

Aus der Klinik und Poliklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten (Direktor Univ.- Prof.  
Dr. med. M. Jünger)

der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

# **Verbesserung berufsbedingter Beinödeme und Beinbeschwerden unter Kompressionstherapie**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

Vorgelegt von: Sophie Hecko

geb. am 07.05.1989

in Rathenow

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich  
1. Gutachter/in: Prof. Dr. med. Michael Jünger  
2. Gutachter/in: Univ. Prof. Dr. Kornelia Böhler  
Ort, Raum: Universitätsmedizin Greifswald, Seminarraum J02.42 der Klinik für Unfall-  
und Wiederherstellungschirurgie  
Tag der Disputation: 16.03.2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	1
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	3
<b>Tabellenverzeichnis</b>	5
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	6
<b>1. Einleitung</b>	7
<b>2. Material und Methoden</b>	13
2.1. Studiendesign und Studienablauf	13
2.2. Patientenkollektiv	16
2.3. Kompressionsmaterial	16
2.4. Messmethoden und Fragebögen	17
2.4.1. Messung der Unterschenkelvolumina	17
2.4.2. Messung des Anpressdrucks	19
2.4.3. Digitale Photoplethysmographie	19
2.4.4. Klinische Symptomatik, Nebenwirkungen/Begleiterscheinungen Tragekomfort	21
2.5. Statistik	24
<b>3. Ergebnisse</b>	25
3.1. Patientenkollektiv	25
3.2. Volumenänderungen	27
3.3. Orthostatisch bedingte Beinbeschwerden, Lebensqualität	29
3.4. Tragekomfort	30
3.5. Fotodokumentation	35
3.5.1. Nebenwirkungen im Spann/Vorfuß	35
3.5.2. Nebenwirkungen im Haftbandbereich	36

<b>4. Diskussion</b>	37
<b>5. Schlussfolgerung</b>	42
<b>Literaturverzeichnis</b>	43
<b>Zusammenfassung</b>	50
<b>Danksagung</b>	51
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	52

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Oberflächliches Venensystem	8
Abbildung 2 Tiefes Venensystem	9
Abbildung 3 Kompressionsklassen nach RAL GZG 3872.2.6	13
Abbildung 4 Zeitplan der Studienvisiten und Tragephasen. Zwischen V2/V3 und V4/V5 jeweils eine Auswaschphase von 4 Tagen.	15
Abbildung 5 Studienablauf	15
Abbildung 6 Schematische Darstellung des Bodytronic®600 © Bauerfeind AG, Zeulenroda, Germany	18
Abbildung 7 Bodytronic®600 © Department of Dermatology of the Universitätsmedizin Greifswald, Germany	18
Abbildung 8 D-PPG Kurve ©ELCAT GmbH Wolfratshausen	20
Abbildung 9 Schematische Zeichnung eines Boxplots	25
Abbildung 10 Geschlechterverteilung	26
Abbildung 11 Berufsfelder	26
Abbildung 12 $\Delta$ Volumenreduktion in ml	27
Abbildung 13 Volumenabnahme in %	28
Abbildung 14 $\Delta$ LQD “Beinbeschwerden”	29
Abbildung 15 $\Delta$ LQD “Funktionaler Status”	30
Abbildung 16 Allgemeine Passform	31
Abbildung 17 Einschnürungen im Spann/Vorfuß	32
Abbildung 18 Einschnürungen im Haftbandbereich	33
Abbildung 19 Verrutschen des Strumpfes im Haftbandbereich	34
Abbildung 20 Tragen Sie die Kompressionsstrümpfe gerne?	34
Abbildung 21 Fotodokumentation Visite 2 am 3. Tag der Tragephase des MKS1: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	35

Abbildung 22 Fotodokumentation Visite 2 am 3. Tag der Tragephase des MKS1: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	35
Abbildung 23 Abbildung 23 und 24 Fotodokumentation Visite 4 am 3. Tag der Tragephase des MKS2: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	35
Abbildung 24 Abbildung 23 und 24 Fotodokumentation Visite 4 am 3. Tag der Tragephase des MKS2: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	35
Abbildung 25 Fotodokumentation Visite 6 am 3. Tag der Tragephase des LPSS: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	36
Abbildung 26 Fotodokumentation Visite 6 am 3. Tag der Tragephase des LPSS: Einschnürungen und Faltenbildung im Spann/Vorfußbereich	36
Abbildung 27 Fotodokumentation Visite 2 am 3. Tag der Tragephase des MKS1: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	36
Abbildung 28 Fotodokumentation Visite 2 am 3. Tag der Tragephase des MKS1: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	36
Abbildung 29 Fotodokumentation Visite 4 (links) und Visite 2 (rechts) am 3. Tag der Tragephase des MKS2: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	37
Abbildung 30 Fotodokumentation Visite 4 (links) und Visite 2 (rechts) am 3. Tag der Tragephase des MKS2: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	37
Abbildung 31 Fotodokumentation Visite 6 am 3. Tag der Tragephase des LPSS: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	37
Abbildung 32 Fotodokumentation Visite 6 am 3. Tag der Tragephase des LPSS: Einschnürungen und Faltenbildung im Haftbandbereich	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Stadieneinteilung nach Widmer	11
Tabelle 2 CEAP Klassifikation	11
Tabelle 3 Wirkungen der Kompressionstherapie	12
Tabelle 4 Stadien der venösen Wiederauffüllzeit	20
Tabelle 5 Lebensqualitätsdimensionen in Anlehnung an den “Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten”	23
Tabelle 6 Mittelwerte, Mediane, Quartile und Standardabweichungen der Volumenreduktion im Unterschenkel bei allen drei Strümpfen in ml	28

## Abkürzungsverzeichnis

CVI	Chronisch venöse Insuffizienz
D-PPG	digitale Photoplethysmographie
KKL	Kompressionsklasse
LPSS	Low-Pressure-Support-Stocking (= Kniestützstrumpf)
LQD	Lebensqualitätsdimensionen
MKS	Medizinischer Kompressionsstrumpf
NRS	Numerische Rating-Skala
VAS	Visuelle Analogskala

## 1. Einleitung

Venenerkrankungen zeigen eine hohe Krankheitsprävalenz und laut der Bonner Venenstudie leidet ca. 90 % der deutschen Bevölkerung an Venenerkrankungen von Besenreisern bis hin zu Ulzera der Unterschenkel. In einem Bericht des Statistischen Bundesamtes von 2006 betragen die Gesamtkosten im Bereich der Venen- und Lymphkrankeungen ca. 2,18 Mrd. Euro [1-2].

Menschen mit vermehrt stehenden und sitzenden Tätigkeiten, insbesondere im Berufsleben, leiden häufig unter subjektiven Beinbeschwerden wie Schwere-, Spannungs- und Kribbelgefühl in den Beinen oft in Verbindung mit objektivierbaren Beinödemen. Frauen sind in der Regel stärker betroffen als Männer [1, 3] und die Beschwerden nehmen im Alter zu. Auch nimmt die Lebensqualität mit Zunahme der Venenerkrankungen ab, wie Forscher der Bonner Venenstudie herausfanden [1-2]. Insbesondere während der aktuellen globalen Pandemie arbeiten viele Menschen im Home-Office und bewegen sich dadurch im Alltag weniger, was die Gefahr eines berufsbedingten orthostatischen Ödems erhöhen kann.

Durch langes Stehen und Sitzen kann es zu einer Stauung im venösen Gefäßsystem der Beine kommen, was zu einem erhöhten intravaskulären Druck, insbesondere in den postkapillären Venolen, führt. Diese chronische Stase, welche aufgrund des erhöhten Venendrucks entsteht, führt zu einer erhöhten, druckbedingten Ultrafiltration im Kapillarbett mit Bildung eines interstitiellen Ödems [4]. Beinödeme, die durch orthostatische Belastung bei überwiegend stehender und/oder sitzender Tätigkeit im Arbeitsalltag entstehen, werden auch als berufsbedingte orthostatische Ödeme bezeichnet [5]. Die klinischen Symptome dieser orthostatischen Beschwerden ähneln denen der chronisch venösen Insuffizienz, insbesondere Ödeme und Schmerzen der Unterschenkel/Füße. Eine Studie in der dänischen Bevölkerung zeigte ein erhöhtes Risiko für einen Krankenhausaufenthalt aufgrund von Krampfadern, wenn man bei der Arbeit lange stehen muss [6]. Darüber hinaus werden auch Komplikationen wie Erysipele mit Krampfadern in Verbindung gebracht und können zu Arbeitsausfällen und Krankenhausaufenthalten führen [7].

In dieser einfach verblindeten randomisierten klinisch prospektiven Studie wurde untersucht, ob die Verwendung konservativer medizinischer Kompressionsstrümpfe der KKL 1 zur Behandlung berufsbedingter orthostatischer Ödeme ebenso vorteilhaft ist, wie dies für die Behandlung symptomatischer Ödeme im Zusammenhang mit CVI nachgewiesen wurde [8-9].

Die **primären Zielkriterien** waren Veränderung der Unterschenkelvolumina und das Objektivieren von orthostatischen Beinbeschwerden nach mindestens acht Stunden sitzender oder stehender Tätigkeit. Es wurden zwei unterschiedliche medizinische Kompressionsstrümpfe der KKL 1 (18-21 mmHg), MKS1 oder MKS2 und ein Low-Pressure-Support-Stocking (=Kniestützstrumpf=LPSS) mit einem Anpressdruck von 8-10 mmHg getragen und evaluiert. Als **sekundäre Zielgröße** wurde der Tragekomfort der in der Studie verwendeten Strümpfe erhoben.

### Anatomie des Venensystems

Das Venensystem der unteren Extremitäten ist für den Rückfluss des Blutes Richtung Herz verantwortlich und kann in drei Einheiten unterteilt werden: die tiefen Beinvenen, oberflächliche Beinvenen und Perforansvenen. Der Blutfluss folgt dabei immer einem bestimmten Weg, von den oberflächlichen Venen über die Perforansvenen in das tiefe Venensystem zum Herz.

Die Aufgabe des oberflächlichen epifaszialen Systems ist der Abtransport des Blutes aus Haut und Unterhautfettgewebe. Es besteht aus zwei Stammvenen, der V. saphena magna und der V. saphena parva. Erstere verläuft von Malleolus medialis entlang der Beininnenseite und mündet in die V. femoralis. Diese Einmündung wird als Venenstern (Syn. Crosse) bezeichnet, weil hier neben der V. saphena magna noch weitere Venen münden. Die zweite Stammvene des epifaszialen Systems ist die V. saphena parva, welche vom Malleolus lateralis über die Wade in die V. poplitea mündet. Entlang der gesamten Beinlänge münden noch weitere Venen, sog. Seitenäste, in beide Stammvenen.

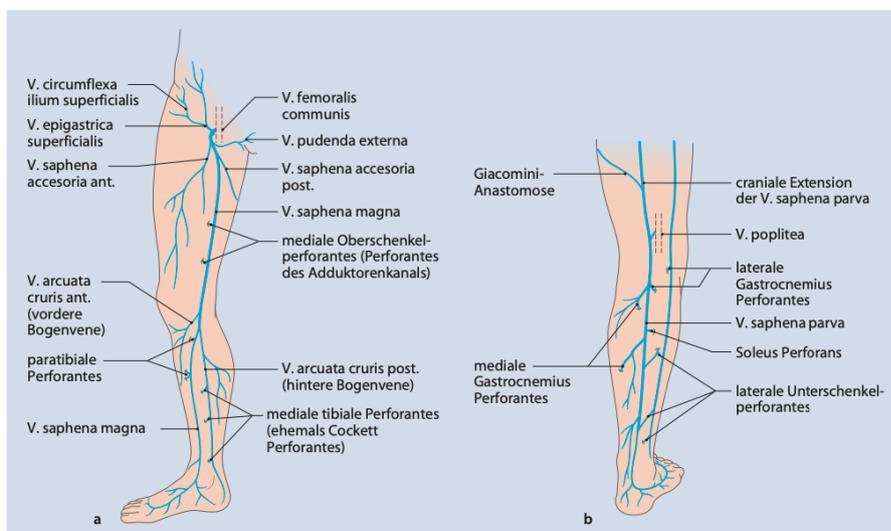


Abbildung 1 Oberflächliches Venensystem [10]

Die zum subfaszialen tiefen Beinvenensystem gehörenden Venen laufen in der Muskulatur, sind paarig, und laufen parallel zu den entsprechenden Arterien. Hierzu gehören die Vv. tibialis anteriores, Vv. tibialis posteriores und Vv. fibulares, welche im Bereich der Fossa poplitea in die Vena poplitea münden und im weiteren Verlauf zur V. femoralis werden. Das tiefe und oberflächliche Beinvenensystem wird durch Perforansvenen verbunden, hier sind von besonderer Bedeutung die Dodd-, Boyd-, Sherman- und Cockett-Venen.

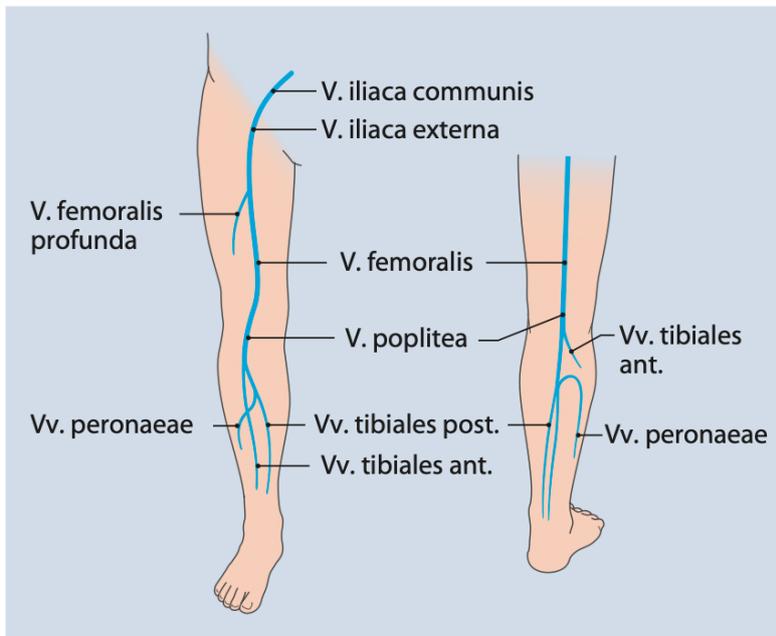


Abbildung 2 Tiefes Venensystem [10]

Da der Druck im Venensystem eines stehenden Menschen von ca. 10 mmHg in liegender Position auf 85-100 mmHg ansteigt, braucht es mehrere Mechanismen, um den Transport des venösen Blutes herzwärts und damit entgegen der Schwerkraft zu unterstützen. Zu diesen Mechanismen gehören zum einen die Gelenk-Muskelpumpen und Venenklappen, aber auch der diaphragmale Pumpmechanismus sowie die Druckdifferenz zwischen der linken und rechten Herzkammer.

Die tiefen Beinvenen liegen zusammen mit der Muskulatur in einer Faszie. Sobald es zur Bewegung der Beine und Füße kommt, werden die Venen durch Kontraktion der Muskeln (Muskelpumpe) komprimiert und Blut nach proximal transportiert. Entspannt die Muskulatur, kommt es zur Dilatation der Venen und einen dadurch entstehenden Sog, sodass Blut aus der Peripherie in die tiefen Beinvenen abgeleitet werden kann.

Die wichtigste Muskelpumpe ist hierbei die Wadenmuskelpumpe. Weitere „Pumpen“ sind

die Fußsohlen-, Sprunggelenk-, Knie- und Oberschenkelmuskelpumpe.

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Sicherstellung des venösen Abflusses herzwärts ist die Funktion der Venenklappen, die sich in bestimmten Abständen in den epifaszialen Venen befinden. Diese sind Ausstülpungen der Gefäßwände und verhindern den Reflux des venösen Blutes nach distal (im Sinne eines Rückschlagventils). Eine Fehlfunktion der Venenklappen ist ein wichtiger Faktor in der Ätiologie der CVI. Neben den Muskelpumpen und Venenklappen entsteht durch die Druckdifferenz der Herzkammern und die atemabhängige Druckdifferenz im Brustkorb durch das Diaphragma ein Sog-Effekt, welcher den Abtransport des Blutes beeinflusst und ebenfalls unterstützt [10-12].

### **Chronisch venöse Insuffizienz und Beinödeme**

Der chronisch venösen Insuffizienz (CVI) liegt eine primäre oder sekundäre Varikose, im Rahmen eines postthrombotischen Syndroms nach tiefer Beinvenenthrombose oder seltenen Gefäßmalformationen und genetischen Defekten, zugrunde. Bei der primären Varikose hingegen besteht eine krankhafte Erweiterung des Venendiameters der oberflächlichen Venen und einer damit verbundenen Venenklappeninsuffizienz, da die Klappen nicht mehr adäquat schließen können und es zu einem Reflux des Blutes nach distal kommt. Es resultiert eine venöse Hypertonie und typische CVI-bezogenen Beschwerden. Die chronisch venöse Hypertonie verursacht ein vermehrtes Austreten von intravasaler Flüssigkeit in den interstitiellen Raum. Dieses erhöhte Volumenaufkommen kann bis zu einem gewissen Punkt durch die Lymphbahnen abtransportiert werden, jedoch kommt es mit der Zeit zu einer Dekompensation des Systems und es entstehen Ödeme. Die chronische Überlastung führt zur Aktivierung von verschiedenen pro-inflammatorischen Mediatoren, wie Interleukinen und TNF-alpha. Es kommt zu einer Entzündung des Venenendothels und damit zu einer erhöhten Permeabilität, welche vermehrten Austritt von u.a. Proteinen und eine damit verbundene chemotaktische Anreicherung von Fibroblasten und Leukozyten zur Folge hat. Durch die chronische Entzündung und vermehrten Fibroblasten sowie die gestörte Fibrinolyse kommt es zu einer Sklerosierung des initial reversiblen Unterschenkelödems sowie einer Stauungsdermatitis - einer Entzündung der Haut aufgrund von Mangelversorgung des Gewebes durch die Beinödeme. Die chronische Mangelversorgung führt schließlich zur Entwicklung eines Ulcus cruris venosum. Die CVI kann klinisch in drei Stadien nach Widmer eingeteilt werden, wie in Tabelle 1 dargestellt [10-15].

Die internationale Klassifizierung venöser Erkrankungen erfolgt heute mittels der internationalen CEAP- Klassifikation [16]. Diese beruht nicht nur auf der klinischen

Präsentation (C) der Erkrankung, sondern berücksichtigt auch die Ätiologie (E), Anatomie (A) und Pathophysiologie (P).

Stadium 1	Corona phlebatica paraplantis
Stadium 2	Stadium 1+ Hautveränderungen (Atrophie blanche, Stauungsdermatitis, Pupura jaune d'ocre, Dermatosklerose)
Stadium 3	Stadium II+ Ulkus cruris venosum
Stadium 3a	Ulkus cruris venosum (abgeheilt)
Stadium 3b	Ulkus cruris venosum (floride

Tabelle 1 Stadieneinteilung nach Widmer [13].

Klinisches Bild Clinical Picture	Ätiologie Etiology	Anatomie Anatomy	Pathophysiologie Pathophysiology
C0 = keine Varizen C1 = Teleangiektasien, reticuläre Varizen C2 = Ast- und Stammvarizen C3 = Ödeme C4 = Hautveränderungen C4a = Ekzem, Hyperpigmentierung C4b = Lipodermatosklerose, Atrophie blanche C5 = abgeheiltes Ulcus C6 = florides Ulcus	E <sub>P</sub> = primär E <sub>S</sub> = sekundär E <sub>C</sub> = kongenital E <sub>N</sub> = keine Anomalie	A <sub>S</sub> = superfizieller Reflux A <sub>D</sub> = tiefer Reflux A <sub>P</sub> = Reflux aus Perforantes	P <sub>R</sub> = Reflux P <sub>O</sub> = Obstruktion P <sub>R,O</sub> = Reflux und Obstruktion
Zusatz: a asymptomatisch, s symptomatisch			

Tabelle 2 CEAP-Klassifikation [16]

## Kompressionstherapie

Kompression ist in der Prävention und Therapie von Ödemen unabdingbar.

Sie kann als Monotherapie oder in Verbindung mit operativen/ablativen Verfahren sowie Pharmakotherapien durchgeführt werden. Es gibt verschiedene Systeme zur Kompression: medizinische Kompressionsstrümpfe, medizinische Kompressionssysteme und phlebologische Kompressionsverbände.

Die Wirkungsweise der Kompressionstherapie beruht auf mehreren Prinzipien, vor allem in

der Verkleinerung des Gefäßdiameters, welches einen schnelleren Abfluss des Blutes herzwärts fördert und somit die venöse Pumpfunktion und Fließgeschwindigkeit erhöht und dem venösen Pooling entgegenwirkt.

Dem bei chronischen Venenerkrankungen bestehende Reflux durch nicht adäquat schließende Venenklappen kann durch Komprimierung ebenfalls entgegenwirkt werden, da die zu schließenden Gefäße verkleinert werden und die Venenklappen wieder schließen. Weiterhin wird Druck auf das Gewebe ausgeübt und somit eine Filtration in das Interstitium reduziert und Resorption aus dem Interstitium via Lymphe gefördert [9; 15]. Weitere Effekte der Kompressionstherapie sind in Tabelle 3 dargestellt.

Reduktion von Ödem	Einschränkung des Kapillarfiltrates
	Flüssigkeitsverschiebung in nicht-komprimierte Abschnitte
	Förderung der Lymphdrainage
Effekte auf Venen (Veneneinengung)	Anstieg der venösen Strömungsgeschwindigkeit
	Reduktion des venösen Poolings
	Verbesserung der venösen Pumpfunktion
Effekte auf Mikrozirkulation und Zytokine	Anstieg des shear stress
	Freisetzung von anti-inflammatorischen Mediatoren
Effekte auf den arteriellen Einstrom	Anstieg des arteriellen Flusses (durch intermittierende, aber auch kontinuierliche Kompression mit moderatem Druck)
	Reduktion des arteriellen Einstroms, wenn der Kompressionsdruck den Perfusionsdruck übersteigt

Tabelle 3 Wirkungen der Kompressionstherapie [17]

Bei MKS wird zwischen dem ausgeübten Ruhedruck, welcher den Druck der Kompression in Ruhe im Liegen angibt, und dem Arbeitsdruck, welcher von den MKS beim Gehen/Stehen ausgeübt wird und zusätzlich die Effizienz der Muskelpumpe erhöht, unterschieden werden.

Der Wirkmechanismus der Kompression basiert auf dem Laplace-Gesetz:  $D=S/R$  ( $D$ = Anpressdruck,  $S$ = Spannung des Kompressionsmaterials,  $R$ = Krümmungsradius der zu komprimierenden Fläche). Es besagt, dass der Druck sich direkt proportional zu Spannung des Kompressionsmaterials verhält, aber indirekt proportional zum Krümmungsradius der Extremität. Dies hat zur Folge, dass der Druck des MKS von distal nach proximal mit zunehmendem Beinumfang abnimmt und somit ein entsprechender venöser Abfluss gewährleistet wird [18].

Zur optimalen Kompression ist das Verhältnis von Ruhe- zu Arbeitsdruck wichtig, da bei hohem Arbeitsdruck eines Materials die Arbeit der Muskelpumpen erhöht wird und dadurch eine höhere Effektivität der Kompression erlangt werden kann.

Diese Beschaffenheit des Kompressionsmaterials, einen erhöhten Arbeitsdruck aufrechtzuerhalten, wird als Stiffness bezeichnet [9].

Kompressionsstrümpfe werden je nach Anpressdruck in vier Kompressionsklassen (KKL) unterteilt. Dieser bezieht sich auf den Ruhedruck des Kompressionsstrumpfes im Fesselbereich und nimmt von distal nach proximal ab, um eine entsprechende venöse Drainage bestmöglich zu fördern.

Kompressionsklasse	Kompressionsintensität	Kompression in kPa <sup>1)</sup>	Kompression in mmHg <sup>2)</sup>
I	leicht	2,4 bis 2,8	18 bis 21
II	mittel	3,1 bis 4,3	23 bis 32
III	kräftig	4,5 bis 6,1	34 bis 46
IV	sehr kräftig	6,5 und größer	49 und größer
1) 1 kPa = 7,5 mmHg 2) 1 mmHg = 0,133 kPa			

Abbildung 3 Kompressionsklassen nach RAL GZG 3872.2.6 [19].

Die Anwendung der einzelnen Kompressionsklassen hängt von der Diagnose und Patientensituation ab und sollte nicht pauschalisiert werden, sondern an die jeweilige Situation des Patienten und das Stadium der Erkrankung angepasst werden, um eine bestmögliche Kompressionstherapie mit maximaler Compliance zu erreichen. Die deutsche Leitlinie „Medizinische Kompressionstherapie der Extremitäten mit Medizinischen Kompressionsstrümpfen (MKS), Phlebologischem Kompressionsverband (PKV) und Medizinisch adaptiven Kompressionssystemen (MAK)“ empfiehlt die Bevorzugung der „niedrigsten wirksamen KKL. Dies unterstützt die Adhärenz mit der Kompressionstherapie. Eine starre Zuordnung einer KKL zu einer Diagnose ist nicht sinnvoll. Ziel der Kompressionstherapie ist die Besserung des klinischen Befundes“. [9; 20].

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Studiendesign und Studienablauf

Diese randomisierte, einfach verblindete, klinisch prospektive Studie wurde zwischen Juli und Dezember 2018 an der Klinik und Poliklinik für Hautkrankheiten der Universitätsmedizin Greifswald durchgeführt. Die Studienteilnehmer wurden entsprechend auf Ein- und Ausschlusskriterien durch einen approbierten Arzt geprüft.

Nach Einschluss wurden alle 49 Probanden in zwei Kohorten unterteilt, welche jeweils eine randomisierte Tragesequenz der drei verschiedenen Strümpfe hatten (ABC/BAC). Jeder Strumpf wurde für jeweils drei konsekutive Tage in einer Woche getragen. Zwischen den einzelnen Strümpfen lag immer eine Auswaschphase von vier Tagen, um den Effekt des vorangegangenen Strumpfes auf den neuen Strumpf zu reduzieren.

Insgesamt gab es sieben Visiten mit einer Screening-Visite und jeweils zwei weiteren Visiten in den Tragewochen (drei Wochen) gemäß Abbildung 4. Die Visiten wurden den Arbeitszeiten der Probanden angepasst. Bei Studienteilnehmern, welche während des Tages gearbeitet haben, wurde Teil 1 der Screening-Visite zwischen 06:30-8:30 Uhr (vor der Arbeit) und alle anderen Visiten zwischen 16:00-18:00 Uhr (nach der Arbeit) durchgeführt. Für Probanden, die hauptsächlich in der Nacht gearbeitet haben, war Teil 1 der Screening-Visite vor der Arbeit zwischen 21:00-22:00 Uhr angesetzt und alle weiteren Visiten zwischen 06:30-7:00 Uhr nach der Arbeit.

Die Screening-Visite bestand aus zwei Teilen, um eine Änderung des Beinvolumens vor und nach Arbeit an einem Tag zu messen (Bodytronic®600, Bauerfeind AG, Zeulenroda, Deutschland). Zusätzlich wurden die Probanden ausführlich auf Ein- und Ausschlusskriterien geprüft, durch einen approbierten Arzt untersucht und über die Studie aufgeklärt und mussten einen Fragebogen bezüglich der bestehenden Beinbeschwerden ausfüllen, welcher auf dem "Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten" von Klyscz et al. [21] basiert.

Da ausschließlich venengesunde (CEAP 0-1) [16] Probanden eingeschlossen werden konnten, wurde die venöse Funktion mittels D-PPG (Vasoquant® 1000 D-PPG, ELCAT GmbH, Wolfratshausen, Germany) [22-N24] gemessen. Eine Wiederauffüllzeit von < 25 s und einer venösen Drainage von < 2,5 % führten zum Ausschluss.

Die **Visiten 1, 3 und 5** wurden jeweils **vor der entsprechenden Tragephase** nach einem 8-stündigen Arbeitstag durchgeführt. Mittels Bodytronic®600 (Bauerfeind AG, Zeulenroda, Deutschland) wurden die Beinvolumina gemessen und ein neues Paar Strümpfe für die nächsten drei Tage wurde ausgehändigt.

Die **Visiten 2, 4 und 6** wurden ebenfalls nach einem 8-stündigen Arbeitstag am **letzten Tag der Tragephase** durchgeführt und beinhalteten die erneute Messung der Beinvolumina, die Abgabe der ausgefüllten Fragebögen der jeweiligen Tragephase und eine Fotodokumentation.

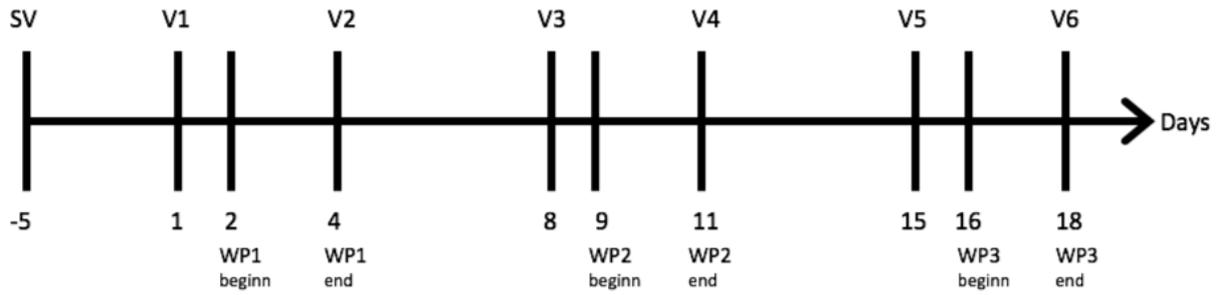


Abbildung 4 Zeitplan der Studienvisiten und Tragephasen. Zwischen V2/V3 und V4/V5 jeweils eine Auswaschphase von 4 Tagen.

SV=Screening-Visite, V= Visite, WP= wearingperiod=Tragephase

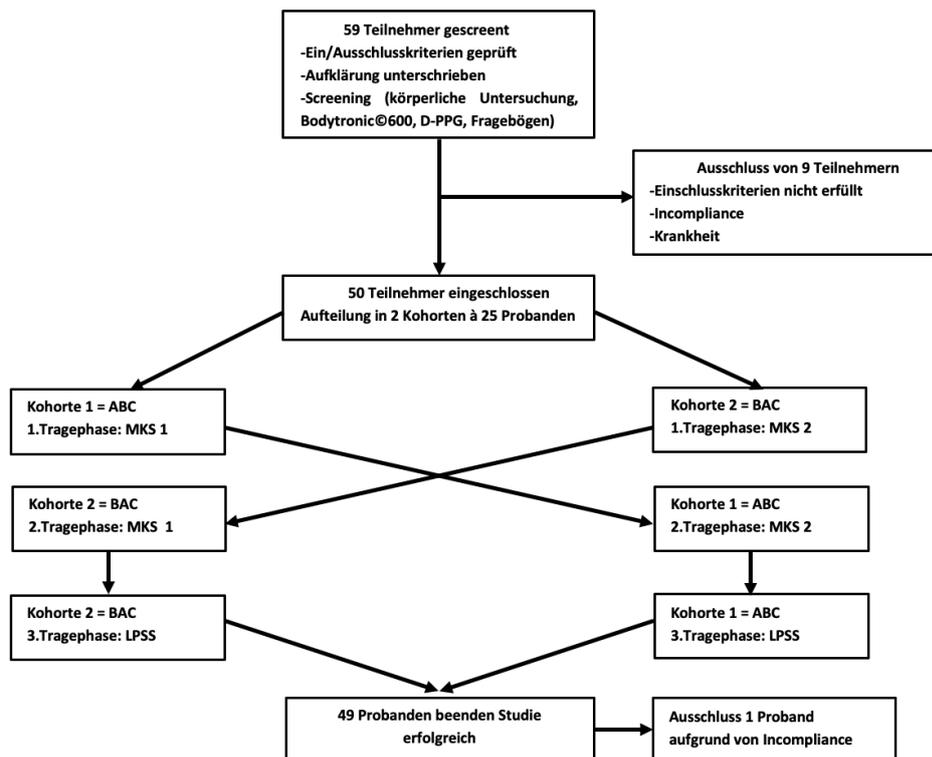


Abbildung 5 Studienablauf

## **2.2. Patientenkollektiv**

Das eingeschlossene Studienkollektiv bestand aus 49 Teilnehmern (43 Frauen, 6 Männer) im Alter von 19 bis 63 Jahren. Die eingeschlossenen Probanden gingen alle einer hauptsächlich stehenden/sitzenden Tätigkeit nach und hatten am Abend orthostatisch bedingte Beinödeme und Beinbeschwerden, wie z.B. Brennen, Schmerzen, Schweregefühl. Wurden nur Beinödeme ohne subjektive Beschwerden angegeben, galt dies als Ausschlusskriterium. Eingeschlossen in die Studie wurden ausschließlich venengesunde Probanden gemäß der Klassifikation nach CEAP 0-1 [16]. Dementsprechend waren weitere Ausschlusskriterien neben einer manifesten CVI, Lip- oder Lymphödeme eine akute TVT, pAVK (ABI < 0,8) sowie ein Diabetes mellitus mit peripherer Neuropathie. Zusätzlich sollten die Probanden zwischen 18 und 80 Jahren alt sein, aktuell keine Schwangerschaft bestehen und fähig sein, dem Studienprotokoll zu folgen.

## **2.3. Kompressionsmaterial**

Im Rahmen der Studie wurden zwei medizinische Kompressionsstrümpfe (MKS 1 vs. MKS 2) mit einem Anpressdruck von 18-21 mmHg und ein Kniestützstrumpf (LPSS) mit leichten Kompressionseigenschaften ausgewählt und hinsichtlich ihrer Wirkung auf orthostatische Beinödeme und Beinbeschwerden untersucht. Beide Kompressionsstrümpfe in der Ausführung AD (Unterschenkelstrumpf) entsprechen den RAL-Anforderungen (**R**eichs-**A**usschuss für **L**ieferbedingungen, Sankt Augustin, Deutschland) [19] und sind CE-zertifiziert mit einem vom Knöchel graduell nach proximal abnehmenden Druckgradienten [25].

MKS 2 (im Vergleich zum MKS 1) soll laut Hersteller, aufgrund des verstärkt ausgearbeiteten Fersenbereichs und weniger Gestrick am Spann, für überwiegend sitzende/stehende Menschen besonders angenehm sein und dementsprechend einen besonders hohen Tragekomfort erreichen.

Der LPSS hatte einen Anpressdruck von 8-10 mmHg (gemessen mit PicoPress®, Microlab Elettronica, Roncaglia di Ponte San Nicolò (PD) Italien) [26].

## 2.4. Messmethoden und Fragebögen

### 2.4.1. Messung der Unterschenkelvolumina

Während der Visiten wurden die Unterschenkelvolumina mit dem Bodytronic®600 (Bauerfeind AG, Zeulenroda, Deutschland) mittels 3D-Messtechnik bestimmt. Das System besteht aus drei Hauptbestandteilen, dazu gehören ein Drehteller mit Messplatte, ein Scansystem und Bedienpult (s. Abbildung 6) [27]. Die Messung erfolgt berührungsfrei. Der Studienpatient muss sich hierfür auf die vorgegebenen Markierungen auf der Messplatte stellen, während die Plattform sich um 360° entgegen dem Uhrzeigersinn für weniger als eine Minute dreht (s. Abbildung 7). Während der Rotation wird ein Raster auf die Haut projiziert und an bestimmten Punkten werden Bilder aufgenommen und eine Punktwolke entsteht. Aus dieser wird später ein dreidimensionales Bild der zu messenden Körperregion erstellt und Volumina sowie Umfangs- und Längenmaße berechnet [28]. Das Messverfahren ist standardisiert, was zu einer deutlichen Reduktion möglicher Messfehler führt und wurde bei konstanter Raumtemperatur und Beleuchtung durchgeführt [29]. Die Zuverlässigkeit der Messungen und Standardisierung des Messverfahrens durch das Bodytronic®600 (Bauerfeind AG, Zeulenroda, Deutschland) konnte u.a. in einer Studie von Tischer et al. [30] gezeigt werden. Hier konnten niedrige Variationskoeffizienten (CV) für Beinvolumina ( $CV \leq 2,5\%$ ) und Beinumfänge ( $CV \leq 1,3\%$ ) ermittelt werden, was eine hohe Genauigkeit/Zuverlässigkeit der Messmethode mit dem Bodytronic®600 (Bauerfeind AG, Zeulenroda, Deutschland) bestätigt [30]. CV gilt als Maß der Streubreite, welches die Streuung relativ zum Mittelwert beschreibt. Das bedeutet, CV sind unabhängig von einer Maßeinheit, was es möglich macht, die Streuung von Daten zu vergleichen, die unterschiedliche Maßeinheiten haben, je niedriger der CV, umso zuverlässiger die Daten [31].

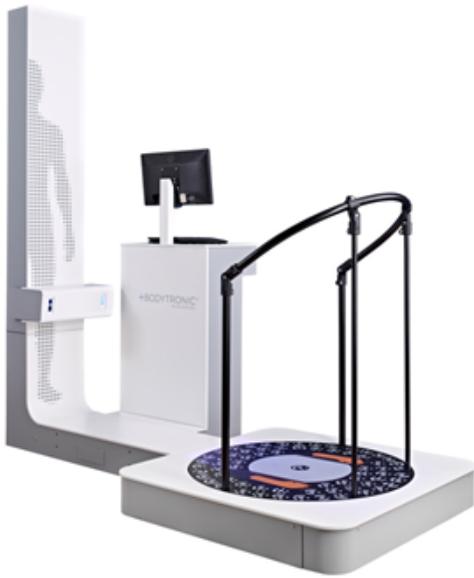


Abbildung 6 Schematische Darstellung des Bodytronic®600 © Bauerfeind AG, Zeulenroda



Abbildung 7 Bodytronic®600 © Klinik und Poliklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der Universitätsmedizin Greifswald

### 2.4.2. Messung des Anpressdrucks

Der Anpressdrucks der Kniestützstrümpfe wurde mittels PicoPress® (Microlab Elettronica, Roncaglia di Ponte San Nicolò (PD) Italy) [26] in Ruhe gemessen. Die Messung wird in stehender Position ermittelt und erfolgt durch die Platzierung eines Luftkissens zwischen Strumpf und Haut am lateralen Unterschenkel proximal zum Malleolus lateralis. Die Angaben sind in mmHg [32].

### 2.4.3. Digitale Photoplethysmographie

Alle Studienteilnehmer wurden mittels nichtinvasiver digitaler Photoplethysmographie (D-PPG, Vasoquant1000® and Vasoquant 4000®, ELCAT GmbH, Wolfratshausen, Deutschland) auf funktionelle Veränderungen und Abflussstörungen des peripheren Venensystems der Unterschenkel untersucht [33]. Hierfür wird der Proband bequem auf einem Stuhl so platziert, dass zwischen Ober- und Unterschenkel im Kniebereich ein  $110^\circ$  Winkel entsteht. Der Sensor/die Elektrode wird dann auf normaler Haut ca. 10 cm oberhalb des Malleolus medialis angebracht. Nach Erreichen der Ruhephase sollte der Proband mit der Durchführung von 10 Dorsalflexionen beginnen und dabei den Vorfuß, soweit es möglich ist, anheben und ablassen. Auf diese Entleerungsphase mit entsprechender Verdrängung des Blutes aus den Gefäßen durch die Bewegungen folgt die Wiederauffüllphase, in welcher der Patient ruhig sitzen sollte. In dieser Phase misst das Gerät die benötigte Zeit zur Wiederauffüllung der Venen bis zum Ausgangszustand (Ruhephase).

Das Prinzip des D-PPG beruht auf der Absorption von Infrarotlicht durch Hämoglobin über die Haut (Vasoquant1000® and Vasoquant 4000® with the range of 940 nm). Wenn die Venen in der Ruheposition mit Blut gefüllt sind, wird das meiste Licht absorbiert. Während der Dorsalflexion kommt es mit Hilfe der Muskelpumpen und dem Sprunggelenk zur Verdrängung des Blutes aus den Gefäßen Richtung Herz, was zu einer verstärkten Reflexion des Lichtes ( $V_0$ ) führt. Nach Beendigung der Bewegungsroutine kommt es zu einem erneuten Wiederauffüllen der Gefäße und damit zu einer erneuten Zunahme der Lichtabsorption. Bei venengesunden Personen erfolgt die Wiederauffüllung über das arterielle System und dauert  $>25$  s an. Bei einer chronisch venösen Funktionsstörung kommt es auch zu einem Rücklauf des Blutes über inkompetente Venenklappen, was die Wiederauffüllzeit verkürzt. Die Wiederauffüllzeit ( $T_0$ ) ist der wichtigste reproduzierbare Parameter eines D-PPG und gibt die Zeitspanne vom Stoppen der Dorsalflexion ( $R_{max}$ ) bis zum Erreichen des Ruhewertes

( $R_{\text{end}}$ ) an. Die Ergebnisse von  $T_0$  können in vier Stadien unterteilt werden, wie in Tabelle 4 zu sehen ist [34].

Ein zweiter Parameter, welcher mittels des D-PPG beurteilt werden kann, ist die venöse Pumpleistung ( $V_0$ ), welche die maximale Leistung der venösen Blutverdrängung widerspiegelt ( $V_0$  and  $R_{\text{max}}$ ).

Beeinflusst werden können die Ergebnisse durch Faktoren wie Umgebungs- und Hauttemperatur, Hautzustand, Prüfer und Compliance [22-24; 35-37].

Venöse Wiederauffüllzeit ( $t_0$ )	
$T_0 > 25$ s	normal
$T_0 = 20 - 25$ s	Venöse Funktionsstörung Grad 1
$T_0 = 19 - 10$ s	Venöse Funktionsstörung Grad 2
$T_0 < 10$ s	Venöse Funktionsstörung Grad 3

Tabelle 4 Stadien der venösen Wiederauffüllzeit

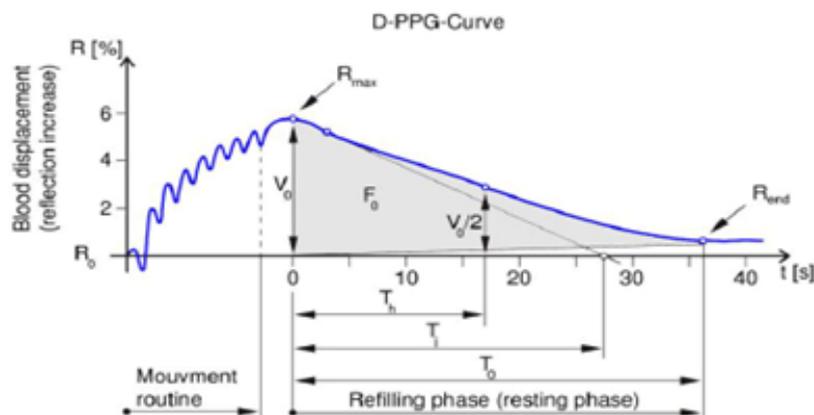


Abbildung 8 D-PPG Kurve ©ELCAT GmbH Wolfratshausen [34]

#### **2.4.4. Klinische Symptomatik, Nebenwirkungen/Begleiterscheinungen und Tragekomfort**

##### **Fragebogen: Tragekomfort und Nebenwirkungen durch das Tragen der Strümpfe**

Die Studienteilnehmer mussten in einem täglichen Fragebogen den Tragekomforts der drei Strümpfe bewerten. Dieser wurde am Tag vor der Tragephase ausgehändigt und sollte jeden Tag nach der Tragephase ausgefüllt werden. Die Auswertung erfolgte mittels VAS von 10 cm (0 = keine Beschwerden/super Tragekomfort; 10 = starke Beschwerden/sehr schlechter Tragekomfort).

Der Bogen beinhaltet 61 Elementen und besteht aus drei Teilen. In Teil 1 wurde mittels 48 Fragen auf Beinbeschwerden wie Einschnürung, Spannungsgefühl, Faltenbildung, Schmerzen, Wärme-/Kälteempfindungen, Brennen, Kribbeln, Taubheit und Juckreiz eingegangen. Der zweite Teil (sechs Fragen) beinhaltet Fragen bezüglich Hautveränderungen, wie Rötungen, Hautverfärbungen, Hauttrockenheit, Wunden und Blasenbildung. Im letzten Abschnitt des Fragebogens mit sieben Fragen sollten die Probanden Angaben zum allgemeinen Tragekomfort geben (z.B. allgemeine Passform, Zeit und Aufwand zum Anlegen der Strümpfe).

##### **Fragebogen: Lebensqualität und Beinbeschwerden**

Dieser Fragebogen basiert auf dem "Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten" von Klyszcz et al. [21] und beinhaltet 61 Elemente. Da potenzielle Probanden nur bei Bestehen von orthostatischen Beinbeschwerden in die Studie eingeschlossen werden konnten, wurde dieser Fragebogen bereits einmalig während der Screening-Visite ausgefüllt.

Nach Einschluss erhielt jeder Teilnehmer erneut diesen Fragebogen, um jeweils am letzten Tag jeder Tragephase die Effekte der Strümpfe auf die vorher angegebenen Beinbeschwerden zu bewerten.

Dieser Fragebogen ist in vier Hauptteile unterteilt und beschäftigt sich in den ersten 24 Fragen mit allgemeinen Beinbeschwerden, wie z.B. Spannungsgefühl in den Unterschenkeln, schwere Beine, Müdigkeitsgefühl in den Unterschenkeln, Kribbeln, Beinschmerzen und Taubheitsgefühl in den Unterschenkeln vor/nach der Kompressionstherapie. Die Auswertung erfolgte auf einer Notenbewertung von 0 = Beschwerden nicht vorhanden bis 5 = Beschwerde vorhanden und besonders stark ausgeprägt.

Der zweite Teil befasst sich mit dem funktionalen Status (Einschränkungen im täglichen Leben) in Zusammenhang mit orthostatischen Beinödemen und Beinbeschwerden vor/nach der Kompressionstherapie. Die 16 Punkte umfassten langes Sitzen, Gehen, langes Stehen, Schlafprobleme, Hausarbeit, Schuhe anziehen und Treppensteigen. Die Antworten konnten auf einer VAS von 10 cm angegeben werden (0 = Beschwerden beeinträchtigt mich überhaupt nicht; 10 = Beschwerden beeinträchtigt mich sehr stark).

Im nächsten Abschnitt wurden die Studienteilnehmer zu ihrer allgemeinen Lebensqualität in Bezug auf Beinbeschwerden vor/nach der Kompressionstherapie befragt. Diese 16 Fragen umfassten allgemeines Wohlbefinden, Zufriedenheit mit dem täglichen Leben, Ängstlichkeit, Erschöpfung aufgrund von Beinbeschwerden und Stress.

Im letzten Teil wurden zusätzlich fünf Items zur Bewertung der Behandlungen und der Zufriedenheit mit der Behandlung vor/nach der Kompressionstherapie aufgenommen. Die letzten beiden Teile dieses Fragebogens wurden ebenfalls auf einer VAS von 10 cm (sehr zufrieden/kaum betroffen; 10 = sehr unzufrieden/stark betroffen) beantwortet.

Am Ende wurden alle 61 Items, in Anlehnung an den "Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten" von Klyscz et al. [21], zu sechs Lebensqualitätsdimensionen (LQD) zusammengefasst.

Lebensqualitätsdimensionen	Items
Beinbeschwerden	<p>Müde Beine, Schweregefühl in den Beinen, Spannungsgefühl in den Beinen, brennendes Gefühl in den Beinen, stechender Schmerz in den Beinen, Taubheitsgefühl in den Beinen, Überempfindlichkeit der Beine bei Berührung, Hitzegefühl in den Beinen, Schmerzen in den Beinen beim Sitzen/Stehen/Liegen/Belasten des Fußes, allgemeine Beinschmerzen, Schlafstörungen aufgrund von Beinschmerzen, Steifheit der Beine, Krämpfe in den Beinen, Unruhe in den Beinen, Kribbeln in den Beinen, Juckreiz in den Beinen, Rötung/Verfärbung der Beine, Ziehen in den Beinen, Pulsieren/Pochen in den Beinen, Anschwellen der Beine, Müdigkeit der Beine, Zunahme der Beinbeschwerden im Laufe des Tages?</p>
Funktionaler Status	<p>Beeinträchtigung bei: langem Sitzen/Stehen/Gehen, schnellem Gehen/Laufen, langem Gehen/Laufen, Treppensteigen, Hocken/Bücken, Sport treiben, Ausgehen, Schlafstörungen, Schuhe anziehen, Tragen/Heben von schweren Lasten (z. B. Einkaufstüten), leichten Arbeiten im Haushalt (z. B. Kochen), schweren Arbeiten im Haushalt (z. B. Putzen)</p>
Umgang mit den Beinbeschwerden	<p>Einschränkungen im Alltag aufgrund von Beinbeschwerden, Vorsicht im Alltag aufgrund von Beinbeschwerden</p>

Ängste und Sorgen im Alltag	allgemeines Wohlbefinden, allgemeine Leistungsfähigkeit (im Beruf/zu Hause), Gefühl von unattraktiven Beinen, unangenehm, Beine zu zeigen
Wohlbefinden und Lebenszufriedenheit	schnelle Erschöpfung aufgrund von Beinbeschwerden, Gefühl, anderen zur Last zu fallen aufgrund von Beinbeschwerden, allgemeine Stimmung/Wohlbefinden, Probleme zur Ruhe zu kommen aufgrund von Beinbeschwerden, Stress aufgrund ungelöster Probleme, Gefühl der Nervosität/am Rande der geistigen Leistungsfähigkeit, allgemeines Erschöpfungsgefühl aufgrund von Beinbeschwerden, veränderte morgendliche Energie aufgrund von Beinbeschwerden, allgemeine Belastung aufgrund von Beinbeschwerden, Gefühle von Ängstlichkeit/Sorgen, Zufriedenheit mit täglichen Aktivitäten
Hoffnungen und Zufriedenheit im Hinblick auf Behandlung	Zufriedenheit mit der Behandlung, Zeitbedarf für die Behandlung, Hochlegen der Beine, Bewegen der Beine, Kneippkuren

Tabelle 5 Lebensqualitätsdimensionen in Anlehnung an den “Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten” [21]

## 2.5. Statistik

Die Anzahl der benötigten Studienteilnehmer wurde auf der Grundlage der Daten der Studien von Blazek et al. [3] und Blättler et al. [38] berechnet. Eine Kohortengröße von  $n = 44$  wurde durch eine Poweranalyse für einen Alpha-Wert (Signifikanzniveau) von 5 % und eine Power von 80 % berechnet. Die statistische Analyse wurde mit dem statistischen Analysesystem

“R” und einigen R-Paketen durchgeführt. So wurde beispielsweise die Randomisierung mit dem R-Paket Blockrand [39] durchgeführt.

Die Volumenwerte wurden in absoluten Volumina in Litern (L) und Millilitern (mL) angegeben. Mittelwerte und Mediane sowie Standardabweichungen wurden für alle Volumenänderungen berechnet und in Streudiagrammen dargestellt. Mit dem t-Test wurden signifikante Veränderungen des Beinvolumens und mit dem gepaarten t-Test signifikante Veränderungen der LQD und des Tragekomforts durch die Strümpfe dargestellt. Die Fragebögen wurden ausgewertet und mit Box-Plots dargestellt, die den Median, das obere Quartil, das untere Quartil, den unteren Whisker und den oberen Whisker zeigen. Ein Signifikanzniveau von 5 % wurde für alle Tests als statistisch signifikant definiert.

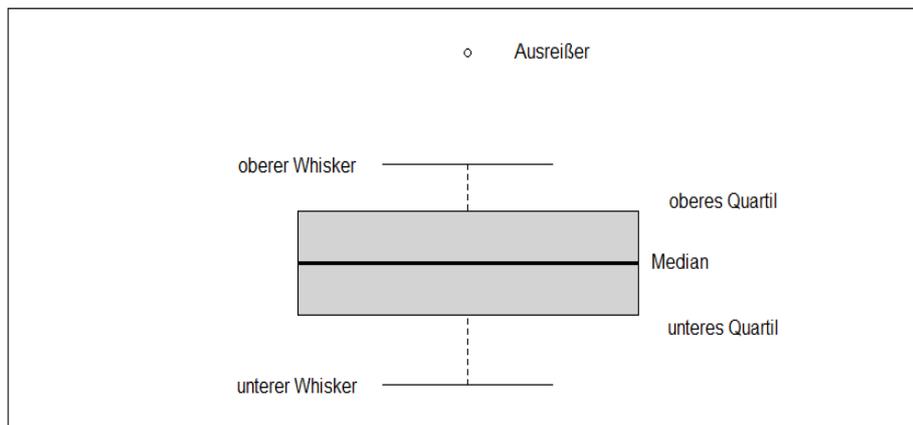


Abbildung 9 Schematische Zeichnung eines Boxplots © Herrmann Haase

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Patientenkollektiv

Für die Studie wurden 59 Teilnehmer gescreent. In die Studie eingeschlossen wurden 50 Probanden im Alter von 19 bis 63 Jahren (Durchschnittsalter 36,04 Jahre). Die Mehrheit bestand aus Frauen (43 Frauen, 6 Männer), wie in Abbildung 10 zu sehen ist. Alle waren in der Stadt Greifswald und dem Umland ansässig. Beendet haben die Studie 49 Probanden, aufgrund eines Ausschlusses der letzten Woche wegen Incompliance.

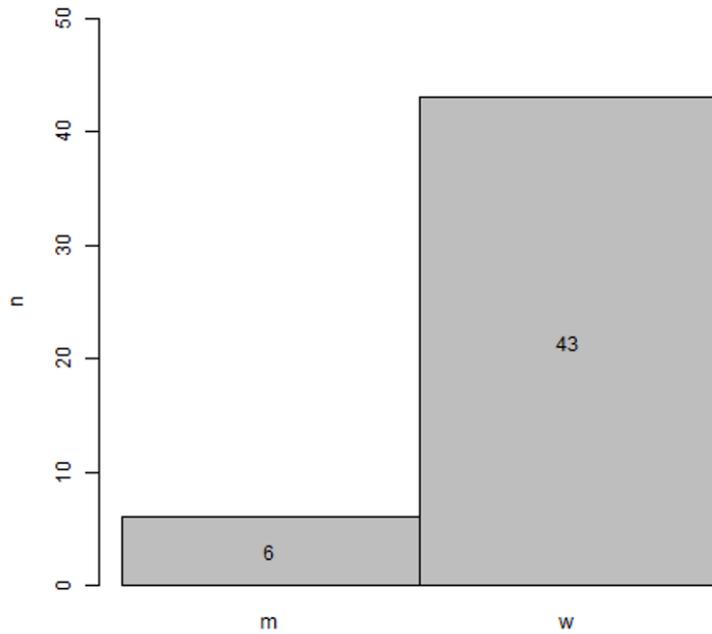


Abbildung 10 Geschlechterverteilung

Die meisten Studienteilnehmer ( $n = 34$ ) waren im medizinischen Bereich tätig, darunter Krankenschwestern, Ärzte, Medizinstudenten und medizinische Assistenten. 14 gingen hauptsächlich einer Schreibtischarbeit nach (Sekretärinnen, Postdocs, Ingenieure und Verwaltungsangestellte), eine Probandin war als Sozialarbeiter mit 50 % Schreibtischarbeit und 50 % Außendienst tätig.

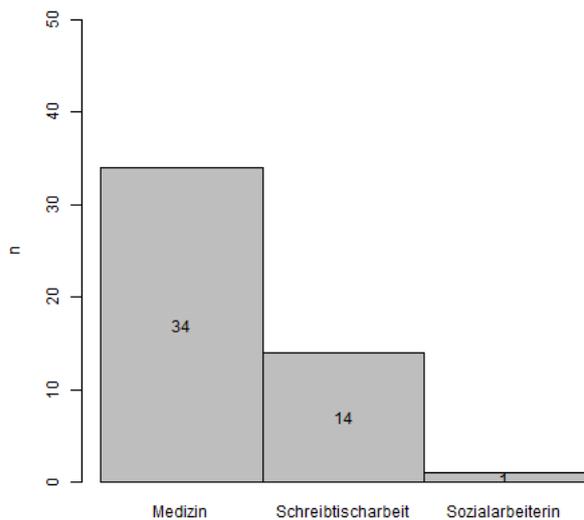


Abbildung 11 Berufsfelder

### 3.2 Volumenänderungen

Unterschenkelvolumina wurden im Rahmen jeder Studienvisite mit Hilfe des Bodytronic®600 durchgeführt. Die Veränderungen der Unterschenkelvolumina vor und nach der jeweiligen Tragephase zeigten eine signifikante Reduktion beim Tragen beider Kompressionsstrümpfe ( $p < 0,001$ ) sowie des LPSS ( $p < 0,001$ ). Die mittlere Volumenreduktion beim MKS1 betrug 205 ml ( $\pm 7,63\%$ ), beim MKS2 153 ml ( $\pm 5,77\%$ ) und bei dem LPSS 48,2 ml ( $\pm 1,5\%$ ). Hier zeigt sich eine signifikante Reduktion unter dem Tragen von allen drei Strümpfen, aber auch zwischen beiden Kompressionsstrümpfen ( $p = 0,001$ ).

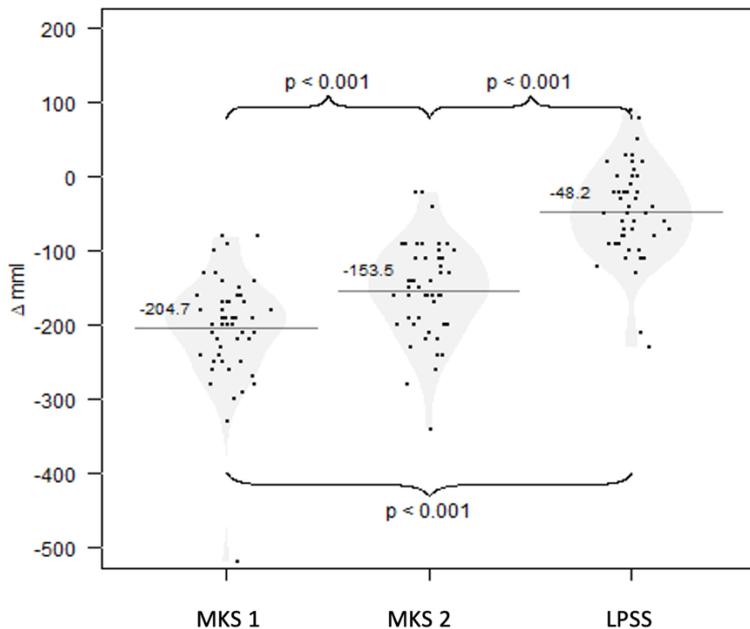


Abbildung 12  $\Delta$  Volumenreduktion in ml

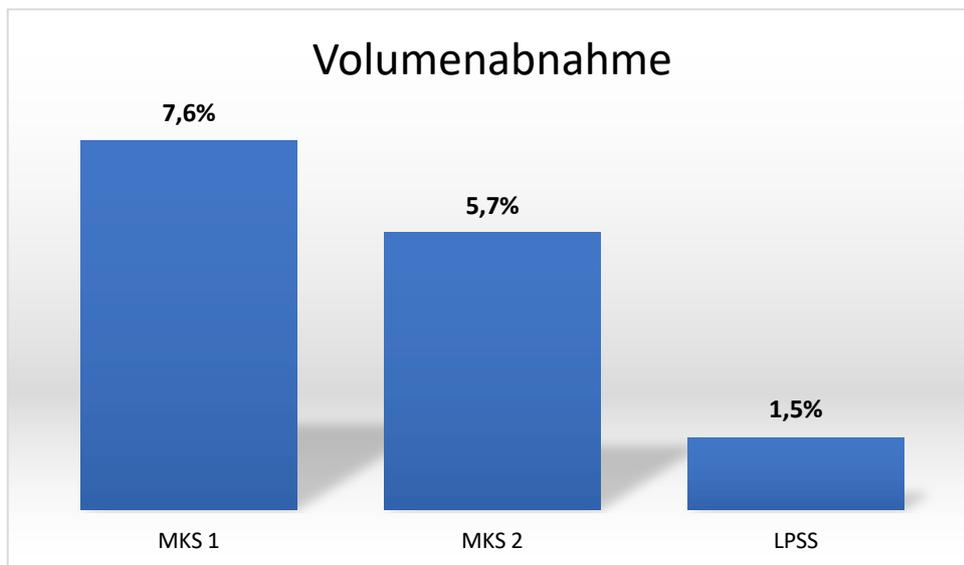


Abbildung 13 Volumenabnahme in %

	MKS 1	MKS 2	LPSS
Mittelwert	204.7	153.5	48.2
Median	200	150	50
Unteres Quartil	170	110	10
Oberes Quartil	240	200	90
Standardabweichung	72.1	63.2	62.1

Tabelle 6 Mittelwerte, Mediane, Quartile und Standardabweichungen der Volumenreduktion im Unterschenkel bei allen drei Strümpfen in ml

### 3.3. Orthostatisch bedingte Beinbeschwerden, Lebensqualität

Die Studienteilnehmer wurden bei der Screening-Visite nach Beschwerden im Zusammenhang mit orthostatischen Beinödemen aufgrund ihrer beruflichen Belastung befragt und erhielten einen Fragebogen, in dem sie angeben sollten, ob die Beschwerden vorhanden sind, und wenn ja, galt es, diese auf einer NRS von 1 bis 5 nach ihrem Schweregrad zu bewerten (1 = litt darunter nicht, 5 = litt darunter sehr stark). Hierzu gehörten beispielsweise Spannungsgefühl in den Beinen, Kribbeln in den Beinen, Schmerzen und Schweregefühl der Beine. Die Teilnehmer mussten während des Tragens der Strümpfe täglich einen Fragebogen ausfüllen, in dem sie jede Beschwerde auf derselben NRS bewerteten. Diese wurden dann als LQD "Beinbeschwerden" zusammengefasst. Bei allen drei Strümpfen wurde am Ende der Studie, im Vergleich zu den Ausgangswerten, eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,0001$ ) festgestellt. Vor allem die Beschwerde "Schwellungen der Beine" war beim Tragen von Kompressionsstrümpfen im Vergleich zum LPSS signifikant reduziert (MKS1 vs. LPSS  $p = 0.036$ ; MKS2 vs. LPSS  $p = 0.002$ ).

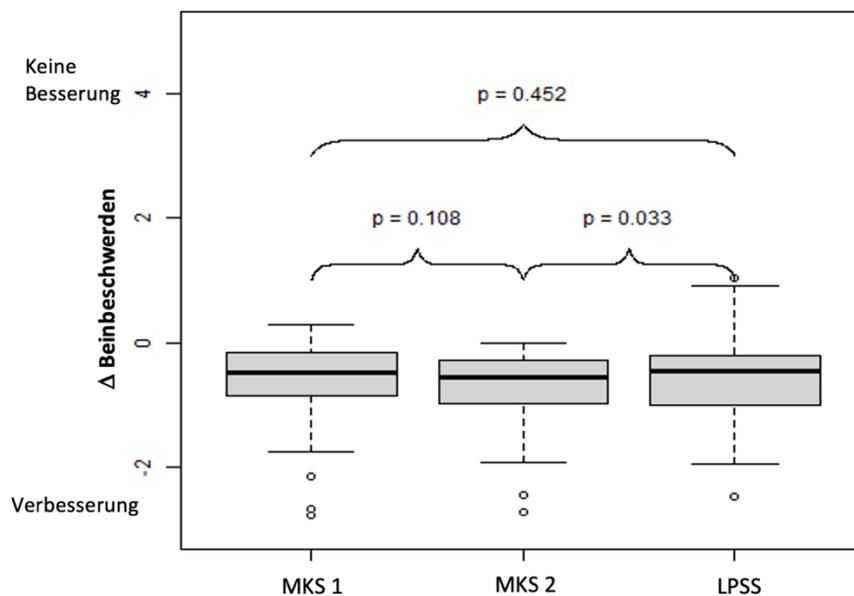


Abbildung 14  $\Delta$  LQD "Beinbeschwerden"

Hinsichtlich des LQD "Funktionaler Status" zeigte sich bei allen drei Strumpftypen (MKS1, MKS2  $p < 0,0001$ ; LPSS  $p = 0,0023$ ) eine signifikante Verbesserung bei Beschwerden wie Beeinträchtigungen beim langen Gehen/Sitzen/Stehen, aber auch beim Anziehen der Schuhe und bei der Hausarbeit. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Strümpfen.

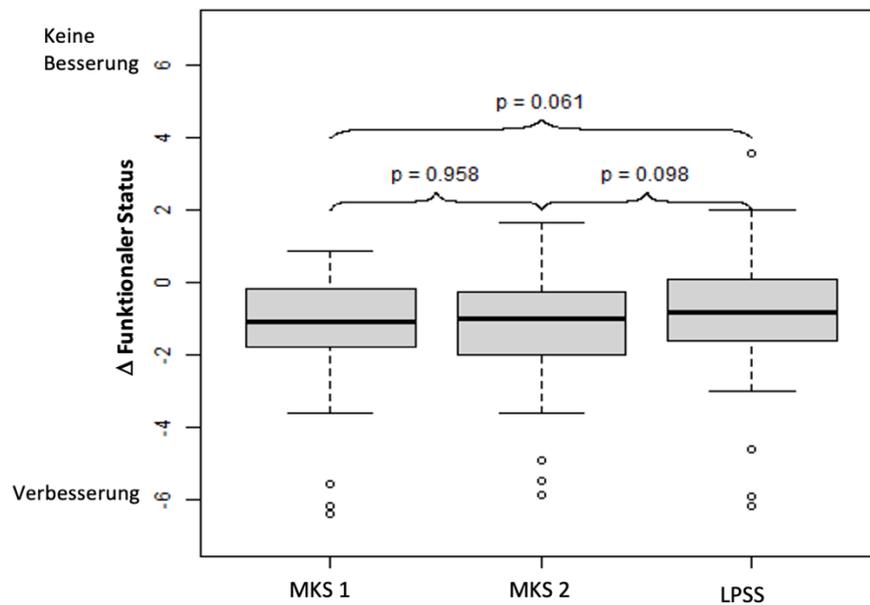


Abbildung 15  $\Delta$  LQD "Funktionaler Status"

### 3.4. Tragekomfort

Zur Beurteilung des Tragekomforts aller drei Strumpftypen wurde eine VAS verwendet. Hinsichtlich der allgemeinen Passform der beiden Unterschenkel-Kompressionsstrümpfe wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt, aber beide hatten eine signifikant bessere Passform als der LPSS.

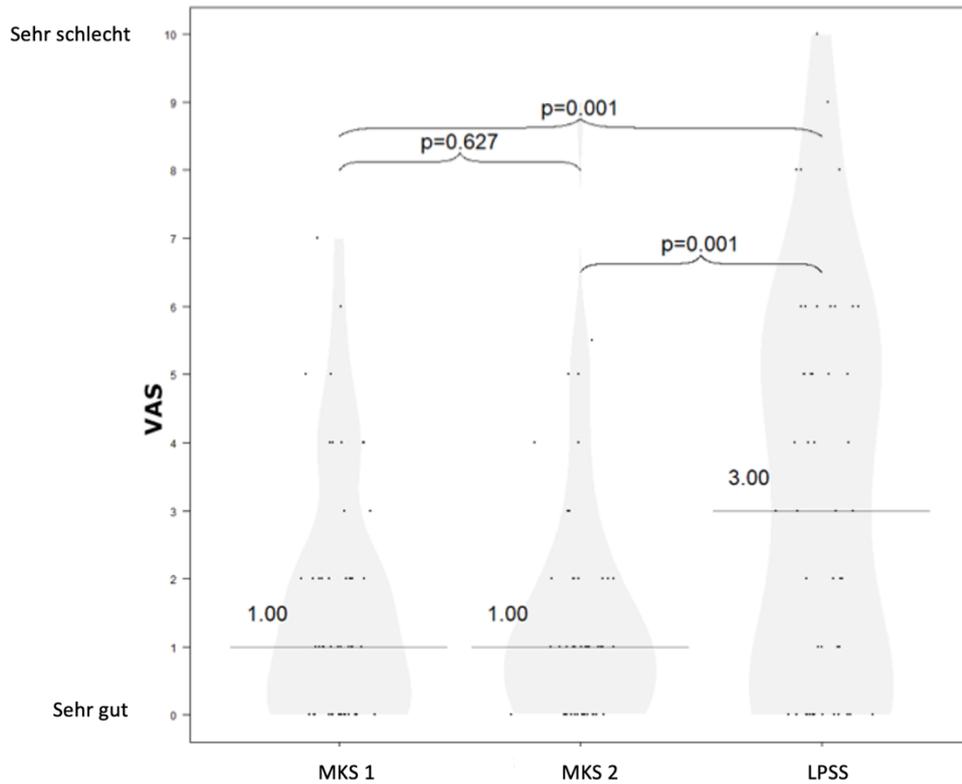


Abbildung 16 Allgemeine Passform

MKS2 hat einen verstärkt ausgearbeiteten Fersenbereich und weniger Gestrick am Spann, jedoch in Bezug auf Enge, Einschnürung und Schmerzempfinden im Knöchel-, Spann/Vorfuß- und Fersenbereich konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Strümpfen festgestellt werden ( $p > 0,05$ ).

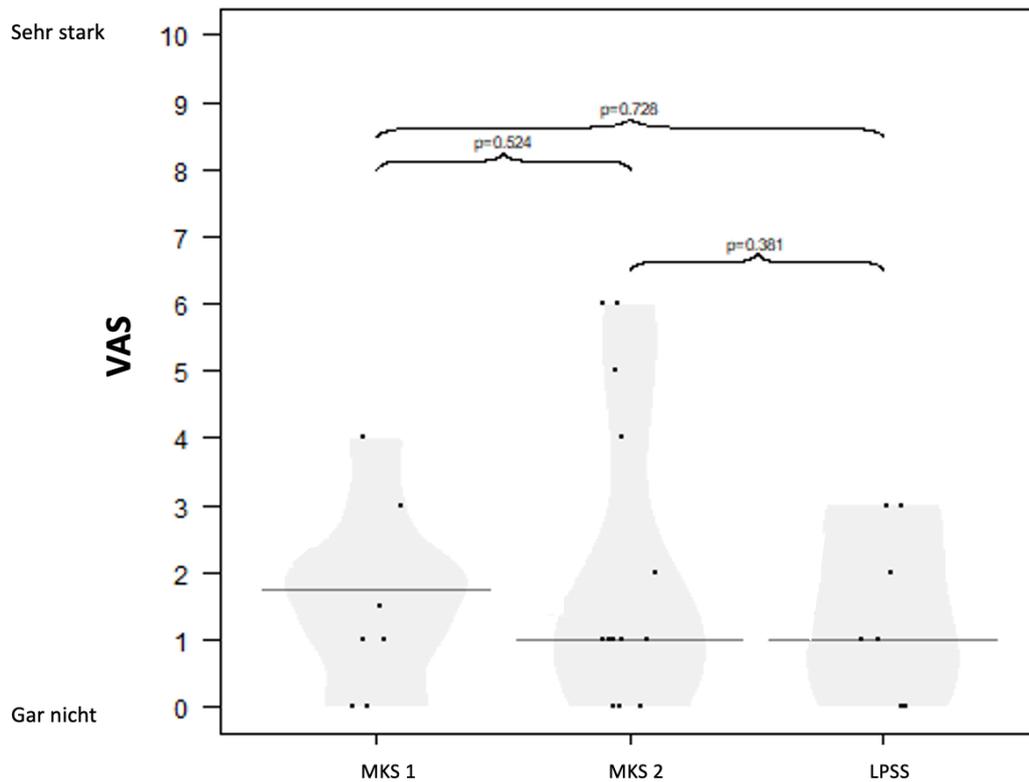


Abbildung 17 Einschnürungen im Spann/Vorfuß

Im Haftbandbereich wurden durch die Probanden beim MKS1 mehr Einschnürungen angegeben als beim MKS2 und dem LPSS. Nichtsdestotrotz zeigte sich kein signifikanter Unterschied unter den drei Strümpfen ( $p > 0,05$ ).

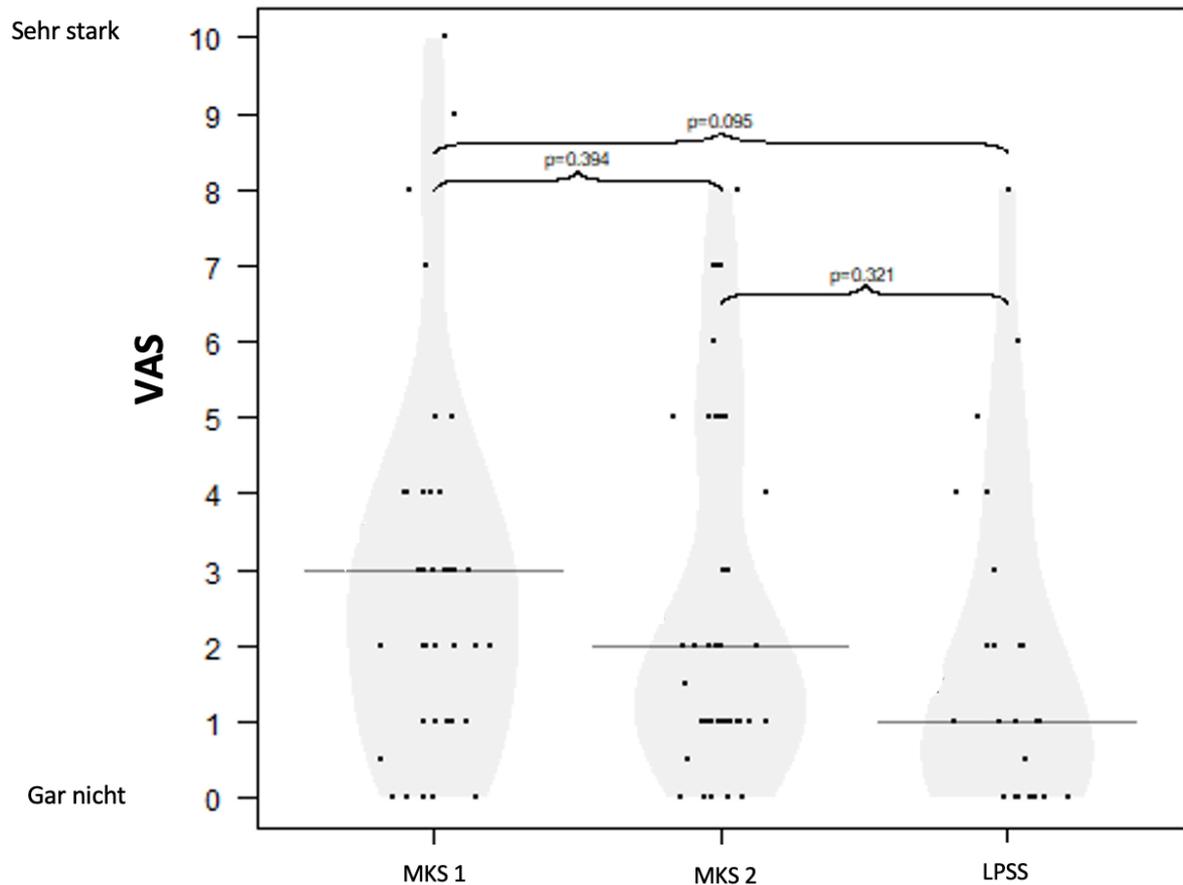


Abbildung 18 Einschnürungen im Haftbandbereich

Allerdings zogen die Studienteilnehmer das Tragen der Kompressionsstrümpfe dem der LPSS vor ( $p < 0,003$ ), insbesondere wegen des Verrutschens des Strumpfes und der Faltenbildung vor allem im Zehenbereich. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Kompressionsstrümpfen ( $p = 0,934$ ).

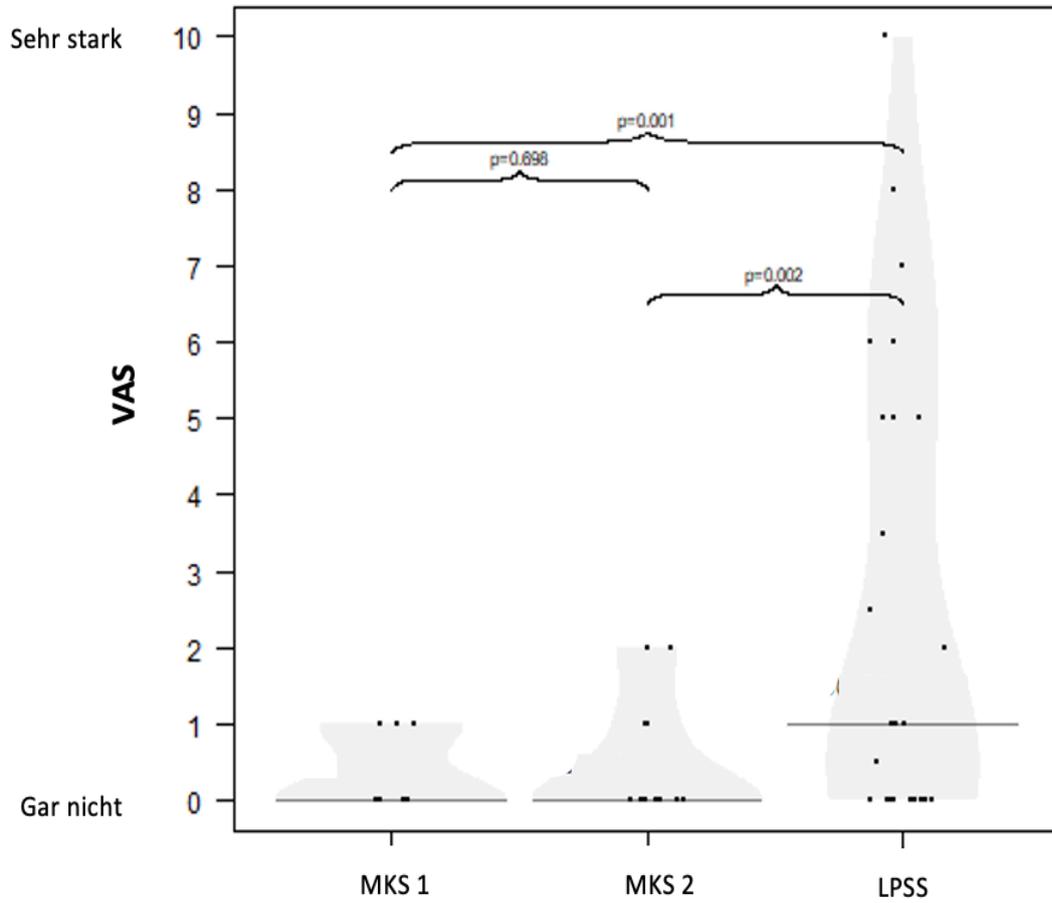


Abbildung 19 Verrutschen des Strumpfes im Zehenbereich

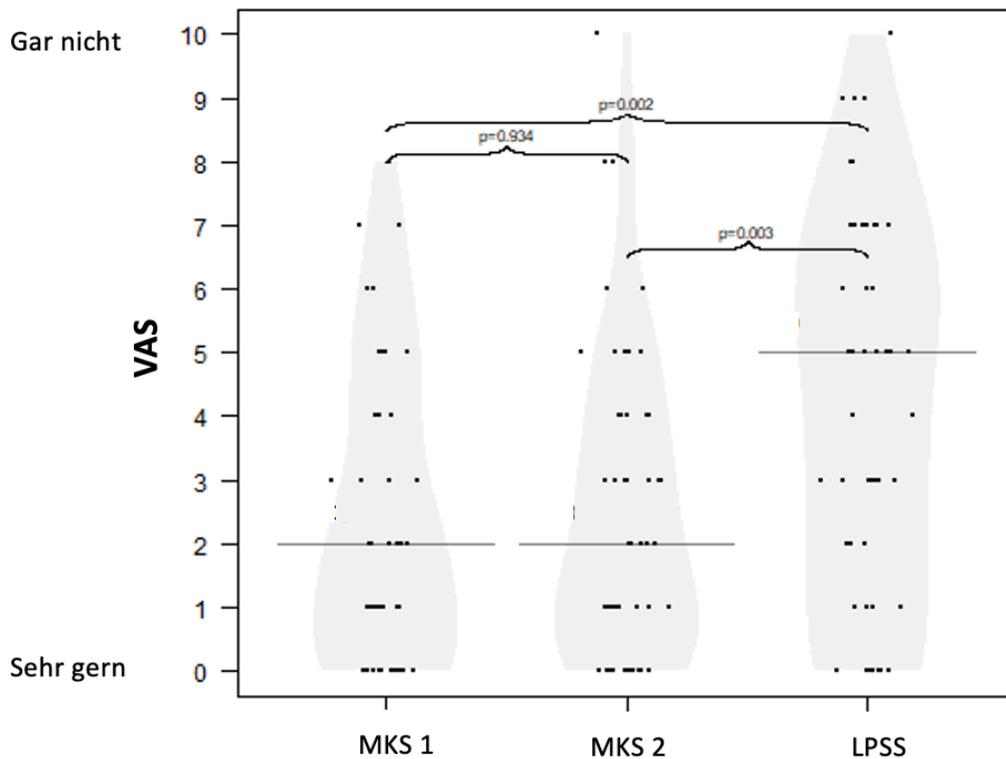


Abbildung 20 Tragen Sie die Kompressionsstrümpfe gerne?

### 3.5. Fotodokumentation

#### 3.5.1. Nebenwirkungen im Spann/Vorfuß

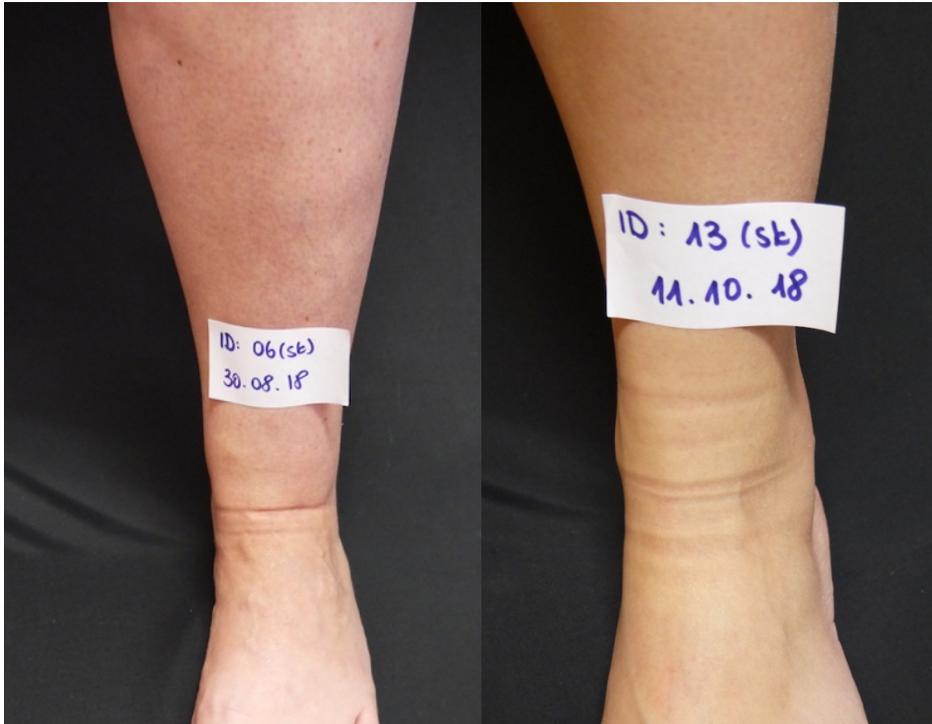


Abbildung 21 und 22  
Fotodokumentation Visite  
2 am 3. Tag der  
Tragephase des MKS1:  
Einschnürungen und  
Faltenbildung im  
Spann/Vorfußbereich



Abbildung 23 und 24  
Fotodokumentation Visite 4  
am 3. Tag der Tragephase  
des MKS2: Einschnürungen  
und Faltenbildung im  
Spann/Vorfußbereich

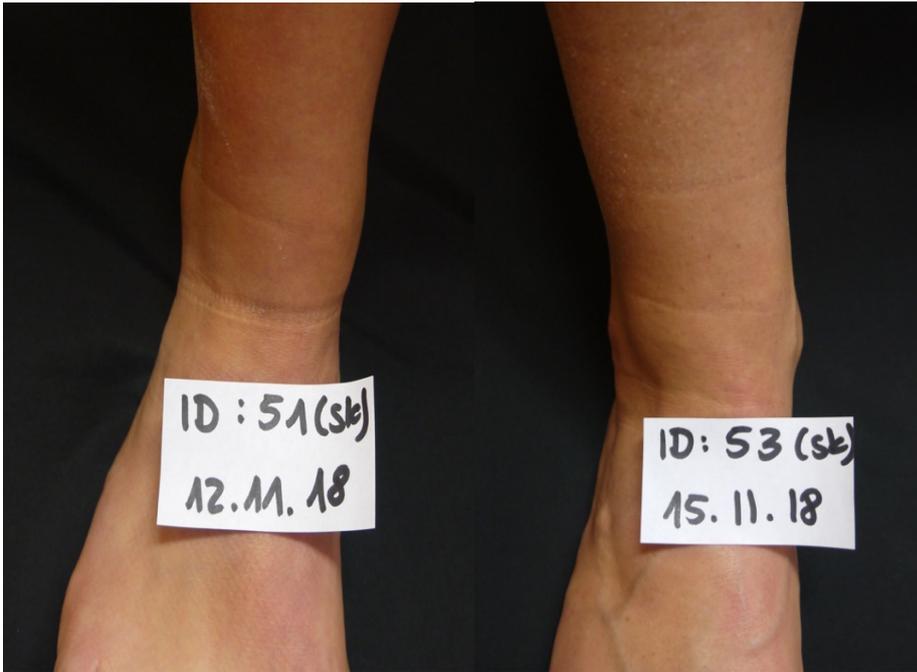


Abbildung 25 und 26  
Fotodokumentation Visite  
6 am 3. Tag der  
Tragephase des LPSS:  
Einschnürungen und  
Faltenbildung im  
Spann/Vorfußbereich

### 3.5.2. Nebenwirkungen im Haftbandbereich



Abbildung 27 und 28  
Fotodokumentation Visite 2  
am 3. Tag der Tragephase  
des MKS1: Einschnürungen  
und Faltenbildung im  
Haftbandbereich



Abbildung 29 und 30  
Fotodokumentation Visite 4  
(links) und Visite 2 (rechts)  
am 3. Tag der Tragephase des  
MKS2: Einschnürungen und  
Faltenbildung im  
Haftbandbereich

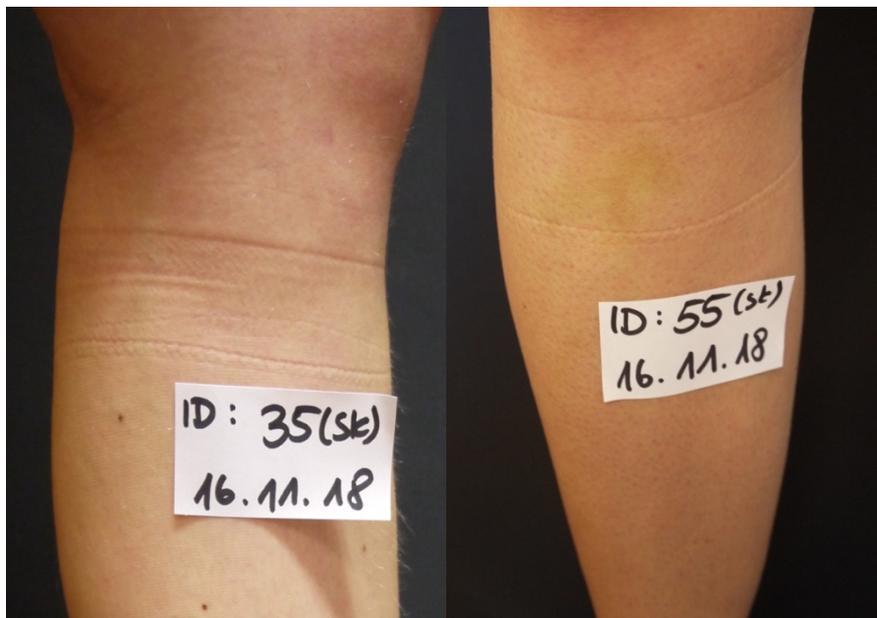


Abbildung 31 und 32  
Fotodokumentation Visite 6  
am 3. Tag der Tragephase  
des LPSS: Einschnürungen  
und Faltenbildung im  
Haftbandbereich

#### 4. Diskussion

Menschen entwickeln häufig Beinbeschwerden, die oft mit Unterschenkelödemen einhergehen, wenn sie sitzende Berufe ausüben oder bei der Arbeit lange stehen müssen. Die Entstehung dieser berufsbedingten orthostatischen Ödeme beruht nicht unbedingt auf primär vaskulären oder lymphatischen Gefäßveränderungen wie bei Ödemen, die durch eine CVI oder durch ein Lymphödem verursacht werden. Ein erhöhter hydrostatischer Druck auf die intrakapilläre Wand durch sitzende oder stehende Positionen führt bei orthostatischen Ödemen zu einer verstärkten Ultrafiltration in den interstitiellen Raum.

Die überschüssige Flüssigkeit kann nicht ausreichend über das Lymphsystem abtransportiert und nicht in dem Maße in das Venensystem rückresorbiert werden, wie sie produziert wird [1;3-5; 40]. Obwohl orthostatische Ödeme und die damit einhergehenden Beinbeschwerden nach Hochlagerung der Beine oder Positionswechsel reversibel sind, bleibt es fraglich, ob die wiederholte Belastung der intrakapillären Wände eine Kaskade von Entzündungsreaktionen im Gewebe auslösen könnte, wie sie bei fortschreitender CVI beobachtet wird.

Möglicherweise könnte ein langfristiges berufsbedingtes orthostatisches Ödem, das nicht behandelt wird, nicht reversible mechanische Schäden an den Kapillarwänden verursachen und zu einer Hypoxie des Gewebes führen. Dies wiederum würde zur Freisetzung von proinflammatorischen Zytokinen wie IL-1 und TNF- $\alpha$  durch aktivierte Mastzellen und Neutrophile führen und zu einer weiteren Erhöhung der Permeabilität der Gefäßwand durch die Stimulation von Leukotrienen [41]. Die Möglichkeit der Entwicklung von berufsbedingten chronischen Ödemen und Beinbeschwerden durch stehende und sitzende Tätigkeiten zeigt die Notwendigkeit einer gezielten Therapie.

Die Kompressionstherapie in Kombination mit manueller Physiotherapie ist das Hauptprinzip bei der konservativen Behandlung von Ödemen aufgrund venöser und lymphatischer Pathologien. Kompressionsstrümpfe, Bandagen und andere Kompressionssysteme reduzieren Schwellungen, Beschwerden und sekundäre Gewebsveränderungen sowie Komplikationen wie Ulzerationen und eine erhöhte Infektionsanfälligkeit des Gewebes (z.B. Erysipel) [8; 42-43]. Ziel dieser Studie war es, zu prüfen, ob auch Kompressionsstrümpfe KKL 1 (18 - 21 mmHg) und ein LPSS (8-10 mmHg) geeignet sind, wirksame Veränderungen des Unterschenkelvolumens und der ödem-assoziierten Beinbeschwerden zu erreichen, die durch langes Stehen und Sitzen bei der Arbeit bedingt sind. Der Tragekomfort der drei Strümpfe und die Veränderungen der Lebensqualität wurden als sekundäre Ergebnisse bewertet. Bei allen Strümpfen (MKS1 = 205 ml, MKS2 = 153 ml, LPSS = 48,2 ml) konnte eine signifikante Volumenreduktion ( $p = 0,001$ ) der Unterschenkel bereits nach einer kurzen Tragezeit von nur drei Tagen festgestellt werden. Dies zeigt deutlich, dass durch das Tragen der MKS und des LPSS abendliche orthostatische Beinödeme verringert werden können. Die deutlich größere Volumenreduktion nach sitzender/stehender Tätigkeit durch die MKS im Vergleich zum LPSS könnte darauf hinweisen, dass die MKS orthostatisch bedingte Flüssigkeitsansammlungen in den Unterschenkeln besser verringern. Personen, die unter berufsbedingten orthostatischen Ödemen leiden, klagen häufig über Beschwerden in den Unterschenkeln, wie Müdigkeit, Beinschmerzen, Spannungsgefühle und Kribbeln, die sich durch das Tragen der Kompressionsstrümpfe der KKL 1 und LPSS

deutlich verbesserten. Insbesondere bei der Beinbeschwerde "Schwellungen der Beine" konnte im Vergleich zwischen den Kompressionsstrümpfen und dem LPSS eine signifikante Reduktion festgestellt werden. Während die Volumenreduktion, das Schweregefühl und das daraus resultierende Spannungsgefühl durch die Verbesserung der Ultrafiltration von überschüssiger Flüssigkeit im interstitiellen Gewebe leicht erklärt werden kann, konnte in dieser Studie die einzige Korrelation zwischen Volumenabnahme und Verbesserung des Spannungsgefühls in den Beinen gemacht werden. Auch andere Beschwerden verbesserten sich, aber es konnte kein direkter Zusammenhang mit den Veränderungen des Unterschenkelvolumens hergestellt werden. Andere pathophysiologische Hintergründe, wie z. B. neurologische Veränderungen, wurden in anderen Studien zur Erklärung dieses Phänomens vorgeschlagen [3; 38]. Möglicherweise beeinflusst das Unterschenkelödem die Nervenfunktion, indem es die Nerven komprimiert und sich das Nervensystem dann unter Kompressionstherapie nur langsam in seiner eigenen Geschwindigkeit regeneriert. Eine weitere Möglichkeit ist die Freisetzung von Triggersubstanzen durch die erhöhte Durchlässigkeit der Kapillarwände in das Gewebe, die Veränderungen im Nervensystem, insbesondere in der sensorischen Funktion, verursachen können, die sich unter der Kompressionstherapie ebenfalls verbessert.

Die Ergebnisse dieser Studie, wenn man auf die Verringerung des Unterschenkelvolumens und die mit orthostatischen Ödemen verbundenen Beinbeschwerden schaut, zeigen, dass sowohl Unterschenkelkompressionsstrümpfe mit einem niedrigen Anpressdruck von 18-21 mmHg als auch LPSS mit einem Anpressdruck von 8-10 mmHg eine signifikante Wirkung auf die Verringerung orthostatischer Ödeme und damit verbundener Symptome haben können. In einer Studie von Blazek et al. [3] wurde eine Kohorte von Friseuren auf Ödeme und Beinbeschwerden im Zusammenhang mit langem Stehen bei der Arbeit untersucht. Die Autoren fanden heraus, dass bereits das Tragen von Kompressionsstrümpfen mit einem Anpressdruck von 15–20 mmHg die Beschwerden und das Beinvolumen erheblich reduzieren kann. Die Friseurinnen/Friseure trugen die Strümpfe drei Wochen lang, während in der vorliegenden Studie jeder Strumpf nur drei Tage lang getragen wurde, was zeigt, dass eine kurze Tragedauer bereits eine erhebliche Wirkung auf berufsbedingte Ödeme und Beschwerden der Unterschenkel haben kann. Auch andere Studien haben gezeigt, dass es keine Hinweise darauf gibt, dass Kompressionsstrümpfe mit höherem Anpressdruck auch eine entsprechend verstärkte Beschwerdefreiheit erzielen können [44-N45].

Dennoch werden Patienten häufig Kompressionsstrümpfe mit einem Anpressdruck von > 21 mmHg verordnet und nicht mit niedrigeren Kompressionseigenschaften, was auf bestehende

Dogmen zurückzuführen sein könnte, die besagen, dass für bestimmte Diagnosen bestimmte Kompressionsklassen verordnet werden sollten [46]. Aber medizinische Kompressionsstrümpfe sollten entsprechend der Symptome und nicht nur der Diagnose verordnet werden [9; 20].

Neben dem Material der Strümpfe ist es auch wichtig, den Anpressdruck des Kompressionsmaterials in Bezug auf das Anziehen und die individuellen körperlichen Voraussetzungen des Patienten zu berücksichtigen, da diese Faktoren die Compliance zum Tragen der Kompressionsstrümpfe beeinflussen. Das Anziehen von knielangen Kompressionsstrümpfen mit einem Anpressdruck von 18–21 mmHg (KKL 1) ist wesentlich einfacher und zeitsparender als das Anziehen von Kompressionsstrümpfen mit einem Anpressdruck von 23–32 mmHg (KKL 2), wie eine weitere Studie an der Hautklinik der Universitätsmedizin Greifswald gezeigt hat. Das Anziehen der Strümpfe war nicht nur signifikant ( $p = 0,004$ ) einfacher und zeitsparender, sondern auch der Tragekomfort der Strümpfe mit niedrigeren Kompressionseigenschaften war signifikant besser ( $p = 0,045$ ), insbesondere bei Patienten mit zusätzlichen körperlichen Einschränkungen [20;47].

Obwohl MKS2 einen verstärkt ausgearbeiteten Fersenbereich und weniger Gestrick am Spann aufweist, der den Tragekomfort erhöhen soll, schnitten beide Kompressionsstrümpfe in Bezug auf Enge, Einschnürung und Schmerzempfinden gleich gut ab, was auf die hohen qualitativen Standards bei herkömmlichen Kompressionsstrümpfen hinweist.

In dieser Studie zeigten beide maßgefertigten Kompressionsstrümpfe eine signifikant bessere Passform als die herkömmlichen LPSS. Bei der Ermittlung des Tragekomforts von Strümpfen spielt die Passform des Strumpfes eine große Rolle. Laut den Studienteilnehmern seien die LPSS oft verrutscht und bildeten im Laufe des Tragetages Falten, was als "störend" empfunden wurde. Leichteres Anziehen und der höhere Tragekomfort können ein großer Vorteil sein, wenn es darum geht, die Compliance und die Therapietreue der Patienten bei der Kompressionstherapie zu erhöhen.

## **Limitierungen**

Alle Teilnehmer an dieser Studie wurden auf freiwilliger Basis rekrutiert und wussten eventuell schon vor Beginn der Studie über mögliche positive Auswirkungen der Kompressionstherapie auf berufsbedingte Beinödeme und die damit verbundenen Beinbeschwerden Bescheid, was zu einem unfreiwilligen Bias hin zu den Kompressionsstrümpfen geführt haben könnte.

Der Sommer 2018 war in Deutschland sehr heiß, was das Tragen von Kompressionsstrümpfen für die Studienteilnehmer schwierig machte. Die Temperatur in der Region Greifswald stieg in den Sommermonaten von Juli bis Oktober auf bis zu 36,4 °C [48], was zu vermehrtem Schwitzen und Hitzestau unter den Strümpfen führte. Dies könnte zu einem geringeren Tragekomfort, aber möglicherweise auch zu einer generellen Zunahme von Ödembildung und Beinbeschwerden aufgrund der erhöhten Durchlässigkeit der Kapillarwände geführt haben.

Das 3D-Bildgebungssystem (Bodytronic®600, Bauerfeind AG, Zeulenroda), das zur Messung des Unterschenkelvolumens verwendet wurde, ist anfällig für Faktoren wie z.B. die Beleuchtung des Raums während der Messungen. Wir haben versucht, diesen Faktor so gering wie möglich zu halten, indem wir die Jalousien des Raumes während der Messung stets geschlossen hielten. Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden musste, war die Vermeidung von dunkler, lockerer oder reflektierender (z. B. Seide/Satin) Unterwäsche sowie jeglicher Bewegung der Studienteilnehmer während der Messungen. Vor der Messung mit dem Bodytronic®600 (Bauerfeind AG, Zeulenroda) wurden diese Faktoren jedem Studienteilnehmer ausführlich erklärt, um Messfehler zu verringern.

In beiden Gruppen wurden in den ersten beiden Wochen die beiden Kompressionsstrümpfe, die die Studienteilnehmer nicht voneinander unterscheiden konnten, und in der dritten Woche der LPSS getragen. Das Erscheinungsbild des LPSS-Strumpfes mit einem Anpressdruck von 8-10 mmHg unterschied sich von dem der Kompressionsstrümpfe (18–21 mmHg). Die optischen und haptischen Unterschiede könnten die Beurteilung der Teilnehmer beeinflusst haben. Weitere externe Faktoren sind die individuellen Lebensumstände der Probanden und die individuelle orthostatische Belastung durch die berufliche Sitz-/Stehbelastung während der Tragephasen.

## **5. Schlussfolgerung**

Kompressionsstrümpfe mit einem Anpressdruck von 18-21 mmHg (KKL 1) und LPSS mit einem Anpressdruck von 8-10 mmHg verringern berufsbedingte orthostatische Ödeme und Beinbeschwerden, die durch langes Stehen und Sitzen verursacht werden, signifikant. MKS der KKL1 (18-21 mmHg) verhindern die Ödeme nach mehrstündiger sitzender oder stehender Tätigkeit signifikant besser als ein LPSS (8-10 mmHg). Medizinische Kompressionsstrümpfe haben aufgrund der individuellen Passform einen deutlich besseren Tragekomfort als handelsübliche LPSS und sollten bei der Verordnung von Kompressionsstrümpfen zur Vermeidung von berufsbedingten Ödemen bevorzugt werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Rabe E, Pannier-Fischer F, Bromen K, Schuldt K, Stang A et al. (2003) Bonner Venenstudie der deutschen Gesellschaft für Phlebologie. Epidemiologische Untersuchung zur Frage der Häufigkeit und Ausprägung von chronischen Venenkrankheiten in der städtischen und ländlichen Wohnbevölkerung. *Phlebologie* 32:1-143.
  
- [2] Rabe E, Bauersachs R.M., Pannier F, List S.M. (2009) In: Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Venenerkrankungen der Beine (Heft 44). Robert Koch-Institut Berlin. S. 7-28.
  
- [3] Blazek C, Amsler F, Blaettler W, Keo HH, Baumgartner I, Willenberg T (2013) Compression hosiery for occupational leg symptoms and leg volume: a randomized crossover trial in a cohort of hairdressers. *Phlebology* 28(5):239-247.
  
- [4] Trayer KP, Studdiford JS, Pickle S, Tully AS (2013) Edema: diagnosis and management. *Am Fam Physician* 88(2):102-110. PMID: 23939641.
  
- [5] Mosti G, Partsch H (2013) Occupational leg oedema is more reduced by antigraded than by graduated stockings. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 45(5):523-527.
  
- [6] Tüchsen F, Hannerz H, Burr H, Krause N (2005) Prolonged standing at work and hospitalisation due to varicose veins: a 12-year prospective study of the Danish population. *Occup Environ Med* 62(12):847-850.
  
- [7] Pavlotsky F, Amrani S, Trau H (2004) Recurrent erysipelas: risk factors. *J Dtsch Dermatol Ges* 2(2):89-95.

- [8] Pannier F, Noppeney T, Alm J, Breu FX, Bruning G, Flessenkämper I, Gerlach H, Hartmann K, Kahle B, Kluess H, Mendoza E, Mühlberger D, Mumme A, Nüllen H, Rass K, Reich-Schupke S, Stenger D, Stücker M, Schmedt CG, Schwarz T, Tesmann J, Teßarek J, Werth S, Valesky E. AWMF S2k-Leitlinie: Diagnostik und Therapie der Varikose. 2018. AWMF-Registernummer: 037-018.
- [9] Rabe E, Földi E, Gerlach H, Jünger M, Lulay G, Miller A, Protz K, Reich-Schupke S, Schwarz T, Stücker M, Valesky E, Pannier F. AWMF S2k-Leitlinie: Medizinische Kompressionstherapie der Extremitäten mit Medizinischem Kompressionsstrumpf (MKS), Phlebologischem Kompressionsverband (PKV) und Medizinischen adaptiven Kompressionssystemen (MAK) 2018; AWMF-Registernummer: 037/005.
- [10] Fritsch P, Schwarz T. (2018). In: Dermatologie Venerologie Grundlagen. Klinik. Atlas. (3. Auflage). Springer-Verlag GmbH Deutschland. ISBN 9783662536476. S.1026-1039.
- [11] Plewig G, Landthaler M, Burgdorf W.H.C., Hertl M, Ruzicka T. (2015). In: Braun-Falco's Dermatologie, Venerologie und Allergologie (6. Auflage). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978642241628. Band 2 S. 1096-1118.
- [12] Sterry W, Burgdorf W, Paus R. (2010). In: Checkliste Dermatologie. Venerologie, Allergologie, Phlebologie, Andrologie (6. Auflage). Georg Thieme Verlag KG Stuttgart. ISBN 9783136970065. S. 561-578.
- [13] Santler B, Goerge T. Chronic venous insufficiency - a review of pathophysiology, diagnosis and treatment. (2017). J Dtsch Dermatol Ges 15(5): 538-556.

- [14] Salmhofer W. (2016). Ätiologie, Nomenklatur und Pathophysiologie der chronisch venösen Insuffizienz. *Wien Med Wochenschr* 166:264-269.
- [15] Protz K, Dissemond J, Kröger K. (2016)). Kompressionstherapie. Ein Überblick für die Praxis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN9783662497449. S 22-26;40-42.
- [16] Eklöf B, Rutherford RB, Bergan JJ, Carpentier PH, Gloviczki P, Kistner RL et al. (2004) Revision of the CEAP classification for chronic venous disorders: consensus statement. *J Vasc Surg* 40(6):1248-1252.
- [17] Partsch B, Partsch H. (2016). Neue Aspekte der Kompressionstherapie. *Wien. Med. Wochenschr.* 166:305-311.
- [18] Nüllen H, Noppeney T. (2010). Diagnose und Therapie der primären Varikose-Teil 2: Therapieverfahren und Ergebnisse (CME Weiterbildung). *Chirurg* 81:1125-1138.
- [19] RAL: Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Sankt Augustin. Gütesicherung RAL-GZ 387/1 (2008).
- [20] Riebe H, Korschake W, Westphal T, Jünger M (2020) Innovationen der medizinischen Kompressionstherapie. *Hautarzt* 71(1):24-31.
- [21] Klyszcz T, Jünger M, Schanz S, Janz M, Rassner G, Kohnen R (1998) Lebensqualität bei chronisch venöser Insuffizienz (CVI) – Ergebnisse einer Untersuchung mit dem neu entwickelten Tübinger Fragebogen zur Messung der Lebensqualität von CVI Patienten (TLQ-CVI). *Hautarzt* 49:372-381.

- [22] Gröchenig E. (2020). In: Gefäßmedizin (1. Auflage). ABW Wissenschaftsverlag Berlin. S. 62-63.
- [23] Doerler M, Stücker M (2014) Phlebological functional diagnostics. *Phlebology* 43(5):268-270.
- [24] Schultz-Ehrenburg U, Blazek V (2001) Value of quantitative photoplethysmography for functional vascular diagnostics. Current status and prospects. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 14(5):316-323.
- [25] Gütezeichen Medizinische Kompressionsstümpfe. <https://www.gzg-kompressionsstruempfe.de/index.php?id=307> (abgerufen am 01.08.2021).
- [26] PicoPress®Microlab Elettronica, Roncaglia di Ponte San Nicolò (PD) Italien.
- [27] Bauerfeind AG, Zeulenroda. [www.bauerfeind.de/de/produkte/kompressionsstruempfe](http://www.bauerfeind.de/de/produkte/kompressionsstruempfe) (abgerufen am 31.10.2021).
- [28] Tischer TS, Oye S, Lenz R, Kreuz P, Mittelmeier W, Bader R, Tischer T (2019) Impact of compression stockings on leg swelling after arthroscopy – a prospective randomised pilot study. *BMC Musculoskelet Disord* 20:161.
- [29] Jünger M, Haase H, Ebert G, Leber K. (2006). Berührungslose Umfangsmessung der Beine. *MOT* 2-2006; 41-43.

- [30] Tischer T, Oye S, Wolf A, Feldhege F, Jacksteit R, Mittelmeier W, Bader R, Mau-Moeller A. (2020). Measuring lower limb circumference and volume-introduction of a novel optical 3D volumetric measurement system. *Biomed Tech (Berl)*. 2020 Apr 28;65(2):237-241
- [31] Minitab: <https://support.minitab.com/de-de/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/store-descriptive-statistics/interpret-the-statistics/interpret-the-statistics/>. (abgerufen am 24.04.2022).
- [32] Riebe H, Korschake W, Haase H, Jünger M, Interface pressure and venous drainage of two compression stocking types in healthy volunteers and in patients with hemodynamic disturbances of the legs. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2015;61:175–83.
- [33] Strölin A, Häfner H.-M, Rühle M, Breuninger H, Schippert W, Möhrle M, Jünger M. (2009) Venous surgery for the treatment of chronic venous insufficiency with respect to global venous haemodynamics and clinical symptoms. *Phlebologie* 2009; 38(01): 26–32.
- [34] ELCAT GmbH, Wolfratshausen. (2010) In: *Plethysmographic Applications*. S 4.1-4.10.
- [35] Tan YK, da Silva AF (1999) Digital photoplethysmography in the diagnosis of suspected lower limb DVT: is it useful? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 18(1):71-79.
- [36] Pannier F., Gerlach H., Stücker M., Schimmelpfennig L. RE. Leitlinie: Venöse Diagnostik mit Licht-Reflexions-Rheographie/Photoplethysmographie der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie. *Phlebologie*. 2012;41(05):261–3.

- [37] Rabe E, Gerlach H. (2006). In: *Praktische Phlebologie. Empfehlungen zur differenzierten Diagnostik und Therapie phlebologischer Krankheitsbilder* (2. Auflage). Thieme Verlagsgruppe. ISBN 9783131876324. S. 38–40.
- [38] Blättler W, Thomae HJ, Amsler F (2016) Venous leg symptoms in healthy subjects assessed during prolonged standing. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord* 4(4):455-462.
- [39] The R Project for Statistical Computing. © The R Foundation. <https://www.r-project.org> (abgerufen am 01.08.2021).
- [40] Belczak C, Pereira de Godoy J M, Seidel A, Ramos R, Belczak S, Caffaro R (2015) Influence of prevalent occupational position during working day on occupational lower limb edema. *J Vasc Bras* 14(2):153-60.
- [41] Glod A (2019) Kompression in der Wundbehandlung bei Ödemerkrankungen. *Vasomed* 31(2):82-91.
- [42] Wilting J, Bartkowski R, Baumeister R, Földi E, Stöhr S, Strubel G, Schrader K, Traber J, Ure C, Albert US, Bjelic-Radisic V, Brenner E, Döller W, Kasseroller R, Ludwig M, Menzinger G, Oberlin M, Brauer WJ, Gallowitsch HJ, Gretener S, Hoppe H, Notohamiprodjo M, Schwarz T, Weiss M, Helmbrecht S, Miller A, Ortmann H, Schuchhardt C, Streicher E, Wagner S, Wiederer C, Stark GB, Felmerer G, Frick A, Wallmichrath J, Torio-Padron N, Jud S, Flaggel F. AWMF S2k Leitlinie: Diagnostik und Therapie der Lymphödeme. 2017. AWMF-Registernummer: 058-001.
- [43] Dissemond J, Assenheimer B, Bültemann A, Gerber V, Gretener S, Kohler-von Siebenthal E, et al. (2016) Compression therapy in patients with venous leg ulcers. *J Dtsch Dermatol Ges* 14(11):1072-1087.

- [44] Amsler F, Blättler W (2008) Compression therapy for occupational leg symptoms and chronic venous disorders – a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 35(3):366-372.
- [45] Blättler W, Kreis N, Lun B, Winiger J, Amsler F (2008) Leg symptoms of healthy people and their treatment with compression hosiery. *Phlebology* 23(5):214-221.
- [46] Gerlach H (2015) Kompressionstherapie mit der Kompressionsklasse I. *Vasomed* 27(2):79-81.
- [47] Goetz J, Kaisermeyer E, Haase H, Jünger M, Riebe H (2019) Better wearing comfort of knee-length elastic compression stockings with an interface pressure of 18–21 mmHg compared to 23–32 mmHg in elderly people after a one-day trial – influence on foot deformities, rheumatism and arthritis. *Clin Hemorheol Microcirc* 73(1):145-156.3
- [46] Wetterkontor:  
<https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/rueckblick.asp?id=75> (abgerufen am 31.07.2020).

## Zusammenfassung

Berufsbedingte Sitzbelastung mit Missempfindungen, wie z.B. Spannungsgefühl, Schmerzen und Kribbeln der Beine, häufig von Ödemen der Füße und Unterschenkel begleitet, stellen ein alltägliches und weit verbreitetes Problem der Allgemeinbevölkerung dar. Diese reversiblen Beschwerden werden als orthostatische Beinbeschwerden definiert.

In dieser randomisierten, einfach verblindeten, klinisch prospektiven Studie wurde die Wirkung von zwei medizinischen Kompressionsstrümpfen (MKS 1, MKS 2) (Länge A-D) mit einem Anpressdruck von 18-21mmHg (KKL 1) sowie eines Kniestützstrumpfs (LPSS= Low-Pressure-Support-Stocking) mit einem Anpressdruck von 8-10mmHg auf die orthostatischen Beinbeschwerden und Ödeme untersucht.

Die 49 venengesunden Probanden (CEAP 0-1) wurden in zwei Kohorten aufgeteilt und jeder Strumpf wurde für drei Tage am Stück während der Arbeitszeit getragen. Vor Beginn einer neuen Tragephase wurde eine viertägige Auswaschphase eingehalten. Für jeden Strumpf wurde die Wirkung auf Beinbeschwerden und Tragekomfort durch Fragebögen ermittelt. Die Messung der Unterschenkelvolumina erfolgte mittels 3D-Messtechnik.

Es zeigte sich für alle drei Strümpfe eine signifikante Volumenreduktion (MKS1: 204,7ml; MKS 2: 153,5ml, LPSS: 48,2ml) sowie eine signifikante Verbesserung der Lebensqualitätsdimension „Beinbeschwerden“ ( $p < 0.0001$ ). Im Vergleich zum LPSS zeigte sich bei beiden medizinischen Kompressionsstrümpfen eine signifikant höhere Volumenreduktion ( $p < 0.0001$ ) und eine deutlich besserer Passform ( $p < 0.0001$ ).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass medizinische Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 1 sowie Kniestützstrümpfe mit einem Anpressdruck von 8-10mmHg eine signifikante Reduktion der orthostatische bedingten Ödeme und Beinbeschwerden bewirken.

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. M. Jünger danke ich für die Überlassung dieses Themas sowie die vielen netten und konstruktiven Gespräche, welche stets Ermutigung und Motivation waren.

Mein außerordentlicher Dank geht an Frau Dr. med. Helene Riebe für die stetige Unterstützung und Hilfsbereitschaft während der Betreuung meiner Arbeit.

Auch für die aufwendige Arbeit des Korrekturlesens möchte ich mich bei Prof. Dr. med. Jünger und Dr. med. Helene Riebe herzlich bedanken.

Danken möchte ich außerdem dem gesamten Team des angiologischen Labors der Hautklinik für die nette und hilfsbereite Zusammenarbeit während der Durchführung der Studie.

Herrn PD. Dr. H. Haase danke ich für die fortwährende Unterstützung im Rahmen der statistischen Auswertungen.

Insbesondere möchte ich meiner Familie danken. Meinem Sohn und besonders meinem Mann, der mich während der gesamten Zeit unterstützt hat und immer wusste, mich zu motivieren. Sowie für seine Geduld und die vielen lieben Worte während der Anfertigung dieser Arbeit.

Bei meinen Eltern möchte ich mich ganz besonders bedanken, da sie mir diesen Lebensweg ermöglicht haben und denen ich diese Arbeit widme.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät, keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.