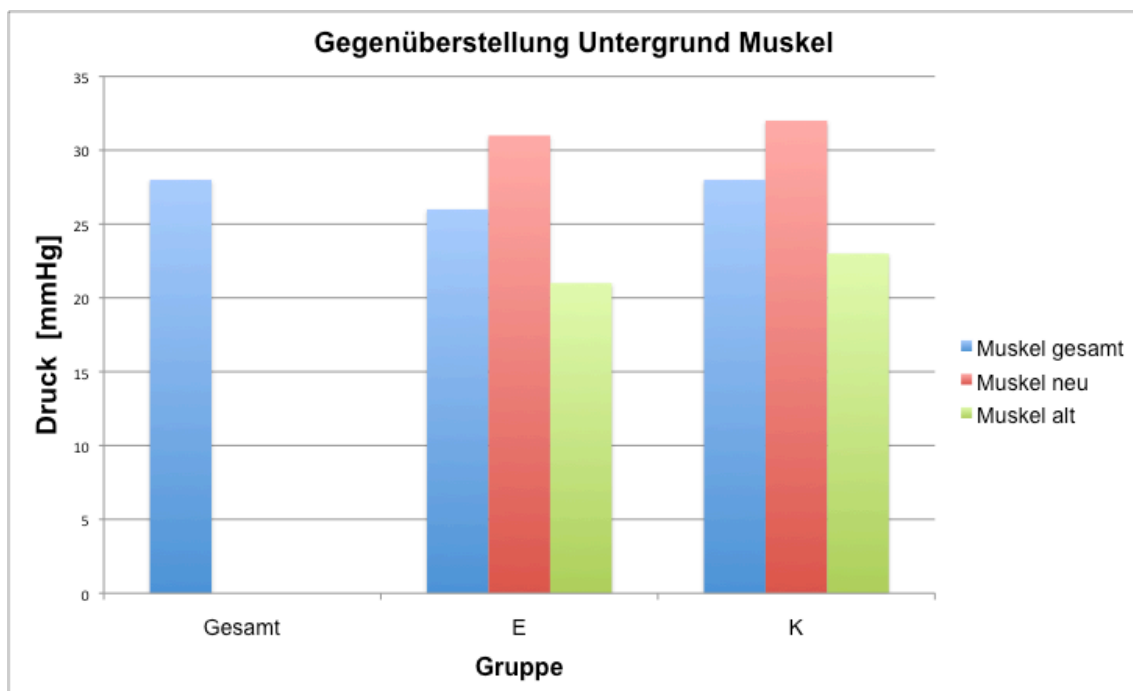


Diagramm 19: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes Muskel aus Gruppe (E) und (K)

Die Messungen am Untergrund „Muskel“ mit einer Stückzahl von n=59 ergaben einen Gesamtdurchschnitt von  $28 \pm 8$ mmHg. Der Messwert der

Kompressionstherapien liegt bei der Gruppe (E) (n=24) im Mittel bei  $26 \pm 9$  mmHg, in der Gruppe (K) (n=35) ist dieser mit  $28 \pm 7$  mmHg höher.

Der Druckwert von neuer Kompressionsbekleidung liegt in der Gruppe der Erwachsenen (n=12) über dem Durchschnitt der Gruppe (E) und über dem Gesamtdurchschnitt des Untergrunds „Muskel“ und beträgt  $31 \pm 8$  mmHg. In der Gruppe der Kinder (n=20) ist der Mittelwert mit  $32 \pm 7$  mmHg ebenso oberhalb der Gesamtdurchschnittswerte.

An alten Kompressionstherapien ist der durchschnittliche Druck sowohl der Gruppe (E) als auch der Gruppe (K) niedriger als an neuer Kompressionstherapie. Bei den Erwachsenen (n=12) liegt der Wert bei  $21 \pm 6$  mmHg, bei den Kindern (n=15) liegt er bei  $23 \pm 6$  mmHg.

Der Druckverlust bei der Gruppe (E) stellt sich mit 32% und in der Gruppe (K) mit 28% dar.

Folgende Hypothesen können aus den Zahlenwerten geschlossen werden und werden hinsichtlich ihrer Signifikanz überprüft:

**Hypothese 1:**

In den beiden Gruppen (E) und (K) besteht kein Unterschied der Drücke hinsichtlich ihrer Gesamtdurchschnitte.

**Hypothese 2:**

In den beiden Gruppen (E) und (K) besteht ein deutlicher Unterschied zwischen neuer und alter Kompressionstherapie.

**Auswertung der Hypothese 1:**

Die Berechnung für die Signifikanz ergab  $p = 0,37$ , was somit die Hypothese bestätigt. Hinsichtlich der beiden Gruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Untergrundgewebes Muskulatur.

**Auswertung der Hypothese 2:**

Die Berechnung der Signifikanz ergab für den Druckunterschied über dem Untergrundgewebe Muskulatur

- für die Gruppe (E) einen Wert von  $p = 0,004$
- für die Gruppe (K) einen Wert von  $p = 0,0002$

Somit kann die Hypothese für beide Gruppen bestätigt werden und der Unterschied zwischen neuen und alten Kompressionstherapien als signifikant gewertet werden.

### Untergrund „Weichgewebe“

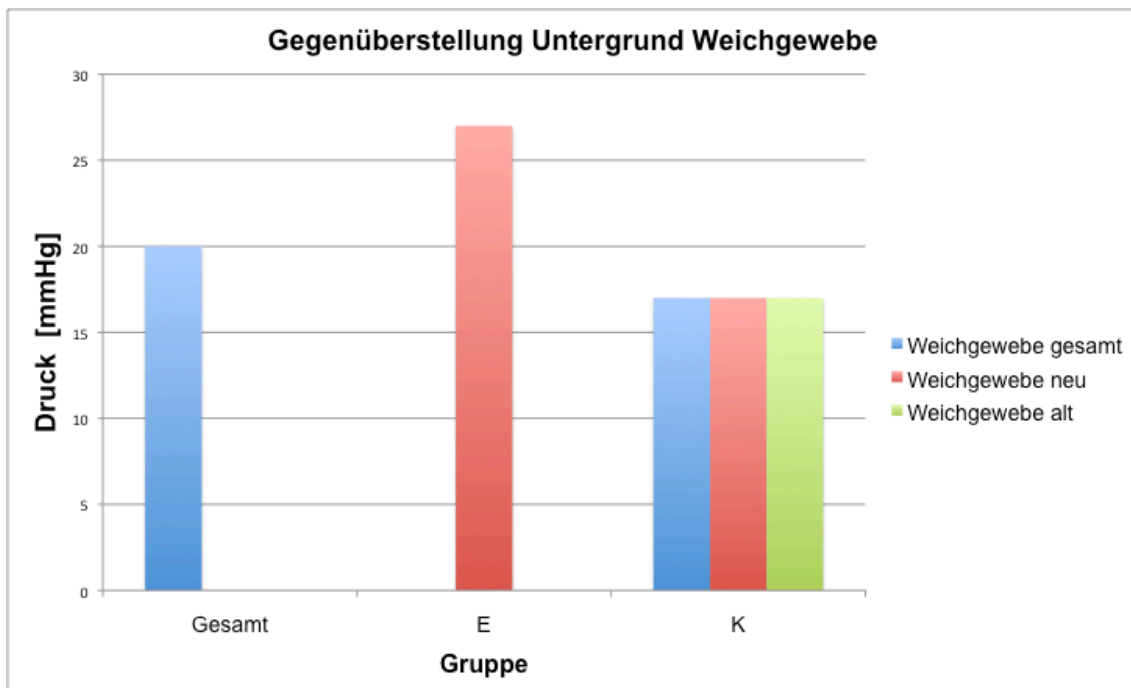


Diagramm 20: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes Weichgewebe aus Gruppe (E) und (K)

In der Gesamtschau der Messwerte über „Weichgewebe“ ( $n=11$ ) ergab sich ein Mittel von  $20 \pm 8$  mmHg. In der Gruppe der Erwachsenen konnten ausschließlich Messungen an neuen Kompressionsbekleidungen durchgeführt werden, somit fällt in der Betrachtung der Mittelwerte eine Gegenüberstellung von neuer und alter Kompression weg.

Der Wert an neuer Kompressionsbekleidung wurde an  $n=3$  Maßanfertigungen ermittelt und beträgt  $27 \pm 7$  mmHg.

In der Gruppe der Kinder liegt das Mittel der Messergebnisse (n=8) bei  $17 \pm 4$  mmHg. An neuer Kompression (n=3) wurden durchschnittlich  $17 \pm 7$  mmHg, an alter Kompressionsbekleidung (n=5)  $17 \pm 3$  mmHg gemessen.

Auffällig ist hier das völlige Ausbleiben eines Druckverlustes. Hinsichtlich signifikanter Aussagen ist es jedoch fragwürdig, ob eine Stichprobenzahl von 3 Messungen ausreichend ist.

Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen weitere Hypothesen formulieren.

### **Hypothese 1:**

Die Druckwerte über Weichgewebe der Gruppe E übersteigen deutlich den Gesamtdurchschnitt und übertreffen massiv die Durchschnittswerte der Gruppe K.

### **Hypothese 2:**

Die Druckwerte der Gruppe K liegen merklich unter dem Gesamtdurchschnitt.

### **Prüfung der Hypothese 1:**

Die Testung der ersten Aussagen mittels Student-t-Test ergab folgende Ergebnisse für die Gegenüberstellung der Messergebnisse des Gewebeuntergrunds von Gruppe (E) und

- dem Gesamtdurchschnitt  $p = 0,95$
- Gruppe (K)  $p = 0,11$

Somit kann die erste Hypothese nicht bestätigt werden, da keine Signifikanz die Aussagen bestätigt.

### **Prüfung der Hypothese 2:**

Eine Signifikanz der Aussage kann mit einem p-Wert von 0,0001 belegt werden.

#### 4.4 Gegenüberstellung der Mittelwerte nach Tragedauer

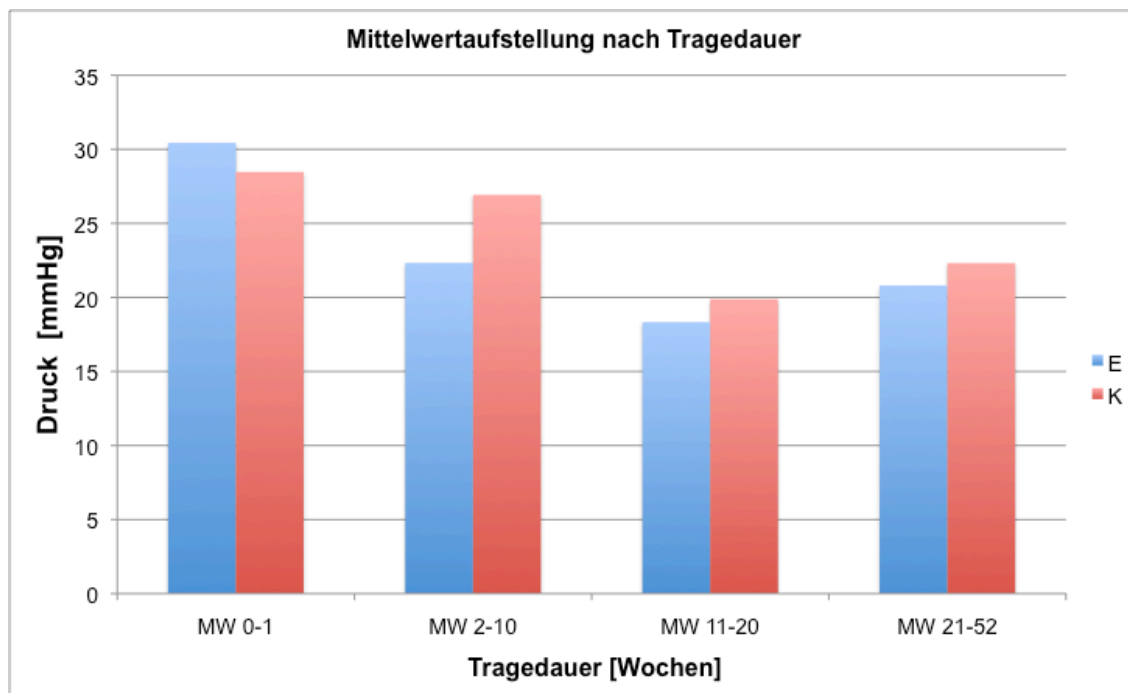


Diagramm 21: Mittelwertaufstellung der beiden Gruppen (E) und (K) gestaffelt nach Tragedauer

In Diagramm 21 wird die Veränderung des durchschnittlichen Kompressionsdruckes im Laufe der Zeit dargestellt. Die blauen Säulen stehen hierbei für Gruppe (E), die roten Säulen für Gruppe (K).

Das erste Säulenpaar repräsentiert die Druckmittelwerte für neue Kompressionsanzüge beider Gruppen mit  $30 \pm 7$  mmHg für Gruppe E und  $28 \pm 9$  mmHg für Gruppe K. Das zweite Säulenpaar zeigt den Druckverlauf nach durchschnittlich 6 Wochen. In der Gruppe E kann hier ein Druck von  $22 \pm 7$  mmHg und in der Gruppe K ein Druck von  $27 \pm 6$  mmHg ermittelt werden. Nach der Kapillarkompressionstheorie muss man in der Gruppe E davon ausgehen, dass nach durchschnittlich 6 Wochen Tragedauer ein Druckverlust besteht, der für eine adäquate Kompression nicht mehr ausreichend ist. In der Gruppe K lässt sich ein derartig relevanter Druckverlust nach durchschnittlich

15,5 Wochen Tragen der Kompressionsbekleidung mit einem Mittelwert von  $20 \pm 5$  mmHg nachweisen. Der Wert der Gruppe E liegt hier bereits bei lediglich  $18 \pm 7$  mmHg im Mittel.

Erstaunlicherweise sind die Werte beider Gruppen im letzten Intervall mit  $21 \pm 4$  mmHg für Gruppe E und  $22 \pm 9$  mmHg für Gruppe K wieder etwas höher jedoch erreichen sie nicht den kritischen Punkt von 25 mmHg.

## **Resümee**

In der Gesamtschau der Auswertung der Daten lässt sich deutlich erkennen, dass sowohl in der Gruppe der Kinder als auch in der Gruppe der Erwachsenen ein signifikanter Druckverlust über die Zeit nachzuweisen ist.

Vergleicht man die beiden Gruppen miteinander, so zeigen die Werte insgesamt keinen Hinweis darauf, dass man Kompressionsanzüge bezüglich des Patientenalters speziell anpassen muss. In den speziellen Betrachtungen der Körperareale fielen in beiden Gruppen jedoch signifikante Druckunterschiede auf.

Obwohl eine große Anzahl an Patienten in die Studie aufgenommen wurde, um ein breites Spektrum an Messwerten zu bekommen, gelang es nicht in allen Messbereichen ausreichende Werte zu erlangen. So ließe sich die Beurteilbarkeit der Werte beispielsweise dadurch verbessern, dass man ausschließlich eine feste Anzahl an Patienten gezielt beobachtete um direkte Verläufe des Druckes unter der Kompressionstherapie zu dokumentieren. Dann ließe sich der genaue Zeitpunkt bestimmen, wann es aus medizinischer Sicht notwendig ist, neue Kompressionstherapien anzupassen.

Nachdem man nun Kenntnisse dafür gewonnen hat in welcher Körperregion welche Drücke zu erreichen sind und durch welche Methoden man sie gegebenenfalls noch verbessern kann, ist es anzustreben die bestehenden standardisierten Verfahren eine kompressionstherapeutische Behandlung anzupassen zu optimieren. Dies postulierte Cheng et al. bereits 1984 [12]. Dennoch bedarf es auch derzeit noch eines sehr geübten Kompressionstherapeuten bei der Vermessung der Patienten, um die geforderten Werte zu erreichen [17].



## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Anhand eines breiten Patientenspektrums hinsichtlich Indikationsstellung für eine kompressionstherapeutische Behandlung, sowie Alter und zugrunde liegendes Verletzungsmuster wurden in dieser Arbeit zwei Gruppen von Patienten gegenübergestellt. Die Gruppe der Kinder und die Gruppe der Erwachsenen wurden in Bezug auf die Druckwerte unter ihrer Kompressionstherapie verglichen.

Zusammenfassend lassen sich abschließend folgende Ergebnisse beschreiben:

1. In beiden Gruppen wurde die Kompressionstherapie zur Therapie bzw. Prophylaxe großflächiger Narben oder Keloide eingesetzt. Unterschiedlich war die zugrunde liegende Verletzung. So waren es bei den Kindern hauptsächlich thermische und bei den Erwachsenen mechanische Verletzungen.
2. Messwerte aus allen Körperregionen (Arm, Hand, Stamm, Bein, Fuß) und über jedem Untergrundgewebe (Knochen, Muskel, Weichgewebe) wurden in beiden Gruppen erfasst und gegenübergestellt. Lediglich die Region des Kopfes wurde ausschließlich in der Gruppe der Kinder untersucht.
3. In der Gesamtschau aller Messergebnisse besteht im Vergleich der Gruppen (E) und (K) kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Kompressionsdruckes.
4. Nach spezieller Gegenüberstellung der Körperregionen Arm, Bein, Fuß und Stamm ergibt sich kein signifikanter Unterschied der Druckwerte der beiden Gruppen (E) und (K).
5. Hinsichtlich des Untergrundgewebes kann für die Gegenüberstellung beider Gruppen weder für knöchernen noch für muskulären Untergrund

ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Ebenso gilt dieses Ergebnis für den Untergrund Weichgewebe.

6. Ein signifikanter Unterschied wurde bei Betrachtung der gesamten Messergebnisse sowohl in der Gruppe der Erwachsenen als auch in der Gruppe der Kinder zwischen neuen und alten Kompressionsanzügen festgestellt.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Carr-Collins JA. Pressure techniques for the prevention of hypertrophic scar. *Clin Plast Surg.* 1992 Jul;19(3):733-43.
- [2] Klöti J, Pochon JP. Conservative treatment using compression suits for second and third degree burns in children. *Burns Incl Therm Inj.* 1982 Jan;8(3):180-7.
- [3] Macintyre L, Baird M, Pressure garments for use in the treatment of hypertrophic scars – a review of the problems associated with their use, *Burns.* 2006;32: 10-15
- [4] Linares HA, Larson DL, Willis-Galstaun BA. Historical notes on the use of pressure in the treatment of hypertrophic scars or keloids. *Burns.* 1993 Feb;19(1):17-21.
- [5] Cedidi CC, Ingianni G. Compression therapy after complex soft tissue trauma, and flap coverage: optimization of scar development, swelling, function, and aesthetic result. *Eur J Med Res.* 2006 Feb 21;11(2):85-9
- [6] Staley MJ, Richard RL. Use of pressure to treat hypertrophic burn scars. *Adv Wound Care.* 1997 May-Jun;10(3):44-6.
- [7] Renò F, Sabbatini M, Lombardi F, Stella M, Pezzuto C, Magliacani G, Cannas M. In vitro mechanical compression induces apoptosis and regulates cytokines release in hypertrophic scars. *Wound Repair Regen.* 2003 Sep-Oct;11(5):331-6.
- [8] Li-Tsang CW, Feng BB, Li KC. [Pressure therapy of hypertrophic scar after burns and related research]. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi.* 2010 Dec;26(6):411-5.
- [9] Puzey G. The use of pressure garments on hypertrophic scars. *J Tissue Viability.* 2002 Jan;12(1):11-5.
- [10] Kischer CW, Shetlar MR, Shetlar CL. Alteration of hypertrophic scars induced by mechanical pressure. *Arch Dermatol.* 1975 Jan;111(1):60-4.
- [11] Ward RS, PT Pressure Therapy for the Control of Hypertrophic Scar Formation after Burn Injury, *Journal of Burn Care & Rehabilitation.* 1991 May/June; 12 (3): 257-262
- [12] Cheng JC, Evans JH, Leung KS, Clark JA, Choy TT, Leung PC. Pressure therapy in the treatment of post-burn hypertrophic scar--a

critical look into its usefulness and fallacies by pressure monitoring. *Burns Incl Therm Inj.* 1984 Feb;10(3):154-63.

- [13] Williams F., Knapp D., Wallen M. Comparison of the characteristics and features of pressure garments used in the management of burn scars, *Burns.* 1998;24: 329-335
- [14] Thompson R., RN, BSN, Summers S., RN, PhD, Rampey-Dobbs R., RN, BSN, Wheeler T., LPN Color Pressure Garments versus Traditional Beige Pressure Garments: Perceptions From the Public, *Journal of Burn Care & Rehabilitation.* 1992 Sep/Oct;13 (5): 590-596
- [15] Van den Kerckhove E, Stappaerts K, Fieuws S, Laperre J, Massage P, Flour M, Boeckx W. The assessment of erythema and thickness on burn related scars during pressure garment therapy as a preventive measure for hypertrophic scarring. *Burns.* 2005 Sep;31(6):696-702.
- [16] Silbernagel S, Despopoulos A. *Taschenatlas Physiologie.* 7. Auflage. ISBN 978-3-13-567707-1. Thieme Verlag, Stuttgart 2007.
- [17] Keller K. Evaluation des therapeutischen Druckes in der Kompressionstherapie bei thermischen Verletzungen im Kindesalter. Dissertation. Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg Chirurgische Klinik I Direktor: Prof. Dr. med. C.-T. Germer. 2011
- [18] Keller K, Krenzer-Scheidemantel G, Meyer T. [A Systematic Analysis of the Compression Pressure in the Compression Therapy for Scars in Childhood with the Help of the Kikuhime® Pressure Device.]. *Zentralbl Chir.* 2011 Apr 8; e-Paper
- [19] Eckert P, Höcht B, Woidich J. Spätergebnisse nach Kompressionsbehandlung bei tief zweit- und drittgradigen Verbrennungen *Langenbecks Arch Chir.* 1984;364:241-4.
- [20] Kröner, Koletzko. *Basiswissen Pädiatrie.* ISBN 978-3-540-75457-2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. S. 6, Kapitel 1 Entwicklung und Vorsorgeuntersuchung, 1.4. Pubertätsentwicklung
- [21] Ferrández A, Carrascosa A, Audí L, Bager L, Rueda C, Bosch-Castañé J, Gussinyé M, Yeste D, Labarta JI, Mayayo E, Fernández-Cancio M, Albisu MA, Clemente M. Longitudinal pubertal growth according to age at pubertal growth spurt onset: data from a Spanish study including 458 children (223 boys and 235 girls). *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2009 Aug;22(8):715-26

- [22] Klöti J, Pochon JP. Long-term therapy of second and third degree burns in children using Jobst-compression suits. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1979;13(1):163-6.
- [23] Produktinformation Triconmed. <http://www.triconmed.de/professional-healthcare/produktinformation-jmv.php>
- [24] Gebrauchsanweisung für Kikuhime Unterverbandsdruck und Körperdruck Messgerät
- [25] Van den Kerckhove E, Fieuws S, Massagé P, Hierner R, Boeckx W, Deleuze JP, Laperre J, Anthonissen M. Reproducibility of repeated measurements with the Kikuhime pressure sensor under pressure garments in burn scar treatment. *Burns.* 2007 Aug;33(5):572-8. Epub 2006 Dec 19.
- [26] Produktinformation Kikuhime-Drucksensor  
<http://www.medigroup.com.au/kikuhime>
- [27] Meyer, T., et al., [Pressure-related analysis of compression therapy after burn injuries in childhood]. *Zentralbl Chir*, 2008. 133(4): p. 386-90
- [28] Oestreich, M., Romberg O., Keine Panik vor Statistik! Erfolg und Spaß im Horrorfach nichttechnischer Studiengänge. ISBN 978-3-8348-0282-8. Vieweg +Teubner GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009
- [29] Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie (federführend) Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin Deutschen Gesellschaft für Allgemeinchirurgie Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin  
Thermische Verletzungen im Kindesalter (Verbrennung, Verbrühung)
- [30] Statistisches Bundesamt, Fachserie 12 Reihe 6.2.1, Gesundheit, Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfälle) 2009, Erschienen am 28.01.2011, korrigiert am 10.03.2011 Artikelnummer: 2120621097004  
Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011
- [31] Graumann, Sasse. CompactLehrbuch Anatomie Band1 – Allgemeine Anatomie. S. 99. ISBN 3-7945-2061-0. Schattauer GmbH Stuttgart 2004
- [32] Moll KJ und M, Anatomie – Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog. 18. Auflage. S. 53. ISBN 3-437-41743-6. Elsevier München 2006

- [33] Giele HP, Liddiard K, Currie K, Wood FM. Direct measurement of cutaneous pressures generated by pressure garments. *Burns*. 1997 Mar;23(2):137-41.

## 7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Schematische Darstellung der Pubertätsentwicklung [7].                           | 4  |
| Abbildung 2: Algorithmus der Kompressionstherapie   | 6  |
| Abbildung 3: Patient mit Paulinchen-Halsrolle [8]   | 8  |
| Abbildung 4: KIKUHIME Drucksensor   | 11 |
| Abbildung 5: Methodik der Messung mit KIKUHIME Drucksensor.                                   | 12 |
| Abbildung 6: Prozentuale Angaben der zugrunde liegenden Verletzungsmuster der Gruppe (K)      | 19 |
| Abbildung 7: Prozentuale Angabe der zugrunde liegenden Verletzungsmuster der Gruppe (E)       | 20 |
| Abbildung 8: Prozentuale Angabe des zugrunde liegenden Wundheilungsmechanismus der Gruppe (K) | 21 |
| Abbildung 9: Prozentuale Angabe des zugrunde liegenden Wundheilungsmechanismus der Gruppe (E) | 22 |
| Abbildung 10: Veränderung der Körperproportionen vom Säugling zum Erwachsenen [18]            | 36 |

## 8. DIAGRAMM- UND TABELLENVERZEICHNIS

### Diagramme

|  |    |
|--|----|
| Diagramm 1: Aufstellung der gesamten Messwerte, n = 136 .....  | 24 |
| Diagramm 2: Mittelwertaufstellung der gesamten Messergebnisse gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang .....   | 25 |
| Diagramm 3: Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (K), gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang ..... | 26 |
| Diagramm 4: Aufstellung der Einzelmesswerte der Gruppe (K), n = 93 .....   | 27 |
| Diagramm 5: Mittelwertaufstellung der Messwerte der Gruppe (E), gestaffelt nach Tragedauer mit angegebenem Stichprobenumfang ..... | 28 |
| Diagramm 6: Aufstellung der Einzelmesswerte der Gruppe (E), n = 43 .....   | 28 |
| Diagramm 7: Mittelwerte der gesamten Messdaten, gegliedert nach Körperregion .....   | 29 |
| Diagramm 8: Mittelwerte der Gruppe (K), gegliedert nach Körperregion .....   | 30 |
| Diagramm 9: Mittelwerte der Gruppe (E), gegliedert nach Körperregion .....   | 32 |
| Diagramm 10: Mittelwerte der Untergrundgewebe Knochen, Muskel und Weichgewebe der Gruppe (E) .....                                 | 33 |
| Diagramm 11: Mittelwerte der Untergrundgewebe Knochen, Muskel und Weichgewebe der Gruppe (K) .....                                 | 34 |
| Diagramm 12: Darstellung der gesamten Mittelwerte bei Erwachsenen und Kindern .....  | 40 |
| Diagramm 13: Darstellung der Mittelwerte der oberen Extremität bei Erwachsenen und Kindern.....                                    | 41 |
| Diagramm 14: Darstellung der Mittelwerte der unteren Extremität bei Erwachsenen und Kindern.....                                   | 44 |
| Diagramm 15: Darstellung der Mittelwerte des Stamms bei Erwachsenen und Kindern .....  | 48 |
| Diagramm 16: Darstellung der Mittelwerte der Region des Kopfes bei Kindern   | 51 |
| Diagramm 17: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes Knochen aus Gruppe E und K .....                              | 55 |
| Diagramm 18: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes Muskel aus Gruppe E und K.....                                | 56 |



|  |    |
|--|----|
| Diagramm 19: Gegenüberstellung der Mittelwerte des Untergrundgewebes<br>Weichgewebe aus Gruppe E und K.....                | 58 |
| Diagramm 20: Mittelwertaufstellung der beiden Gruppen E und K gestaffelt<br>nach Tragedauer der Kompressionstherapie ..... | 60 |

## **Tabellen**

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Anzahl der Messungen gegliedert nach Körperregion.....  | 17 |
| Tabelle 2: Anzahl der erhobenen Messwerte über einem Untergrundgewebe. 18  |    |
| Tabelle 3: Extremwertaufstellung der Gruppe (K), gegliedert nach Körperregion<br>.....   | 30 |
| Tabelle 4: Extremwertaufstellung der Gruppe (E), gegliedert nach Körperregion<br>.....   | 32 |
| Tabelle 5: Extremwertaufstellung der Gruppe (K), gegliedert nach<br>Untergrundgewebe .....   | 34 |
| Tabelle 6: Extremwertaufstellung der Gruppe (E), gegliedert nach<br>Untergrundgewebe .....   | 34 |
| Tabelle 7: Mittelwertaufstellung der Gruppen (E) und (K) über den<br>Untergrundgeweben „Knochen“, „Muskel“ und „Weichgewebe“ ..... | 52 |

**Danksagung:**

Bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. med. Th. Meyer, sowie bei Schwester Gertrud Krenzer-Scheidemantel.

Für die geduldige und ausdauernde Unterstützung bedanke ich mich besonders bei Johannes, meiner Familie und meinen Freunden.

## Lebenslauf Anne-Kathrin Preiß (geb. Gulitsch)

---

### Hochschulreife

---

2004                      Allgemeine Hochschulreife, erworben in Bayern

### Studium

---

10/2006-07/2011      JMU Würzburg; Vorklinischer und klinischer Abschnitt des Studiums der  
Humanmedizin  
2008                      Bestehen des Physikums  
08/2011-11/2012      FAU Erlangen; Praktisches Jahr des Studiums der Humanmedizin und  
Bestehen des Examens  
2012                      Approbation an der FAU Erlangen

### Berufliche Weiterbildung

---

Common Trunk  
01/2013 – 06/2014      Krankenhäuser Nürnberger Land Lauf  
07-12/2014              Rotation auf die Intensivstation des Krankenhauses Nürnberger Land Altdorf  
St. 01.01.2015           Kinderchirurgie des Klinikums Nürnberg, CA Dr. med. Bodenschatz

## Veröffentlichungen:

Vortrag mit Auszug einiger Daten der Dissertation bei:  
 XIX. Jahrestagung des Arbeitskreises „Das schwerbrandverletzte Kind“ 2011 in Stuttgart  
 Thema: Gesichts- und Halsverbrennungen 20. und 21. Mai 2011

**Stuttgart**

Die baden-württembergische Landeshauptstadt Stuttgart ist in der ganzen Welt bekannt – als Automobilstadt mit Stern und Rössle und als einer der wichtigsten Wirtschaftsstandorte, als Messe- und Kongressstadt sowie als Stadt der Wissenschaft. Neben Innovation und High Tech sind hier vor allem auch Kultur und Lebensfreude zu Hause.

**Olgahospital**

Das Olgahospital – von den Stuttgartern oft liebevoll "Olgäle" genannt, wurde 1842 von den Ärzten Dr. Georg von Cieß und Dr. Otto Elben als erstes Kinderkrankenhaus in Stuttgart eröffnet. 1849 erhielt es den Namen "Olga-Heilanstalt für Kinder" nach der württembergischen Kronprinzessin und späteren Königin Olga. Die Kinderchirurgische Klinik wurde 1882 unter Leitung von Prof. v. Köstlin gegründet. Seit 1997 ist das Olgahospital ein offizielles Schwerverbranntenzentrum für Kinder.

Klinikum Stuttgart  
 Olgahospital  
 Kinderchirurgische Klinik  
 Bismarckstrasse 8




Wir danken folgenden Firmen für die freundliche Unterstützung



## XIX. Jahrestagung des Arbeitskreises „Das schwerbrandverletzte Kind“ 2011 in Stuttgart

Thema: Gesichts- und Halsverbrennungen  
 20. und 21. Mai 2011



Klinikum Stuttgart

**Liebe Kolleginnen und Kollegen**

Die XIX. Jahrestagung des Arbeitskreises „Das schwerbrandverletzte Kind“ am 20. und 21. Mai 2011 in Stuttgart soll sich in den Vorträgen schwerpunktmäßig und intensiv mit Gesichts- und Halsverbrennungen beschäftigen. Wir wollen über die operativen Aspekte, die physio- und ergotherapeutischen Möglichkeiten und die Narbenpflege mit Kompression und Silikon diskutieren. Am Freitag Nachmittag werden Workshops zu den Themenbereichen Kompression / Silikon und Physiotherapie angeboten. Wir bitten alle beteiligten Berufsgruppen -Schwestern, Physio- & Ergotherapeuten, Sanitätshäuser und Ärzte - Vorträge einzureichen. Willkommen sind Übersichtsreferate, genauso wie Erfahrungsberichte und Falldarstellungen zum Thema Gesichts- und Halsverbrennungen z.B. Art und Dauer der Silikonbehandlung, altersabhängige Compliance bei der Silikon- und Kompressionsbehandlung im Gesichtsbereich aus pflegerischer Sicht, Durchführung der Dehnungsbehandlung im Gesicht, Tracheostomaversorgung aus pflegerischer Sicht, effektive Physiotherapie im Gesicht bei Kompressionsverweigerung, Zeitpunkt der Transplantation bei Gesichtsverbrennungen, Zeitpunkt und Art von rekonstruktiven Maßnahmen, Hygienemaßnahmen und Hautpflege unter Kompression / Silikon, Alternativen bei der Narbenversorgung im Gesicht ( Kinesiotape, Silikon gel ).

Wir laden alle an der Versorgung brandverletzter Kinder Beteiligten ganz herzlich nach Stuttgart ein und bitten um viele interessante Vortragseinsendungen.



Prof. Dr. S. Löff

Dr. U. Mehlig

A. Reuchlen  
 Kinderkrankenpflege

J. Haverkamp  
 Physiotherapie

M. Burkhardt  
 Physiotherapie

E. Eichner  
 Kinderkrankenpflege

### Tagungssekretariat

**Frau Y. Circelli**  
 Telefon: 0049 - ( 0 ) 711 - 2787 - 3021  
 e-mail: Y.Circelli@klinikum-stuttgart.de

### Organisation & Abstrakteinreichung

**Dr. T. Hannmann**  
 Klinikum Stuttgart – Olgahospital  
 Bismarckstrasse 8, 70176 Stuttgart  
 Telefon: 0049 - ( 0 ) 711 - 2787 - 3026  
 e-mail: T.Hannmann@klinikum-stuttgart.de

**beantragte Fortbildungspunkte**  
 Ärztekammer Baden-Württemberg: 10 Punkte  
 Registrierung beruflich Pflegenden: 8 Punkte

**Teilnahmegebühren**  
 Ärztliches Personal 60 Euro  
 Nichtärztliches Personal 40 Euro

### Veranstaltungsort

Haus der Geschichte Baden-Württemberg  
 Urbansplatz 2  
 70182 Stuttgart



### Haus der Geschichte Baden-Württemberg

Die Geschichte Südwestdeutschlands von 1790 bis heute - das ist das Thema des Hauses der Geschichte. Spannende Inszenierungen prägen die Dauerstellung an der Stuttgarter Kulturmeile. Auf einen Gang durch die Zeiten folgen Themenräume wie »Schwarzwald«, »Wissenschaft« oder »Nachbar Frankreich«. Ein besonderes Erlebnis ist auch die im vergangenen Jahr komplett erneuerte Abteilung »Wirtschaftswunder«. Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie als Teilnehmer der Jahrestagung die Gelegenheit nutzen, die spannende Ausstellung kostenfrei zu besuchen.