

Aus dem

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen

**Pilotstudie – Einfluss der Kompressionsklasse von
Kompressionsstrümpfen auf das Unterschenkelödem und
Beschwerden bei zweistündiger Stehexposition**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Enghofer, Angela Nicole

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. M. A. Rieger
2. Berichterstatter: Professor Dr. C. Konrads

Tag der Disputation: 19.06.2023

In Dankbarkeit meiner Familie gewidmet.

Aus Gründen der Vereinfachung wird in der folgenden Arbeit die männliche Form verwendet. Die jeweiligen Begriffe gelten sowohl für die weibliche als auch für die männliche Form.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Steharbeit	1
1.2 Rechtliche Grundlage	4
1.3 Definition Arbeitsbelastung und Arbeitsbeanspruchung	6
1.4 Anatomie.....	7
1.4.1 Historik	7
1.4.2 Bauprinzip des Herz-Kreislauf-Systems.....	7
1.4.3 Anatomie des Venensystems der unteren Extremität.....	8
1.4.4 Das tiefe und oberflächliche Beinvenensystem	11
1.5 Histologie	12
1.5.1 Histologie der Venenwand	12
1.6 Physiologie des Venensystems	13
1.7 Chronisch venöse Insuffizienz.....	15
1.8 Varikose.....	16
1.9 Pathologie der Varikose.....	18
1.10 Klassifikationen der Varikose bzw. CVI	20
1.10.1 CEAP-Klassifikation	20
1.10.2 Widmer-Klassifikation	22
1.10.3 Venous Clinical Severity Score (VCSS).....	22
1.11 Epidemiologie der chronischen venösen Erkrankungen.....	23
1.12 Sozioökonomische Bedeutung der Varikose	26

1.13	Medizinische Kompressionstherapie	27
1.14	Bestimmung des Unterschenkelvolumens.....	30
1.15	Zielstellung.....	32
2	Material und Methodik.....	36
2.1	Probandenkollektiv und Studiendesign.....	36
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien	37
2.3	Untersuchung in der Universitäts-Hautklinik Tübingen.....	38
2.4	Medizinische Kompressionsstrümpfe	38
2.5	Bestimmung des Unterschenkelvolumens.....	40
2.5.1	Wasserplethysmographische Volumenmessung	40
2.5.2	Bioelektrische Impedanzanalyse.....	43
2.6	Befragungsinstrumente.....	46
2.6.1	Anamnese	46
2.6.2	Subjektiver Tragekomfort.....	47
2.6.3	Beschwerden	48
2.7	Drop-out-Quote.....	48
2.8	Ablauf eines Messtages.....	49
2.9	Statistische Auswertung	52
3	Ergebnisse	54
3.1	Probandenkollektiv	54
3.2	Wasserplethysmographische Volumenmessung.....	55
3.3	Bioelektrische Impedanzmessung.....	66
3.4	Subjektiver Tragekomfort.....	80
3.5	Beschwerden	92
4	Diskussion.....	100
4.1	Ergebnisdiskussion.....	100

4.2	Methodendiskussion	111
4.2.1	Medizinische Kompressionsstrümpfe.....	111
4.2.2	Stehexposition.....	113
4.2.3	Wasserplethysmographie.....	115
4.2.4	Bioelektrische Impedanzmessung.....	115
4.2.5	Tragekomfort und Beschwerden	116
4.2.6	Probandenkollektiv	117
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	119
4.4	Schlussfolgerung und Ausblick.....	120
5	Zusammenfassung	123
6	Literaturverzeichnis	125
A	Anhang	138
A.1	Probandeninformation	139
A.2	Einwilligungserklärung Probanden	148
A.3	CRF	151
A.4	Nordischer Fragebogen.....	156
A.5	Kontrollformular	162
A.6	Unterschenkelvermessung.....	169
A.7	Fragebogen Tragekomfort.....	170
A.8	Abfrage Beschwerden	174
7	Erklärung zum Eigenanteil	176
8	Liste der Veröffentlichungen.....	177
	Danksagung	178

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messpunkte nach GZG-Norm modifiziert nach BSN-Jobst GmbH	39
Abbildung 2: Wasserplethysmographische Volumenmessung	42
Abbildung 3: Angebrachte Elektroden für die bioelektrische Impedanzmessung	45
Abbildung 4: Angebrachte Elektroden für die bioelektrische Impedanzmessung mit Kompressionsstrumpf	46
Abbildung 5: Verlauf der Volumenänderung in ml je nach Stehbedingung.....	57
Abbildung 6: Verlauf der Volumenänderung in ml in der älteren Probandengruppe je nach Stehbedingung	58
Abbildung 7: Verlauf der Volumenänderung in ml in der jungen Probandengruppe je nach Stehbedingung	59
Abbildung 8: Relative Volumenänderung in % im zeitlichen Verlauf je nach Strumpf/Stehbedingung	61
Abbildung 9: Histogramm der relativen Volumenänderung in % der Wasserplethysmographischen Volumenmessung	64
Abbildung 10: Mittelwerte der relativen Impedanzänderung in % je nach Strumpf/Stehbedingung	67
Abbildung 11: Mittelwerte der Impedanzen in μV im zeitlichen Verlauf	68
Abbildung 12: Zeitlicher Verlauf (12 Messpunkte) der Impedanzwerte in μV für beide Probandengruppen je nach Strumpfbedingung	76
Abbildung 13: Zeitlicher Verlauf der Impedanzwerte (12 Messpunkte) in μV in der älteren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung	77
Abbildung 14: Zeitlicher Verlauf der Impedanzwerte (12 Messpunkte) in μV der jüngeren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung	78
Abbildung 15: Anteil der Probanden in %, die sich vorstellen können, die medizinischen Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen	82
Abbildung 16: Tragekomfort der Items „Ich habe müde / schwere Beine“ und „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“	83

Abbildung 17: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine" im zeitlichen Verlauf je nach Strumpfbedingung	86
Abbildung 18: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine" in der jungen Probandengruppe je nach Strumpfbedingung	87
Abbildung 19: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine" in der älteren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung.....	88
Abbildung 20: Mittelwerte des Tragekomforts (12 Items)	90
Abbildung 21: Anzahl der insgesamten Beschwerdehäufigkeit ja/nein.....	93
Abbildung 22: Relative Beschwerdehäufigkeit in Prozent im zeitlichen Verlauf je nach Stehbedingung	94
Abbildung 23: Beschwerden in % je nach Körperregion.....	95
Abbildung 24: Mittelwertscore der Beschwerden von 1 bis 10 je nach Körperregion	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Venen des tiefen Venensystems. Anatomische und internationale Bezeichnung. Eigene Darstellung nach ^{19,20}	9
Tabelle 2: Venen des oberflächlichen Venensystems. Anatomische und internationale Bezeichnung. Eigene Darstellung nach ^{19,20}	10
Tabelle 3: Stadieneinteilung der Stammveneninsuffizienz nach Hach. Eigene Darstellung.....	17
Tabelle 4: CEAP-Klassifikation nach Lurie et al.. Eigene Darstellung	20
Tabelle 5: Anpressdrücke der Kompressionsklassen. Eigene Darstellung.....	28
Tabelle 6: Maßtabelle für Serienkompressionsstrümpfe modifiziert nach BSN-Jobst GmbH	39
Tabelle 7: Test auf Normalverteilung der erhobenen Messwerte der Wasserplethysmographischen Volumenmessung	56
Tabelle 8: Zwischensubjekteffekte der dreifaktoriellen Varianzanalyse der Wasserplethysmographischen Volumenmessung	60
Tabelle 9: Volumenzunahme in ml bei der Wasserplethysmographischen Volumenmessung, vor und nach der Stehexposition, je nach Strumpf/Stehbedingung	62
Tabelle 10: Koeffizienten der Regressionsanalyse	65
Tabelle 11: Output der einzelnen Mittelwerte und Messpunkte der Impedanzmessung, zusammengefasst für beide Probandengruppen, je nach Strumpf/Stehbedingung	71
Tabelle 12: Vergleich zwischen der jüngeren und älteren Probandengruppe bei der Impedanz	74
Tabelle 13: Post-Hoc der zusammengefassten Impedanzwerte nach Strumpf/Stehbedingung	75
Tabelle 14: Übersicht der Signifikanzen zur Berechnung des Items „Ich empfinde das Tragen der Stümpfe als störend / unangenehm“	89
Tabelle 15: Übersicht der Signifikanzen des Tragekomforts	91
Tabelle 16: Zusammenfassung der Beschwerdenhäufigkeit in Prozent	95
Tabelle 17: Übersicht der Signifikanzen der Beschwerden insgesamt	98

Tabelle 18: Übersicht der Signifikanzen der Beschwerden in Abhängigkeit der
Strumpf/Stehbedingung 99

Abkürzungsverzeichnis

ACE	Angiotensin Converting Enzym
ArbMedVV	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
AsiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AU	Arbeitsunfähigkeit
AV	Abhängige Variable
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body mass index
C°	Grad Celsius
cm	Zentimeter
CRF	Case Report Form
CVI	Chronisch venöse Insuffizienz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DTF	Diskrete Fourier Transformation
EN	Europäische Norm
FFT	Fast Fourier Transformation
GZG	Gütezeichengemeinschaft
ISO	International Organization for Standardization
IUP	International Union of Phlebology

kPA	Kilopascal
MKS	Medizinische Kompressionsstrümpfe
MKS 0	Ohne medizinische Kompressionsstrümpfe
MKS 1	Medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1
MKS 2	Medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
ml	Milliliter
μV	Mikrovolt
NO	Stickstoffmonooxygenase
NYHA	New York Heart Association
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PDGF	Platelet-derived growth factor
TGF- β	Transforming growth factor β
UV	Unabhängige Variable
V.	Vena
Vv.	Venae
VIF	Variance Inflation Factor
VCSS	Venous Clinical Severity Score
WP	Wasserplethysmographie

1 Einleitung

1.1 Steharbeit

Steharbeitsplätze sind in den industrialisierten Ländern weit verbreitet. In Deutschland arbeiten etwa 50 % der Erwerbstätigen im Stehen.¹ 2006 arbeiteten von den ca. 39,1 Millionen Erwerbstätigen etwa 22,1 Millionen in stehenden Tätigkeiten. Für jeden Siebten stellte dies eine Belastung dar.²

In Deutschland waren im dritten Quartal 2021 etwa 45,1 Millionen Menschen erwerbstätig.³ Vor allem in Sektoren des Bau- und Fertigungsgewerbes sowie im Dienstleistungsgewerbe ist Steharbeit weit verbreitet. Zum Dienstleistungsgewerbe gehören beispielsweise Friseure, Lehrer, Reinigungskräfte aber auch Berufe des Gesundheitssektors, wie Gesundheits- und Krankenpfleger und Ärzte.² Langes rezidivierendes statisches berufsbedingtes Stehen, birgt ein hohes gesundheitliches Risiko für Herz-Kreislauf- und muskuloskelettale Probleme und Folgeerkrankungen. Muskuloskelettale Probleme sind vor allem Unwohlsein oder Schmerzen im unteren Rücken, den Beinen und Füßen und Ermüdung der Unterschenkelmuskulatur.^{4,5} Auf Dauer können Muskeln und Gelenke geschädigt werden.⁶ Vor allem das Fußgelenk ist durch die Stehbelastung gefährdet, es kann zur Abflachung des Fußgewölbes und zur Entstehung von Spreiz-, Knick- oder Senkfüßen kommen.² Ebenso weisen Studien auf ein erhöhtes Risiko für Herzerkrankungen und ein schnelleres Fortschreiten von arteriosklerotischen Veränderung der Carotis hin.⁷ Außerdem birgt Steharbeit ein erhöhtes Risiko für Schwangerschaftskomplikationen wie Früh- und Fehlgeburten.⁸

Dauerhafte Steharbeit wird mit einem erhöhten Risiko für venöse Erkrankungen der unteren Extremität assoziiert. Durch eine bei langem Stehen weitestgehende Inaktivierung der Muskel-Venen-Pumpe und orthostatisch

bedingter Volumenbelastung durch das Absacken von Blut in die Beinvenen, sowie Übertritt von Gewebeflüssigkeit in das umliegende Gewebe und Venen, kommt es zur Entwicklung von Unterschenkelödemen.^{9,10} Diese stellen eine erhöhte Belastung für das Gefäßsystem dar. Längerfristig kann sich dies destruktiv auf die Venenklappen auswirken und zu venösen chronischen Erkrankungen, wie Varikosis und chronisch venöse Insuffizienz, führen.¹¹ Somit stellen stehberuflich bedingte Ödeme in den unteren Extremitäten einen Risikofaktor für die Entwicklung von chronisch venösen Erkrankungen dar.

In diversen Studien wurde bisher gezeigt, dass langes Stehen mit der Entwicklung von Beinödemen assoziiert ist.¹² Durch das Tragen von Kompressionsstrümpfen können diese reduziert und subjektive Beschwerden wie Spannungs- und Schweregefühl vermindert werden.¹³ Unklar ist jedoch, welcher Anpressdruck der Kompressionsstrümpfe ausreicht, um Ödeme in den unteren Extremitäten bei Beschäftigten an Steharbeitsplätzen zu reduzieren. Ebenso unklar ist, ob sich die verschiedenen Kompressionsklassen unterschiedlich auf den zeitlichen Verlauf der Ödementwicklung auswirken. Es wird davon ausgegangen, dass höhere Anpressdrücke auch zu einer höheren Ödemreduktion bzw. -prävention beitragen. Allerdings sind höhere Anpressdrücke auch mit einem schlechteren Tragekomfort und Compliance verbunden.

Die vorliegende Pilotstudie befasst sich deshalb mit der Fragestellung, inwieweit sich Kompressionsstrümpfe (Wadenstrümpfe) mit milden und moderaten Anpressdrücken, bei zweistündiger Stehexposition, auf die Ödementwicklung, im Vergleich zum Stehen ohne Kompressionsstrümpfe, auswirken. Kenntnisse zum minimalen effektiven Anpressdruck von Kompressionsstrümpfen sind wichtig, um diese zur Prävention in der betrieblichen Praxis zu etablieren und klare Handlungsempfehlungen für Arbeitsmediziner und Betriebsmediziner auszusprechen.

Eine internationale Definition von Steharbeit findet man in der einschlägigen Literatur nicht. Der deutsche Länderausschuss für Arbeitssicherheit (LASI) definiert in seiner 2009 veröffentlichten Handlungsanleitung den Begriff „andauernde Steharbeit“, als die in stehender Körperhaltung durchgeführte Arbeit. Allerdings ohne die Möglichkeit, sich wenige 20 cm zur Seite, nach hinten oder nach vorne bewegen zu können und ohne die zeitweilige Entlastungsmöglichkeit durch Gehen oder Sitzen, wodurch diese Art des Stehens zur Zwangshaltung wird. Die Möglichkeit sich im Stehen frei zu bewegen, fällt nicht unter die Begriffsdefinition „andauernde Steharbeit“.²

Von dem deutschen Länderausschuss für Arbeitssicherheit (LASI) wurde eine Risikobewertung für das beruflich bedingte Stehen vorgenommen und die Anzahl der Stunden, die pro Schicht im Stehen verbracht werden müssen, wurden in Risikobereiche eingeteilt. Diese gliedern sich wie folgt:

Risikobereich 1: Bis zu zweieinhalb Stunden Steharbeit gilt als geringe Stehbelastung. Es ist keine Überlastung zu erwarten.

Risikobereich 2: Zweieinhalb bis vier Stunden Steharbeit führt zu erhöhter Stehbelastung. Dies kann bei geringer belastbaren Menschen zu Überlastung führen. Gestaltungsmaßnahmen werden empfehlenswert.

Risikobereich 3: Vier bis fünfeinhalb Stunden Steharbeit stellt eine wesentlich erhöhte Belastung dar. Auch für durchschnittlich belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen möglich. Für Schwangere gilt nach Ablauf des 5. Monats ein Beschäftigungsverbot. Gestaltungsmaßnahmen sind nötig.

Risikobereich 4: Mehr als fünfeinhalb Stunden Steharbeit stellt eine hohe Belastung auch für durchschnittliche Personen dar und gesundheitliche Auswirkungen sind wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen werden als zwingend nötig angesehen.²

1.2 Rechtliche Grundlage

Der Arbeitgeber trägt eine Verantwortung für die Gesundheit und Sicherheit seiner Angestellten. Als Rechtsgrundlage dient zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen und somit Minimierung von Gefährdungen das Arbeitsschutzgesetz (§§ 3, 4 und 5 Arbeitsschutzgesetz).

Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet den Arbeitgeber zur Vermeidung von Arbeitsunfällen, arbeitsbedingten Erkrankungen sowie zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit (§§ 2, 3 ArbSchG). Hierzu gehören die Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebungsbedingungen, der Arbeitsstätte sowie die Gestaltung von Arbeitsverfahren, -organisation und -ablauf. Welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind, hat der Arbeitgeber durch die Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG zu ermitteln.

Im Anschluss der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG hat sich als nachfolgende Konsequenz in der Arbeitsmedizin das sogenannte STOP-Prinzip, als Kriterium der Wahl von Schutzmaßnahmen, etabliert:

S – Substitution von Gefahrstoffen

T – Technische Maßnahmen

O – Organisatorische Maßnahmen

P – Persönliche Maßnahmen^{14,15}

Die einzelnen Punkte werden hierarchisch abgearbeitet. Eine klare Empfehlung für das Tragen von Kompressionsstrümpfen bei Steharbeit würde unter die Kategorie P – Persönliche Maßnahmen fallen.

Die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) bildet eine wesentliche Grundlage zur Erreichung der oben genannten Paragraphen. Sie ist für den Gesundheitsschutz und die Sicherheit der Arbeitnehmer beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten maßgebend. Geregelt werden in der Arbeitsstättenverordnung z. B. Anforderungen und Vorgaben für Raumabmessungen, Beleuchtung, Lüftung, Türen, Flucht- und Rettungswege, Raumtemperatur und zum Lärm in Arbeits-, Pausen-, Bereitschafts- sowie Sanitätsräumen.

Nach dem Arbeitssicherheitsgesetz (AsiG) ist für jeden Betrieb eine betriebsärztliche Betreuung vorgesehen. Eine arbeitsmedizinische Untersuchung nach AsiG oder arbeitsmedizinische Vorsorge nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) kann abhängig von der Gefährdungsbeurteilung im Betrieb vom Arbeitgeber angeboten bzw. veranlasst werden. Die arbeitsmedizinische Beratung beinhaltet beispielsweise die Beratung und Aufklärung der Beschäftigten über die gesundheitlichen Risiken an den jeweiligen Arbeitsplätzen. Dadurch ist eine individuelle gesundheitliche Prävention der Beschäftigten gewährleistet.¹⁰

1.3 Definition Arbeitsbelastung und Arbeitsbeanspruchung

Viele Beschäftigte empfinden Steharbeit als belastend.

Nach der DIN EN ISO 6385 werden die Begriffe Arbeitsbelastung und Arbeitsbeanspruchung wie folgt definiert:

Arbeitsbelastung = äußere Arbeitseinwirkung: „Äußere Bedingungen und Anforderungen in einem Arbeitssystem, die auf die physiologische und/oder psychologische Beanspruchung einer Person einwirken“.

Arbeitsbeanspruchung: „Innere Reaktion einer Person auf die Arbeitsbelastung, abhängig von deren individuellen Eigenschaften (z. B. Körpergröße, Alter, Fähigkeiten, Begabungen, Fertigkeiten usw.)“.¹⁶

Die empfundene Belastung stellt somit eine Beanspruchungsreaktion dar.

1.4 Anatomie

1.4.1 Historik

Die Existenz des Blutkreislaufes ist schon sehr lange bekannt. So beschrieb bereits um 1210 Ibn al Nafis einen Umlauf des Blutes aus Arterien in Venen. G. B. Cannani (1515–1579) und Fabricius ab Aquapendente (1537–1629) berichteten von Venenklappen. 1628 beschrieb William Harvey (1578–1657) in seiner „Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus“ den Kreislauf. Sowohl Erythrozyten als auch Kapillaren wurden von M. Malpighi (1628–1694) nachgewiesen.¹⁷

1.4.2 Bauprinzip des Herz-Kreislauf-Systems

Das Herz-Kreislauf-System ist anatomisch unterteilt in:

- Das Herz: Dieses übernimmt die Pumpfunktion.
- Blutgefäße: Diese haben eine Transportfunktion. Blutgefäße werden in arterielle und venöse Gefäße unterteilt. Arterien führen sauerstoffreiches Blut vom Herzen in die Peripherie. Venen transportieren sauerstoffarmes Blut aus der Peripherie zurück zum Herzen (Ausnahmen bilden die Vv. pulmonales, die sauerstoffreiches Blut, von den Alveolen zum linken Herzen, zurückführen). Das Blut der arteriellen Strombahn sammelt sich zunächst in den sogenannten Arteriolen, den kleinsten Gefäßabschnitten¹⁸ der arteriellen Strombahn, und fließt dann über die Kapillaren in die Venolen der venösen Strombahn. Von dort fließt das Blut in kleinen und mittelgroßen Venen (mit Venenklappen), über große Venenstämme, in die obere bzw. untere Hohlvene (V.cava superior bzw. inferior), in den rechten Vorhof des Herzens.

Arterien zählen zum sogenannten Hochdrucksystem und haben eine Versorgungsfunktion. Es werden Arterien vom elastischen Typ und muskulären Typ unterschieden. Arteriolen, Kapillaren und Venolen

zählen zur terminalen Strombahn und sind für die Mikrozirkulation verantwortlich. Venen gehören zum Niederdrucksystem und haben eine Reservoirfunktion.¹⁹

1.4.3 Anatomie des Venensystems der unteren Extremität

An der unteren Extremität werden zwei Venensysteme unterschieden: ein epifasziales (oberflächliches) und ein intermuskuläres (tiefes) Venensystem. Verbunden wird das oberflächliche und das tiefe Venensystem über sogenannte Perforanzvenen.¹⁹

Für die Beinvenen gibt es sowohl anatomische als auch internationale Bezeichnungen. Da die Nomenklatur der Beinvenen uneinheitlich und teils unvollständig war, fand 2001 eine internationale Konferenz im Rahmen der International Union of Phlebology (IUP) statt. In dieser Konferenz wurde die Nomenklatur der Beinvenen überarbeitet. Die überarbeitete Nomenklatur ist mittlerweile international anerkannt.²⁰

Die folgenden Tabellen (Tab. 1 und 2) liefern eine Teilübersicht der Nomenklatur der Beinvenen.

Tabelle 1: Venen des tiefen Venensystems. Anatomische und internationale Bezeichnung. Eigene Darstellung nach^{19,20}

Anatomische Bezeichnung	Internationale Bezeichnung
V. femoralis communis	Common femoral vein
V. femoralis	Femoral vein
V. femoralis profunda	Deep femoral vein
V. circumflexa femoris medialis	Medial circumflex femoral vein
V. circumflexa femoris lateralis	Lateral circumflex femoral vein
V. poplitea	Popliteal vein
Vv. surales	Sural veins
Plexus venosus genicularis	Genicular venous plexus
V. tibialis anterior	Anterior tibialis veins
V. tibialis posterior	Posterior tibialis veins
V. fibularis (peronea)	Fibular or peroneal veins
V. metatarsalis profundus	Deep metatarsal veins
plantaris / dorsalis	plantar / dorsal
V. digitalis profundus	Deep digital veins
plantaris / dorsalis	plantar / dorsal

Tabelle 2: Venen des oberflächlichen Venensystems. Anatomische und internationale Bezeichnung. Eigene Darstellung nach^{19,20}

Anatomische Bezeichnung	Internationale Bezeichnung
V. saphena magna	Great saphenous vein
V. pudenda externa	External pudendal vein
V. circumflexa iliaca superficialis	Superficial circumflex iliac vein
V. epigastrica superficialis	Superficial epigastric vein
V. saphena accessoria anterior / posterior / superficialis	Anterior / posterior / superficial accessory of the great saphenous vein
V. saphena parva	Small saphenous vein
V. saphena accessoria anterior / posterior	Anterior / posterior accessory of the great saphenous vein
Arcus venosum dorsalis plantaris	Dorsal venous arch of the foot
V. metatarsalis superficialis plantaris / dorsalis	Superficial digital veins dorsal / plantar
V. superficialis digitalis plantaris / dorsalis	Superficial digital veins plantar / dorsal

1.4.4 Das tiefe und oberflächliche Beinvenensystem

Die tiefen Beinvenen liegen unter der Muskelfaszie (subfaszial) und sind von Muskeln umgeben. Etwa 90 % des venösen Rückstromes aus den Beinen zum Herzen wird durch das tiefe Beinvenensystem getragen. Die tiefen Beinvenen verlaufen parallel zu den meist gleichnamigen Beinarterien. Im Unterschenkelbereich liegen sie gedoppelt vor, und können als Normvarianten auch im Oberschenkelbereich gedoppelt vorkommen.²¹

Wichtig von den zahlreichen Perforansvenen (Vv. perforantes) sind vor allem die Dodd-Gruppe, diese liegt im medialen Drittel der Oberschenkelinnenseite, zwischen V. saphena magna und V. femoralis und die Boyd-Gruppe, diese liegt unterhalb des Knies auf der Unterschenkelinnenseite. Von besonders klinischer Relevanz ist die Cockett-Gruppe an der distalen Unterschenkelinnenseite. Diese Stelle ist prädestiniert für die Entstehung eines Ulcus curis venosum¹⁹, eine weit fortgeschrittene Form der chronisch venösen Insuffizienz.

Das oberflächliche Venensystem der Beine verläuft unregelmäßig über alle fazialen Strukturen in einer amorphen Fettschicht.²² Die zwei Hauptstämme werden als V. saphena magna und -parva bezeichnet, diese münden in das tiefe Venensystem über sogenannte Crosse.²³ Die Saphenavenen verlaufen in der Fettschicht umgeben von einer membranhaltigen Schicht, der sogenannten Saphena-Faszie und der Muskelfaszie.²⁴ Die beiden Faszien verschmelzen beidseits der Saphenavenen und bilden so das sogenannte Saphena-Kompartiment. In diesem Kompartiment befindet sich neben den Saphenavenen auch die begleitenden Arterien, Lymphgefäße und Nerven.²⁵ Die restlichen Venen verlaufen direkt unter der Haut außerhalb des Kompartimentes. So müssen die oberflächlichen Venen in interfasziale Venen (Saphenavenen) und die eigentlichen oberflächlichen, in der Fettschicht verlaufenden Venen (epifaszialen Venen), unterteilt werden. Die epifaszialen Venen formen ein Venennetz, das je nach Individuum stark variieren kann. Sie werden zur Vereinfachung der Nomenklatur häufig in vertikale und schräge Venen eingeteilt. Die schrägen Venen verbinden die vertikalen Hauptvenen.

Die vertikalen Venen verlaufen parallel zu den Saphenavenen. Sie können aufgrund ihrer Verbindungen die Saphenastammvenen hämodynamisch ersetzen. Deshalb und wegen ihrem Verlauf werden sie auch akzessorische Saphenavenen genannt.

Von klinischer Relevanz ist der unterschiedliche Wandaufbau der Saphenavenen und der epifaszialen Venen. Die Wand der Saphenavenen ist dicker und muskulöser und somit widerstandsfähiger für einen venösen Druckanstieg. Durch den intrafaszialen Verlauf haben die Saphenavenen zusätzlich einen Dilatationsschutz. Deshalb finden sich in den akzessorischen Saphenavenen häufiger variköse Veränderungen als in den Saphenavenen.¹⁷

1.5 Histologie

1.5.1 Histologie der Venenwand

Die Venen sind wie die Arterien dreischichtig aufgebaut. Aufgrund der niedrigeren Druckverhältnisse sind sie aber dünner und elastischer aufgebaut als Arterien. Die Schichten bestehen von außen nach innen aus der Tunica adventitia, der Tunica media und der Tunica intima. Die Gliederung der einzelnen Schichten bleibt oft undeutlich abgegrenzt.^{26,27} Die Tunica adventitia bildet durch kollagenfaserreiches Bindegewebe die dickste Schicht. Sie enthält häufig auch Längsmuskulatur. Die Tunica media erhält durch ihre relativ breite Bindegewebsstraßen mit elastischen- und Kollagenfasern eine lockere Struktur. Die glatte Muskulatur ist meist spiralförmig oder zirkulär in Bündeln angeordnet. Die innerste Schicht, die Tunica intima, ist dem Blutstrom ausgesetzt. Sie besteht oft nur aus Endothel und wenigen Fasern. Venenklappen sind Intimaduplikationen und bilden sogenannte Taschenklappen. Die Taschenklappen sind so aufgebaut, dass das Blut herzwärts fließen kann und sie sich bei Strömungsumkehr entfalten. Ein solches Ventil wird meist aus zwei Taschen gebildet. Das Endothel der Tunica intima ist für den Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe zuständig. Daneben erfüllt es je nach

Gefäßabschnitt noch weitere Funktionen. Beispielsweise bildet es Matrixkomponente wie Kollagen IV, Laminin und Proteoglykane, antikoagulative und antithrombotische Faktoren wie Prostazyklin und heparinähnliche Moleküle und prothrombotische Faktoren, wie den Willebrand Faktor. Durch die Bildung der Vasodilatoren Stickstoffmonoxid (NO) und Prostazyklin sowie Vasokonstriktoren, wie das Angiotensin Converting Enzym (ACE) und Endothelin, moduliert das Endothel den Blutfluss und die Gefäßreaktionen. Außerdem ist das Endothel über die Bildung von Interleukin-1, -6 und -8 an der Regulierung von Immunität und Entzündung beteiligt. Das Zellwachstum wird sowohl über wachstumshemmende Substanzen wie Heparin, als auch über wachstumsstimulierende Faktoren wie PDGF reguliert.²⁷

1.6 Physiologie des Venensystems

Venen dienen dem Rückstrom des Blutes zum Herzen. Die epifaszialen Venen drainieren das Blut in die großlumigeren tiefen Beinvenen. Dies geschieht sowohl über die Crossen der beiden großen Stammvenen, als auch über die Perforansvenen.^{22,23} Das Niederdrucksystem enthält etwa 85 % des gesamten Blutvolumens. Zum Niederdrucksystem gehören außer den Venen, die Lungengefäße, der rechte Ventrikel (Kammer) und das Atrium (Vorhof) des Herzens. Während der Diastole gehört auch der linke Ventrikel zum Niederdrucksystem. Der mittlere Blutdruck liegt meist nicht über 20 mmHg. Volumenänderungen, z. B. durch Lageveränderung des Körpers, wirken sich hauptsächlich auf das Niederdrucksystem aus.²⁸ Es weist im Gegensatz zum arteriellen System eine um etwa 200-fach größere elastische Dehnbarkeit auf.^{28,29}

In den extrathorakalen Venen herrscht in horizontaler Körperlage ein flaches Druckgefälle in Richtung Thorax.²⁹ Als orthostase Reaktion bzw. orthostatische Anpassung wird die Fähigkeit des menschlichen Körpers bezeichnet, den Blutdruck bzw. das Kreislaufsystem in vertikaler Lage (stehen oder sitzen) anzupassen.²³ Durch die Orthostase bildet sich im menschlichen Körper ein

hydrostatischer Druckgradient aus. Der zentrale Venendruck fällt auf etwa -3 mmHg ab, während die auf den Fußvenen lastende Blutsäule einen Druck von etwa 85 mmHg bewirkt. Etwa 5–10 cm unterhalb des Zwerchfells liegt die hydrostatische Indifferenzebene mit einem venösen Druck von etwa 11 mmHg. Diese ändert sich bei Lageänderung vom Liegen in das Stehen nicht.²⁹

Die Beinvenen, die weiter distal liegen und somit höheren orthostatischen Drücken ausgesetzt sind, besitzen mehr Venenklappen. Beim Lagewechsel vom Liegen in das Stehen kommt es zum sogenannten venösen Pooling. Dabei versacken bis zu 500 ml Blut d. h. etwa 10 % des gesamten Blutvolumens in die Venen des Bauchraums und der Beine. Das venöse Pooling findet hauptsächlich in den ersten 10 Sekunden nach Lagewechsel statt und ist nach etwa 3–5 Minuten abgeschlossen. Durch den dadurch verminderten venösen Rückstrom und des resultierenden verminderten Blutaustoß des Herzens, kommt es zu einer Blutdrucksenkung.²³

Der venöse Rückstrom zum Herz wird durch mehrere Mechanismen bewirkt. Zum einen durch das Öffnen und Schließen der Venenklappen und zum anderen, durch die sogenannte arteriovenöse Koppelung, in der die Arterie die Pulswelle auf die begleitende Vene überträgt. Zusätzlich entsteht durch die Verlagerung der Ventilebene in Richtung Herzspitze während der Systole ein Unterdruck, wodurch eine Sogwirkung des Herzens entsteht.¹⁹ Durch die Atemtätigkeit entstehen intrathorakale und intraabdominelle Druckschwankungen, die ebenfalls zum venösen Rückstrom beitragen.²⁹ Ebenso gibt es verschiedene Pumpmechanismen. Dazu zählen die Muskelpumpe, die Hautpumpe, die Fußsohlenpumpe und die Sprunggelenkspumpe.²⁸

Die Muskelpumpe liefert einen sehr wichtigen Beitrag zum venösen Rückstrom. Beim stehenden Menschen wird die Blutsäule durch die Venenklappen sequestriert. So ist der hydrostatische Druck deutlich niedriger, als es der Gesamthöhe der Blutsäule entspricht. Aufgrund der Ventilfunktion der Venenklappen kann das Blut nur herzwärts fließen. Bei Kontraktion und Erschlaffung der Beinmuskeln, beispielsweise beim Gehen, wird das Blut von

Segment zu Segment in Richtung Herz befördert. Durch die Druckabnahme der tiefen Venen wird das Blut vom oberflächlichen Venensystem in das tiefe Venensystem geleitet, wobei die Venenklappen der Perforanzvenen einen Rückstrom des Blutes verhindern.²⁹

1.7 Chronisch venöse Insuffizienz

Der Begriff „chronisch venöse Insuffizienz“ wurde ursprünglich von dem niederländischen Phlebologen van der Molen geprägt. So schrieb dieser im Jahr 1962 in seinem Buch „Anthologia phlebologica“ über die Ursachen der venösen Stauung: „Schließlich kann es sich auch um eine allgemeine venöse Insuffizienz der Beine ohne stärkere Varikose und ohne vorausgegangene Thrombose handeln; eine solche Insuffizienz, die durch hereditär bedingte Bindegewebsschwäche hervorgerufen oder durch starke berufliche Anforderungen in besonderem Maße provoziert wurde, nennen wir ‘chronisch venöse Insuffizienz (CVI)’ “.zitiert nach³⁰ Van der Molen definierte den Begriff für die zu diesem Zeitpunkt noch ungeklärten schweren venösen Krankheitsbilder, bei denen es sich am ehesten um die sekundäre Leitveneninsuffizienz gehandelt haben dürfte. Erst später wurde die Graduierung der CVI nach Widmer vorgenommen.³¹

In der internationalen Literatur wurden venöse Erkrankungen bzw. Störungen häufig unterschiedlich definiert. Um eine einheitliche Sprache zu schaffen, wurde 2009 im Rahmen einer Konsensuskonferenz eine einheitliche Definition erarbeitet. So wurden beispielsweise folgende Begriffsdefinitionen festgelegt:

Chronisch venöse Störung (chronic venous disorder): „Dieser Begriff umfasst das gesamte Spektrum von morphologischen und funktionellen Abnormalitäten des Venensystems“.

Chronische Venenleiden (chronic venous disease): „Jede morphologische und funktionale Abnormalität des Venensystems mit langer Dauer, die sich durch Symptome und/oder Auffälligkeiten in der Diagnostik und/oder Therapienotwendigkeit auszeichnet“.

Chronisch venöse Insuffizienz (C3–C6) (chronic venous insufficiency): „Ein Begriff für ein fortgeschrittenes chronisches Venenleiden mit funktionellen Störungen des Venensystems, in deren Folge Ödeme, Hautveränderungen oder venöse Ulzerationen entstehen“.³²

1.8 Varikose

Die Varikose (Krampfaderleiden) kann in eine primäre und eine sekundäre Form eingeteilt werden. Bei einer Varikose liegen degenerative Veränderungen der Venenwand des oberflächlichen Venensystems vor, die sich im zeitlichen Verlauf unter dem Einfluss von Realisationsfaktoren zu Varizen (umgangssprachlich auch Krampfadern genannt), in unterschiedlichen Schweregraden, entwickeln können.³³ Die Varikose ist eine progrediente Erkrankung, die sich zu einer chronisch venösen Insuffizienz (CVI) entwickeln und zu einer deutlichen Minderung der Lebensqualität der Betroffenen führen kann. Von der primären Form ist die sekundäre Form zu unterscheiden. Der sekundäre Form liegen epifaszialen Kollateralen zu Grunde, die sich aufgrund von obliterierenden Prozessen, wie beispielsweise Thrombosen im tiefen Venensystem, entwickeln können.

Nach morphologischen bzw. topographischen Kriterien werden folgende Varizentypen unterschieden:

- Stammvarizen, inkl. Varikose der akzessorischen Venen
- Seitenastvarizen
- Perforansvarizen
- pelvine Varizen
- retikuläre Varizen
- Besenreiservarizen

Hämodynamisch bedeutsam ist die Stammveneninsuffizienz (Vena saphena magna bzw. Vena saphena parva). Diese lässt sich nach Hach in unterschiedliche Ausprägungen der Refluxstrecke (Stadium) einteilen.³⁴ Die folgende Tabelle (Tab. 3) zeigt die Stadieneinteilung nach Hach.³⁵

Tabelle 3: Stadieneinteilung der Stammveneninsuffizienz nach Hach. Eigene Darstellung

Stadium	Vena saphena magna	Vena saphena parva
I	Insuffizienz der Mündungsklappe	Insuffizienz der Mündungsklappe
II	Insuffizienz bis oberhalb des Knies	Insuffizienz bis zur Wadenmitte
III	Insuffizienz bis unterhalb des Knies	Insuffizienz bis zur Knöchelregion
IV	Insuffizienz bis zur Knöchelregion	

1.9 Pathologie der Varikose

Bei der primären Varikose liegen angeborene oder erworbene Erweiterungen der Venen vor, die eine unterschiedliche Wandstärke aufweisen können. Dies kann zu Schlingelungen der betroffenen Venen führen. Ein suffizienter Schluss der Venenklappe ist nicht mehr möglich.^{36,37} Die genaue Pathologie der primären Varikose ist bis heute nicht abschließend geklärt. Es existieren mehrere Hypothesen.³⁸ Eine Hypothese geht davon aus, dass eine primäre Klappeninsuffizienz zu einem Reflux führt. Dies führt dann zu sekundären Veränderungen der Venenwand.³⁹

Eine weitere Hypothese geht von einer primären Veränderung (Degeneration/ Deletation) der Venenwand aus. Diese führen zu einer sekundären Klappeninsuffizienz und somit zu einem Reflux.

Durch den Reflux entsteht ein erhöhter intravasaler Druck. Diese Druckerhöhung führt zu Veränderungen im Aufbau der Venenwand und zu einer Erhöhung der Aktivität von Matrixmetalloproteinasen⁴⁰⁻⁴², was zum einen die Endothelfunktion und zum anderen die Funktion der glatten Muskelzellen der Venen stört. Dies wiederum führt zu einer Beeinträchtigung der venösen Relaxation und Kontraktion.^{41,43} Durch Triggerung von inflammatorischen Prozessen sowie der Infiltration von Leukozyten, kommt es zu einer chronisch fortschreitenden Fibrosierung.³⁸ Daneben scheint auch die Expression des Transforming growth factor- β (TGF- β 1) eine wichtige Rolle in der Pathogenese der primären chronisch venösen Insuffizienz zu spielen.⁴⁴ So fanden sich in varikös veränderten Venenabschnitten eine Überexpression von TGF- β 1, ebenso eine erhöhte Produktion von der induzierbaren Stickstoffmonooxygenase.⁴⁵

Bei der chronisch venösen Insuffizienz handelt es sich um ein komplexes polyätiologisches Krankheitsbild. Bei einer Venenklappeninsuffizienz ist die Wirkung der Pumpenmechanismen eingeschränkt. Dadurch resultiert bei Bewegung eine Abnahme der physiologischen Druckminderung von

ca. 100 mmHg auf ca. 22 mmHg. Es kann sich sogar eine bewegungsabhängige Druckzunahme, die sogenannte ambulatoische venöse Hypertonie, entwickeln. Unbehandelt führt dies zum klinischen Bild der CVI.⁴⁶

Varizen können in jedem Lebensalter auftreten. Als Risikofaktoren gelten ein erhöhtes Lebensalter⁴⁷, genetische Disposition, das weibliche Geschlecht, hormonelle Einflüsse, Anzahl der Schwangerschaften⁴⁸ und stehende Berufe.⁴⁹ Ebenso wird ein erhöhter BMI als Risikofaktor angesehen.^{47,50-52}

1.10 Klassifikationen der Varikose bzw. CVI

1.10.1 CEAP-Klassifikation

Zur Einteilung der chronisch venösen Insuffizienz hat sich international die CEAP-Klassifikation etabliert, die neben klinischen Symptomen der CVI auch anatomische, ätiologische und pathophysiologische Aspekte berücksichtigt. Bei der CEAP-Klassifikation handelt es sich um einen im Jahr 1994 vom „American Venous Forum“, einem internationalen Komitee, erarbeiteten Score.⁵³ 2004 und 2020 wurde dieser überarbeitet. So wurde 2004 das Stadium C4 in die Untergruppen a und b unterteilt.⁵⁴ 2020 erhielten die Stadien C2 und C6 die fakultative Unterkategorie „r“, diese steht für recurrent (wiederkehrend) und wird für wiederkehrende Varizen (C2) bzw. Ulcera (C6) verwendet. Stadium C4 erhielt außerdem eine dritte Unterkategorie.⁵⁵ Ab dem Stadium C3 wird von einer chronisch venösen Insuffizienz gesprochen.

Die Tabelle (Tab. 4) zeigt die aktuell (2022) gültige CEAP-Klassifikation.⁵⁵

Tabelle 4: CEAP-Klassifikation nach Lurie et al.. Eigene Darstellung

C₀	Keine sichtbaren oder tastbaren Zeichen einer venösen Erkrankung
C₁	Teleangiektasien oder retikuläre Varizen
C₂	Varizen
C_{2r}	Wiederkehrende Varizen
C₃	Phlebödem
C_{4a}	Pigmentation oder Ekzem
C_{4b}	Lipodermatosklerose oder Atrophie blanche
C_{4c}	Corona phlebectatica
C₅	Abgeheiltes Ulkus
C₆	Florides Ulkus
C_{6r}	Wiederkehrendes florides Ulkus

CEAP steht für clinical, etiologic, anatomic und pathophysiologic classification.

C = *clinical signs*

Klinische Zeichen (Grad 0–6), ergänzt durch (A) für asymptomatische und (S) für symptomatische Präsentationen wie Schweregefühl, Schmerzen oder Spannungsgefühl.

Häufig wird im klinischen Alltag nur die C Einteilung verwendet. Neben den klinischen Zeichen (C) können noch weitere Einteilungen unternommen werden:

E = *etiological classification*

Ätiologische Klassifizierung (Ec = kongenital, Ep = primär, Es = sekundär)

A = *anatomic distribution*

Anatomische Verteilung der Venen (superfizielle, tiefe, perforans Venen) allein oder in Kombination:

As = oberflächliche Venen, As1: Besenreiser, As2: V. saphena magna oberhalb des Knies, As3: V. saphena magna unterhalb des Knies, As4: V. saphena parva, As5: Nicht-saphena-Varizen.

Ad = tiefe Venen, Ad6: V. cava inferior, Ad7: V. iliaca communis, Ad8: V. iliaca Ad9: V. iliaca externa, Ad10: Beckenvenen, Ad11: V. femoralis communis, Ad12: V. femoralis profunda, Ad13: V. femoralis, Ad14: V. poplitea, Ad15: Unterschenkelvenen, Ad16: Muskelvenen.

Ap = Perforansvenen, Ap17: Oberschenkel, Ap18: Unterschenkel.

An = nicht feststellbar

P = *pathophysiological Dysfunction*

Pathophysiologische Dysfunktion/Situation (Pr = Reflux, Po = Obstruktion, Pro = Reflux und Obstruktion, Pn = nicht feststellbar) allein oder in Kombination.⁵⁴

1.10.2 Widmer-Klassifikation

Bei der Widmer-Klassifikation handelt es sich ebenfalls um ein im deutschsprachigen Raum gängiges Instrument zur Einteilung der chronisch venösen Insuffizienz, welches von Widmer entwickelt wurde.⁵⁶ Die Widmer-Klassifikation wird zunehmend von der differenzierteren CEAP-Klassifikation abgelöst, da sie lediglich eine Gradeinteilung der Hautveränderungen vornimmt:

Grad der Hautveränderungen:

- **Grad 1:** Corona phlebectatica mit Knöchelödem
- **Grad 2:** Unterschenkelödem mit trophischen Hautveränderungen (Stauungsekzem, Hyperpigmentierung, Dermatoliposklerose, Atrophie blanche)
- **Grad 3:** Abgeheiltes (a) oder florides (b) Ulcus cruris venosum.⁵⁶

1.10.3 Venous Clinical Severity Score (VCSS)

Beim VCSS handelt es sich um ein Instrument zur Erfassung des klinischen Schweregrades einer venösen Insuffizienz. Dieses wurde vom American Venous Forum entwickelt und in insgesamt 10 Kategorien eingeteilt. Davon entfallen 9 auf Befunde wie Schmerzen, Ödeme, Varizen oder Ulzera. Die 10. Kategorie beinhaltet die Kompressionstherapie der Patienten. Jede Kategorie wird mit Punkten von 0 bis 3 bewertet (0 = kein, 1 = mild, 2 = moderat, 3 = deutlich).⁵⁷

1.11 Epidemiologie der chronischen venösen Erkrankungen

In den letzten Jahrzehnten wurden weltweit zahlreiche epidemiologische Studien zur Erhebung von chronischen Venenerkrankungen, vor allem der Varikosis und CVI, durchgeführt. Obwohl diese aufgrund verschiedener Studiendesigns nur schwer miteinander vergleichbar sind, zeigen sie dennoch die hohe Prävalenz der chronisch venösen Erkrankungen auf.⁵⁸⁻⁶⁰ Zu den bekanntesten Venenstudien gehören die Tübinger,⁶¹ die Edinburgh⁶² und die Bonner⁶³ Venenstudie.

Die Tübinger Studie wurde 1979 erhoben. Die Teilnehmer waren zwischen 20 und 75 Jahre alt. Die Datenerhebung erfolgte mittels standardisierter Fragebögen sowie der Auswertung von standardisiert erhobenen Fotografien der Beine. Die Stadieneinteilung der CVI erfolgte anhand der Widmer-Klassifikation. Keine Venenveränderung wiesen lediglich 14 % der Teilnehmenden auf. 76 % der Frauen und 57 % der Männer gaben venös bedingte Beschwerden in den Beinen an. 51 % wiesen leichte Venenveränderungen auf. Bei 15 % zeigten sich deutliche Venenveränderungen und ausgeprägte Varikosis. Bei 13 % wurde eine fortgeschrittene chronische Veneninsuffizienz bis hin zum Ulcus curis venosum festgestellt.⁶¹

Bei der Edinburgh Studie handelt es sich um eine Ende der 90er Jahre erhobene Bevölkerungsquerschnittstudie. Die 1566 Teilnehmer wurden per Zufallsstichprobe aus dem Alters- und Geschlechterregister von Allgemeinmedizinern in Edinburgh, Großbritannien ausgewählt. Diese waren zwischen 18 und 64 Jahre alt. Die Teilnehmer wurden standardisiert befragt und sowohl klinisch als auch duplexsonographisch untersucht. Wie bei der Tübinger Studie wurde die Widmer-Klassifikation verwendet. Eine CVI fand sich bei 9 % der Männer und 7 % der Frauen. Bei 32 % der Frauen und 40 % der Männer fand sich eine Stammvarikose. Über 80 % hatten Besenreiservarizen und retikuläre Venen.⁶²

Die Bonner Venenstudie wurde zwischen November 2000 und März 2002 erhoben. Untersucht wurden 3072 Probanden (1722 Frauen und 1350 Männer), die per Zufallsstichprobe aus den Einwohnermelderegistern der Stadt Bonn bzw. den zwei benachbarten ländlichen Gemeinden Alfter und Wachtberg gewählt wurden. Die Teilnehmer waren zwischen 18 und 79 Jahre alt. Es wurden standardisierte Fragebögen eingesetzt, die zum einen einen sozioökonomischen Teil und zum anderen einen phlebologischen Teil hatten. Im letzteren wurde eine Anamnese zur phlebologischen Vorerkrankungen und Vorbehandlungen sowie zur Beschwerdensymptomatik der letzten 4 Wochen erhoben. Untersucht wurden die Teilnehmer durch geschulte Ärzte. Es erfolgte eine duplexsonographische Untersuchung. Die Beine wurden zusätzlich fotografiert. Es wurde nach der CEAP-Klassifikation eingeteilt und immer nach der höchsten Ausprägung klassifiziert. Lediglich 9,6 % (6,4 % der Frauen, 13,6 % der Männer) wiesen keinerlei venöse Veränderungen auf (C0). Die Mehrzahl (59,1 %) wies das Stadium C1 auf. So wurden bei 59,5 % der Frauen und 58,4 % der Männer isolierte Teleangiektasien oder retikuläre Venen nachgewiesen. Stadium C2 wurde bei 14,4 % festgestellt. Bei 13,4 % wurden ein prätibiales Ödem sowie Venenveränderungen festgestellt (C3). Eine fortgeschrittene chronisch venöse Insuffizienz mit Hautveränderungen (C4), wie Pigmentierung, Ekzeme oder Atrophie blanche, zeigten 2,9 %. Ein geheiltes Ulcus (C5) wiesen 0,6 % und ein aktives Ulcus (C6) 0,1 % der Probanden auf. Insgesamt gaben 56,4 % der Teilnehmer Beinbeschwerden in den letzten 4 Wochen an. Schwere- und Spannungsgefühle wurden mit am häufigsten angegeben. Schmerzen nach längerem Stehen gaben 11,6 % der Probanden (24,2 % der Frauen und 14,4 % der Männer) an. 9,7 % der Probanden nannten eine beidseitige Beinschwellung und 5,1 % eine einseitige Beinschwellung. Bei 22,7 % der Teilnehmer wurde in deren Vergangenheit eine venenbezogene Behandlung, wie Operationen oder orale Medikation, durchgeführt.⁶³

Viele Studien, wie beispielsweise die beschriebene Bonner, Tübinger und Edinburgh Studie, wurden auf regionale Ebene durchgeführt. Nationale Studien, auch mit größeren Fallzahlen, sind deutlich seltener.

Eine jüngere, nationale Studie, die Ende 2021 publiziert wurde, ist die Studie von Kirsten et al.. In dieser Studie wurden 19 104 berufstätige Teilnehmer aus verschiedenen beruflichen Branchen einbezogen. Die Daten wurden zwischen 2006 und 2015 im Rahmen arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen in mittelständischen bis großen Unternehmen erhoben. Zu diesen Unternehmen gehörten sowohl Industriezweige, als auch Banken und Versicherungen. Während der Arbeitszeit erhielten die Teilnehmer eine kostenlose Venenuntersuchung. 53,5 % der Teilnehmer waren männlich. Insgesamt gingen 75,2 % der Studienteilnehmer überwiegend sitzenden Tätigkeiten nach, 6,7 % überwiegend stehenden Tätigkeiten. 77,4 % der untersuchten Personen hatten Berufe ohne körperliche Arbeit. Die Teilnehmer wurden stehend auf Anzeichen einer chronischen Venenerkrankung untersucht und anschließend erfolgte eine Doppler-Sonographie der Unterschenkel. Die Einteilung erfolgte nach der CEAP-Klassifikation. Ergänzend wurden neben den klinischen Befunden, Daten zu Vorerkrankungen und Beschwerden im Zusammenhang mit Varikosis erhoben. Es hatten 3,6 % der Teilnehmer mindestens ein klinisches Zeichen einer CVI. 2,1 % hatten Ödeme, 10,32 % Varikosis. Behandlungsempfehlungen wurden bei 22,3 % der Teilnehmer ausgesprochen. Mit 17,1 % wurde am häufigsten das Tragen von Kompressionsstrümpfen empfohlen. Während einige Studien wie die Bonner und Edinburgh Studie eine erhöhte Prävalenz von CVI bei Frauen zeigen, wurde in dieser Studie mit einer Odds Ratio von 0,66 (95 % KI 0,59–0,73) das weibliche Geschlecht als schützend angesehen.⁶⁴

Homs-Romero et al. (2021) werteten eine große Datenbank elektronischer Patientenakten der Primärversorgung in Katalonien, Spanien aus. Die Daten stammten aus 279 Primärversorgungszentren und enthielten die anonymen Daten von 5,8 Millionen Patienten. Dies entspricht etwa 15 % der spanischen und mehr als 80 % der katalanischen Bevölkerung. Die Prävalenz für chronisch venöse Erkrankungen betrug 9,54 %. Als mögliche Ursache für die im Vergleich zu anderen Studien niedrige Inzidenz der chronisch venösen Erkrankungen nennen die Autoren die Möglichkeit, dass es sich um unterdiagnostizierte Erkrankungen handelt.⁶⁵

1.12 Sozioökonomische Bedeutung der Varikose

Laut statistischem Bundesamt (Destatis) beliefen sich die Kosten für die Diagnose „Krankheiten der Venen, der Lymphgefäße und der Lymphknoten, anderenorts nicht klassifiziert“ (ICD10-I80-I89), im Jahr 2015 in Deutschland, auf 2,17 Milliarden Euro. Davon entfielen 626 Millionen Euro auf die Diagnose „Varizen der unteren Extremitäten“ (ICD10-I83).⁶⁶ In allgemeinmedizinischen Praxen liegt die Behandlungsdiagnose „Varizen der unteren Extremitäten“ (ICD10-I83) auf Rang 14.⁶⁷ Auch für die Arbeitswelt sind Varizen von großer Bedeutung. Varizen sind eine chronische und progrediente Erkrankung, die zur Arbeitsunfähigkeit (AU) bis hin zur Frühberentung führen kann. Etwa 8 % der Arbeitsunfähigkeiten, die herzkreislaufbedingt waren, entfielen auf die Diagnose Varizen. Im Jahr 2015 verursachten Varizen 94 479 Arbeitsunfähigkeitsfälle, davon entfielen etwa 60 000 auf Frauen. Die Arbeitsunfähigkeitstage summierten sich auf insgesamt 1 515 887 Tage. Pro Krankheitsfall waren die Betroffenen etwa 16,04 Tage krankgeschrieben.⁶⁸ 2015 gab es laut deutscher Rentenversicherung 58 Rentenzugänge pro 100 000 Einwohner wegen verminderter Erwerbsfähigkeit, aufgrund von Varizen der unteren Extremität. 41 entfielen hiervon auf Männer, 17 auf Frauen.⁶⁹

Die Anzahl der durch Varizen bedingten AU-Fälle steigt signifikant mit dem Alter der Beschäftigten. Auch hängt das Qualifikationsniveau, der an Varikose erkrankten Beschäftigten, von der Anzahl der AU-Tage ab. Besonders häufig arbeitsunfähig sind Arbeitnehmer in Produktionsberufen mit geringer bis mittlerer Qualifikation, unabhängig von Alter und Geschlecht. Diese verzeichnen etwa anderthalbmal so viele AU-Tage im Vergleich zu höher qualifizierten Verwaltungsangestellten. Ebenfalls anderthalb mal so häufig sind die AU-Fälle von geringer qualifizierten Verwaltungsangestellten der Altersgruppe 35–44 Jahre, im Vergleich zu höher qualifizierten Verwaltungsangestellten derselben Altersgruppe.⁷⁰ Varikose bei Stehberuflern führt außerdem häufiger zu Krankenhauseinweisungen als bei Betroffenen ohne stehende berufliche Tätigkeit.⁷¹

1.13 Medizinische Kompressionstherapie

Kompressionsstrümpfe gehören zur Basistherapie der CVI. Sie können venöse Symptome, Beschwerden und venöse Ödeme vermindern⁷²⁻⁷⁶ und so zu einer besseren Lebensqualität der Betroffenen beitragen.⁷⁷ Auch bei venösen Ödemen bei (venengesunden) Stehberuflern können Kompressionsstrümpfe diesen präventiv entgegenwirken und subjektive Beschwerden mindern.⁷⁸

Bei der Kompressionstherapie unterscheidet man einen Ruhedruck von einem Arbeitsdruck. Als Ruhedruck wird der Druck bezeichnet, den der Kompressionsstrumpf auf das liegende und ruhende Bein ausübt. Als Arbeitsdruck bezeichnet man den Druck, der der Ausdehnung des Materials, bedingt durch die Muskelkontraktion beim Stehen bzw. beim Gehen, entgegen wirkt. Die Kompressionsklassen beziehen sich auf den Ruhedruck im Fesselbereich (B-Maß). Ziele der Kompressionstherapie sind die Verminderung des venösen Querschnittes und eine Erhöhung des venösen Rückstromes. Die Reduktion des venösen Gefäßdurchmessers bewirkt neben dem erhöhten venösen Rückstrom auch eine Funktionsverbesserung der insuffizienten Venenklappen in dilatierten Venen. Durch den Druck auf das Gewebe und bestehender Ödeme erhöht sich die Rückresorption von Gewebeflüssigkeit über die venösen Schenkel der Kapillaren. Einer Neubildung der Ödeme wird so entgegengewirkt. Der erhöhte venöse Rückstrom wirkt sich außerdem positiv auf die Viskosität des Blutes aus und wirkt so antithrombotisch.¹⁷

Die Anpressdrücke der medizinischen Kompressionsstrümpfe sind international verschieden. In Deutschland sind die Anpressdrücke im B-Maß (Fesseldruck) nach RAL GZG 3872.2.6. genormt. In Deutschland sind vier verschiedene Kompressionsklassen verfügbar. Die nachfolgende Tabelle (Tab. 5) zeigt die in Deutschland gültigen Anpressdrücke der verschiedenen Kompressionsklassen.

Tabelle 5: Anpressdrücke der Kompressionsklassen. Eigene Darstellung

Kompressionsklasse	Intensität	Druck in mmHg	kPA
I	Leicht	18–21	2,4–2,8
II	Mittel	23–32	3,1–4,3
III	Kräftig	36–46	4,5–6,1
IV	Sehr kräftig	49 und größer	6,5 und größer

Die handelsüblichen medizinischen Kompressionsstrümpfe (MKS) haben eine kontinuierliche Druckabnahme von distal (Knöchelbereich) nach proximal in Richtung Herz. Diese werden auch als graduierte Kompressionsstrümpfe bezeichnet.

Für die Wirksamkeit der MKS ist neben dem Ruhedruck auch der Arbeitsdruck und damit das Material entscheidend. Je nach Material ist die Dehnbarkeit und Elastizität verschieden (Stiffness). So kann sowohl eine höhere Stiffness als auch ein höherer Ruhedruck, einen höheren Arbeitsdruck bewirken.

Handelsübliche MKS werden in unterschiedlicher Zusammensetzung aus Baumwolle, Polyamid, Elasthan, Elastodien, Microfasern und Viskose gefertigt. Die Materialstärke liegt zwischen 0,5 bis 1,4 Millimeter.

Bei der Kompressionstherapie gilt das Laplace'sche Gesetz d. h. der Druck des Kompressionsmaterials ist proportional zur Spannung/Zugkraft und umgekehrt proportional zum Radius des darunter liegenden Beines. Eine gleichmäßige Druckverteilung wäre nur bei exakt zylindrisch aufgebautem Bein möglich. Kleine Radien z. B. an den Knöcheln, sollten im Einzelfall deshalb abgepolstert werden.

Kompressionsstrümpfe können in zwei verschiedenen Strickarten gefertigt werden. Die flachgestrickten Kompressionsstrümpfe können sehr passgenau und in hoher Kompressionsstärke hergestellt werden. Die rundgestrickten Kompressionsstrümpfe werden auf einen Strickzylinder produziert und haben nur wenig Spielraum für Veränderungen. So müssen Beine mit deutlichen Umfangveränderungen wie beispielsweise bei Adipositas, tiefen Hautfalten oder

auch stark untergewichtigen Menschen, mit flachgestrickten, individuell angepassten, Strümpfen versorgt werden. Serienmaßstrümpfe, wie sie in dieser Studie verwendet wurden, werden rundgestrickt hergestellt.

Je nach Indikation kann aus vier Strumpfausführungen gewählt werden:

- Wadenstrumpf (Kniestumpf)
- Halbschenkelstrumpf
- Schenkelstrumpf
- Strumpfhose

Für jeden Strumpftyp gibt es drei verschiedene Längen (kurz, normal und lang), sodass verschiedene Beinlängen individuell versorgt werden können.

Als Kontraindikation für das Tragen von Kompressionsstrümpfen gilt laut Leitlinie für medizinische Kompressionstherapie, eine fortgeschrittene pAVK, eine dekompensierte Herzinsuffizienz (NYHA III und IV), septische Phlebitis und Phlegmasia coerulea dolens. Der Einsatz von Kompressionsstrümpfen sollte außerdem bei Unverträglichkeiten auf das Kompressionsmaterial, ausgeprägt nässender Dermatose, fortgeschrittener peripherer Neuropathien wie z. B. bei Diabetes mellitus, schweren Sensibilitätsstörungen sowie primär chronischer Polyarthritits kritisch geprüft werden. Als Nebenwirkungen von Kompressionsstrümpfen können bei sensibler Haut Juckreiz und Schuppung vorkommen. Bei unsachgemäßem Gebrauch können Hautnekrosen entstehen und Schäden an peripheren Nerven auftreten.⁷⁹

1.14 Bestimmung des Unterschenkelvolumens

Um das Unterschenkelvolumen der unteren Extremität zu messen, wurden in dieser Studie zwei unterschiedliche Messmethoden eingesetzt. Zum einen wurde das Volumen durch die Wasserplethysmographie (WP) festgestellt und als zusätzliche Messgröße wurde die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) eingesetzt.

Bei der Wasserplethysmographie wird der Unterschenkel unter standardisierten Bedingungen in ein Wasserbecken mit 25–30 °C warmem Wasser getaucht. Durch einen Kugelhahn am Becken kann das verdrängte Wasser ablaufen, gewogen und so auf das Volumen des Beines geschlossen werden. Der Vorteil dieser kostengünstigen Untersuchungsmethode besteht aus ihrer einfachen Durchführbarkeit und Reproduzierbarkeit.^{80,81} Die Volumenbestimmung von Extremitäten mittels Wasserplethysmographie gilt als Goldstandard.^{82,83}

Bei der Bioelektrischen Impedanzanalyse wird mit Hilfe von zwei Oberflächenelektroden ein nicht spürbarer, geringer Wechselstrom in die Wade eingeleitet. Ödeme (interzelluläre Flüssigkeitseinlagerungen) in den unteren Extremitäten führen zu einer Abnahme der Resistanz und diese bei konstantem Stromfluss zu einem Spannungsabfall an den Messelektroden. Durch die Impedanzänderung kann so eine Volumenänderung abgebildet werden.⁸⁴

Durch einen konstanten Wechselstrom wird im Bein ein elektromagnetisches Feld erzeugt. Der Stromfluss wird durch verschiedene Widerstände und Kondensatoren beeinflusst.⁸⁵ Der Begriff Impedanz (Z) ist als Gesamtwiderstand eines biologischen Leiters gegen den Wechselstrom zu verstehen und wird über die Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) festgestellt. Mathematisch lässt sich die Impedanz mit folgender Formel berechnen:

$$Z^2 = R^2 + Xc^2$$

Die Resistanz analysiert als reiner ohmsche Widerstand umgekehrt proportional den Körperflüssigkeitsstatus. Die Reaktanz bestimmt als kapazitiver Widerstand oder Teilwiderstand die Quantität der Körperzellmasse.⁸⁶ Die Zellmembran wirkt durch ihre Lipiddoppelschicht hierbei als Kondensator. Die Reaktanz ist somit ein Maß für den Ernährungszustand und die Körperzellmasse.⁸⁷

1.15 Zielstellung

Langes berufsbedingtes Stehen ist mit der Entwicklung von Ödemen assoziiert. Dies kann zur Entwicklung von Varizen führen.⁸⁸ Durch den progredienten Verlauf dieser Erkrankung kann es zur Ausbildung einer chronisch venösen Insuffizienz kommen. Chronisch venöse Erkrankungen führen nicht nur zu einer deutlichen Minderung der Lebensqualität, sondern haben auch große sozioökonomische Relevanz.⁸⁹

Diese Pilotstudie befasst sich mit der Fragestellung, inwieweit durch das Tragen von medizinischen (Waden-) Kompressionsstrümpfen der Klasse 1 und Klasse 2 die Ödementwicklung im Unterschenkel bei venengesunden Probanden signifikant reduziert werden kann und diese somit als mögliche Präventivmaßnahme gegen venöse Erkrankungen in der beruflichen Praxis eingesetzt werden können. Hierfür wurden venengesunde Probanden in den Altersgruppen jung (18–35 Jahre) und älter (45–67 Jahre) in einer zweistündigen Stehexposition untersucht. Jeder Proband hatte drei separate Termine mit jeweils zweistündiger Stehexposition, einmal ohne Kompressionsstrümpfe, einmal mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 1 und einmal mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 2. Die Reihenfolge war randomisiert. Außerdem wurden der Tragekomfort der Kompressionsstrümpfe und die Beinbeschwerden während der zweistündigen Stehexposition mittels Fragebögen (Likert-Skalen) erhoben, um mögliche Unterschiede zwischen den beiden Kompressionsklassen zu detektieren.

Somit ergaben sich folgende Fragestellungen:

Primäre Fragestellung:

F1: Haben MKS einen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung bei einer zweistündigen Stehexposition?

F2: Unterscheidet sich der Einfluss von MKS auf die Ödembildung bei der jungen und älteren Probandengruppe?

F3: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des Einflusses auf die Ödembildung?

Sekundäre Fragestellung:

F4: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts der MKS?

F5: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts?

F6: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden?

F7: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden?

Aus diesen Fragen wurden folgende Hypothesen für die statistischen Analysen abgeleitet:

Alternativhypothesen:

H1a: Durch MKS kann die Ödembildung signifikant bei einer zweistündigen Stehexposition reduziert werden

H1b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung ist signifikant höher bei der älteren Probandengruppe als bei der jungen Probandengruppe

H1c: MKS mit der Kompressionsklasse 2 führen zu einer signifikant geringeren Ödembildung als MKS der Kompressionsklasse 1

H1d: Die junge Probandengruppe empfindet einen signifikant höheren Tragekomfort als die ältere Probandengruppe

H1e: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu einem signifikant höheren Tragekomfort als MKS der Kompressionsklasse 2

H1f: Die junge Probandengruppe empfindet signifikant geringere Beschwerden als die ältere Probandengruppe

H1g: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu signifikant geringeren Beschwerden als MKS der Kompressionsklasse 2

Nullhypothesen:

H0a: MKS haben keinen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung bei einer zweistündigen Stehexposition

H0b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der jungen und älteren Probandengruppe

H0c: Die Kompressionsklasse 1 und 2 der MKS unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich des Einflusses auf die Ödembildung

H0d: Es gibt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts zwischen der jungen und älteren Probandengruppe

H0e: Es gibt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts zwischen den Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS

H0f: Es gibt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden zwischen der jungen und älteren Probandengruppe

H0g: Es gibt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden zwischen den Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS

Da ein höheres Lebensalter, das weibliche Geschlecht und ein erhöhter BMI als Risikofaktor einer CVI gelten, wurde noch folgende Zusatzhypothese geprüft:

H1h: Alter, Geschlecht und BMI haben einen signifikanten Einfluss auf die Ödementwicklung

H0h: Alter, Geschlecht und BMI haben keinen signifikanten Einfluss auf die Ödementwicklung.

2 Material und Methodik

2.1 Probandenkollektiv und Studiendesign

In die vorliegende Pilotstudie wurden insgesamt 32 Probanden eingeschlossen.

Rekrutiert wurden die Probanden zum einen über eine genehmigte Rundmail über den E-Mail-Verteiler der Universität Tübingen, sowie über eine, im Labor des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen, hinterlegte Probandenliste von Teilnehmern aus vorangegangenen Studien. Es handelt sich bei dem Probandenkollektiv vornehmlich um Studierende und Mitarbeiter der Universität Tübingen und deren Bekannten. Keiner der Probanden arbeitet an einem Steharbeitsplatz. Studieninteressierte wurden zunächst telefonisch oder per E-Mail über den Studienablauf informiert. Bei weiterem Interesse an einer Teilnahme erhielten die Probanden weitere detaillierte Informationen (Anhang A.1). Im Anschluss wurden mit den Studienteilnehmenden Termine für die drei Messtermine vereinbart. Zwischen jeder Messung mussten mindesten 48 Stunden liegen. Jeder Proband erhielt eine Studien-Identitätsnummer, um alle personenbezogenen Daten pseudonymisiert ermitteln zu können. Die Probanden wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Eine junge Probandengruppe und eine ältere Probandengruppe. In die jüngere Probandengruppe wurden Studienteilnehmende zwischen 18–35 Jahren, in die ältere Probandengruppe Studienteilnehmende zwischen 45–67 Jahren eingeschlossen. Die junge Probandengruppe bestand aus jeweils 10 Probandinnen und 10 Probanden. Die ältere Probandengruppe aus 11 Probandinnen und einem Proband. Jeder Studienteilnehmende hatte drei Termine im Labor des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen, mit jeweils einer zweistündigen Stehexposition. Die Probanden konnten zwischen einem Termin um 8.15 Uhr oder um 13 Uhr wählen. Alle drei Termine mussten zur selben Uhrzeit stattfinden. Vor Studienbeginn erfolgte ein separater Termin in der Hautklinik des Universitätsklinikums Tübingen. Dort wurden die Probanden auf ihre

Venengesundheit untersucht. Es erfolgte jeweils eine Stehexposition ohne Kompressionsstrümpfe, eine mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 1 und eine Stehexposition mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 2. Die Reihenfolge war randomisiert. Bei vollständiger Studienteilnahme erhielten die Probanden eine Aufwandsentschädigung von 100 Euro. Bei vorzeitigem Abbruch der Studienteilnahme wurde die Entschädigung anteilig berechnet. Die Finanzierung der Studie erfolgte hauptsächlich durch Eigenmittel des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen. Unterstützt wurde die Studie finanziell durch BSN medical GmbH. Diese stellten ebenfalls die verwendeten Kompressionsstrümpfe zur Verfügung. Die BSN medical GmbH hatte keinerlei Einfluss auf das Studiendesign, verwendete Messgrößen oder die Datenauswertung und Interpretation. Auch erhielt die Doktorandin der vorliegenden Arbeit keinerlei finanzielle Mittel. Für diese Studie liegt ein positives Votum der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität und Universitätsklinikum Tübingen vor (Projekt-Nummer: 818/2016BO2).

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

In dieser Studie wurden Probanden ohne venöse Veränderungen in der unteren Extremität eingeschlossen. Diese waren im erwerbstätigen Alter und erfüllten die psychischen und physischen Voraussetzungen, um eine Vollzeitstelle an einem Steharbeitsplatz ausüben zu können. So konnten leistungs- und bewegungseingeschränkte Personen nicht berücksichtigt werden. Ebenso wurden Personen mit schweren Systemerkrankungen wie Herz-Kreislaufkrankungen, bekannten venösen Erkrankungen, Ödemneigung oder Diabetes mellitus ausgeschlossen. Weitere Ausschlusskriterien waren akute oder chronische Schmerzen, Alkohol- oder Drogenabusus und Personen, die Analgetika oder Muskelrelaxanzien, Antihypertensiva oder gefäßerweiternde Medikamente, wie Kalziumantagonisten oder ACE-Hemmer, einnahmen.

Zudem durften keine psychiatrischen oder neurologischen Erkrankungen vorliegen. Für die Einwilligungserklärung (Anhang A.2) zur Studienteilnahme mussten die Studieninteressierten einwilligungsfähig sein und über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen.

2.3 Untersuchung in der Universitäts-Hautklinik Tübingen

Jeder Proband hatte vor Studienbeginn eine Untersuchung der Venen der unteren Extremität in der Hautklinik des Universitätsklinikums Tübingen. Dort wurden von geschultem Fachpersonal eine Doppler-Sonographie der Beinvenen und eine digitale Photoplethysmographie durchgeführt. Die Befundung erfolgte nach der CEAP-Klassifikation.

2.4 Medizinische Kompressionsstrümpfe

Die Probanden erhielten graduierte Serienkompressionsstrümpfe der Firma Jobst. Es handelte sich um Wadenstrümpfe mit einer geschlossenen Fußspitze in den Kompressionsklassen 1 und 2. Das gewählte Modell „Opaque“, Farbmodell „Caramel“, Haftbandvariante „Soft“, setzte sich in Kompressionsklasse 1 aus 64 % Polyamid und 36 % Elasthan und in Kompressionsklasse 2 aus 60 % Polyamid und 40 % Elasthan zusammen.

Am ersten Studientag wurden die Unterschenkel der Probanden im Stehen mittels Maßband vermessen und protokolliert (Anhang A.6). Dies erfolgte an festgelegten Punkten, die der folgenden Abbildung (Abb. 1) zu entnehmen sind.

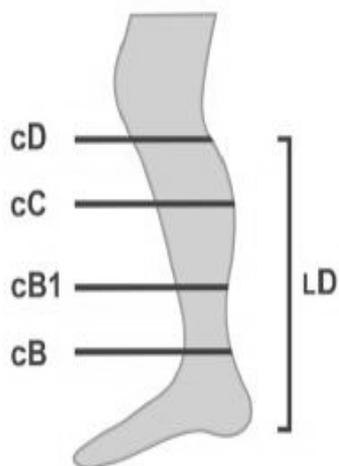


Abbildung 1: Messpunkte nach GZG-Norm modifiziert nach BSN-Jobst GmbH

Je nach ermitteltem Maß für den Unterschenkelumfang konnte aus sechs verschiedenen Größen gewählt werden. Sowie zwischen regular und petite für die Unterschenkelhöhe. Die genauen Maße für die Zuordnung der richtigen Größe der Kompressionsstrümpfe können der Tabelle (Tab. 6) entnommen werden.

Tabelle 6: Maßtabelle für Serienkompressionsstrümpfe modifiziert nach BSN-Jobst GmbH

	I	II	III	IV	V	VI
cD	27 - 33cm	29 - 36cm	32 - 39cm	34 - 42cm	36 - 45cm	38 - 48cm
cC	28 - 34cm	30 - 37cm	33 - 40cm	35 - 43cm	37 - 46cm	39 - 49cm
cB1	23 - 27cm	24 - 29cm	26 - 32cm	29 - 35cm	31 - 37cm	33 - 39cm
cB	18 - 20cm	20 - 22cm	22 - 24cm	24 - 26cm	26 - 28cm	28 - 30cm
LD	Petite: 34 - 39cm / Regular: 39 - 45cm					

2.5 Bestimmung des Unterschenkelvolumens

Zur Bestimmung des Unterschenkelvolumens gibt es verschiedene Möglichkeiten. In dieser Studie wurden sowohl die Wasserplethysmographie (WP) als auch die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) durchgeführt.

2.5.1 Wasserplethysmographische Volumenmessung

Für die Wasserplethysmographische Volumenmessung gibt es weder für die Durchführung, noch für den Wasserbehälter, in der einschlägigen Literatur einen einheitlichen Standard. So wurde die Wasserplethysmographie in dieser Studie modifiziert durchgeführt.

Bei dem eigens, für das Arbeitsmedizinische Labor hergestellten, rechteckigen Wasserbehälter, handelt es sich um eine rostfreie, 51 cm hohe, 19 cm breite und 36 cm lange, Wanne. Auf der schmalen Seite ist mittig ein Kugelauslaufhahn angebracht, der nach außen ragt. Dieser sorgt dafür, dass Wasser aus dem Inneren des Behälters, ab einer Füllhöhe über 40 cm, nach außen ablaufen kann. Der Wasserbehälter wurde ca. 30 Minuten vor jeder Messung mit frischem Leitungswasser, bis knapp über 40 cm Höhe, befüllt. Das Wasser wurde immer aus demselben Wasserhahn entnommen. Die Wassertemperatur wurde über ein Thermostat am Wasserhahn reguliert. Dieses wurde auf 28 °C eingestellt. Die Wassertemperatur im Behälter wurde zusätzlich mittels eines handelsüblichen Thermometers kontrolliert. Um die Oberflächenspannung des Wassers zu reduzieren, wurden zwei Tropfen tensidhaltiges Spülmittel (Marke Pril) in das eingelaufene Wasser gegeben. Nach dem Befüllen des Behälters wurde der Kugelhahn aufgedreht, damit das überschüssige Wasser ablaufen konnte. Die Ablaufzeit betrug 30 Minuten. Die Probanden saßen während der Messung auf einem dreh- und höhenverstellbaren Stuhl. Die Sitzhöhe wurde individuell eingestellt. Der Proband wurde angehalten, sein Bein vorsichtig in den Behälter einzutauchen und die Fußsohle mittig im Behälter zu platzieren. Außer der Fußsohle durfte

kein Teil des Beines Kontakt zum Behälter haben. Um die Fußposition zu reproduzieren, waren am Beckengrund Markierungslinien gesetzt. Am oberen Beckenrand befand sich zusätzlich eine Zentimeter-Skalierung, um den genauen Abstand des Knies zum Beckenrand zu dokumentieren. Zur Markierung dienten Wäscheklammern. Um eine Positionsänderung während der Messung zu vermeiden, wurde an der Vorderkante des Knies ein Gummiband gespannt. Dieses wurde an beiden Seiten des Behälters mittels Wäscheklammern fixiert. Der Proband wurde instruiert, sich während der Messung nicht zu bewegen. Um eine möglichst bequeme Sitzhaltung einnehmen zu können wurde dem Probanden, für das nicht gemessene Bein, ein Rollhocker zur Verfügung gestellt. Nachdem der Proband seine Position eingenommen hatte, wurde der Kugelhahn geöffnet. Die Ablaufzeit des Wassers betrug 5 Minuten. Diese wurde mittels Stoppuhr gemessen. Das abfließende Wasser wurde durch einen Messbecher aufgefangen. Dieser war aus Kunststoff gefertigt und hatte ein Fassungsvermögen von 5 Liter. Nach Ablauf der Messung wurde dieser mit einer handelsüblichen digitalen Küchenwaage (Marke Voltkraft) gewogen und so das abgelaufene Wasservolumen ($1 \text{ ml} = 1 \text{ g}$) ermittelt. Der Messbecher wurde im Anschluss geleert und mit einem Geschirrtuch trockengerieben, um Wasserrückstände zu vermeiden. Am Ende jedes Messtages wurde der Wasserbehälter mit Flächendesinfektionsmittel (Incidin Plus) gereinigt.

Die folgende Abbildung (Abb. 2) zeigt die Wasserplethysmographische Volumenmessung.

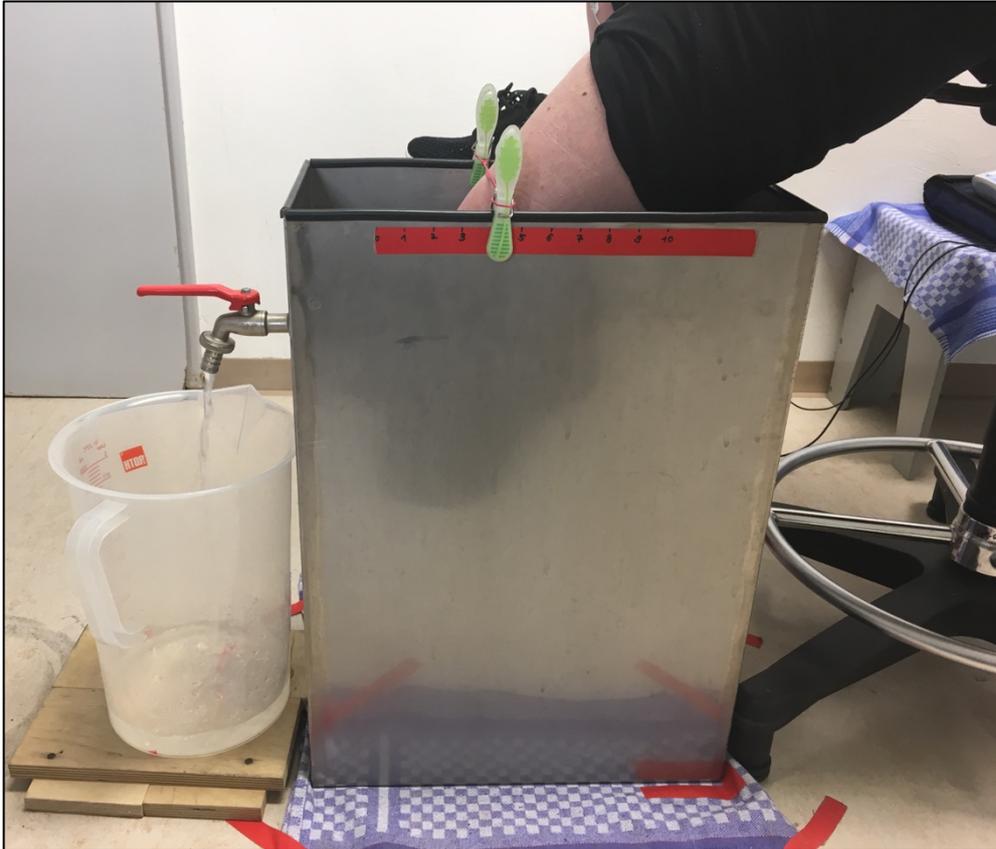


Abbildung 2: Wasserplethysmographische Volumenmessung.
Quelle: eigene Aufnahme

2.5.2 Bioelektrische Impedanzanalyse

Die bioelektrischen Impedanzmessungen fanden jeweils einseitig an demselben Unterschenkel des Probanden statt. Am Unterschenkel der anderen Seite wurde die Wasserplethymographische Volumenmessung durchgeführt. Die Seite des zu vermessenden Beines wurde am ersten Messtag randomisiert und an allen drei Messterminen beibehalten.

Während der zweistündigen Stehexposition wurden insgesamt 12 Impedanzmessungen durchgeführt. Diese dauerten jeweils 22 Sekunden und erfolgten zu Beginn der Studie (0. Minute) sowie in der 5., 10., 15., 20., 30., 45., 60., 75., 90., 100. Minute und zum Ende der Stehexposition in der 120. Minute.

Die Impedanz wurde mittels 4-Elektroden Setup erhoben. Vor der Anbringung der Elektroden wurde das entsprechende Hautareal mit einer abrasiven Paste (Nuprep, Weaver and Company) behandelt, um die Leitfähigkeit der Haut zu erhöhen. Bei stärkerer Beinbehaarung wurden diese ggf. mit einem Einmalrasierer über dem entsprechendem Hautareal entfernt. Es wurden zwei Stimulationselektroden (Klebeelektroden, 4x4 cm, Hersteller: Axion GmbH) am proximalen und distalen Ende des Musculus gastrocnemius angebracht. Medial auf den Musculus gastrocnemius wurden zwei Messelektroden (Klebeelektroden, Hersteller: Covidien Deutschland GmbH, Modell Kendall) geklebt. Die Messelektroden hatten eine aktive Fläche von 15 mm Durchmesser und waren mit einem Ag/AgCl Sensor ausgestattet. Der Abstand der Messelektroden wurde auf 25 mm festgelegt. Zusätzlich wurde eine Neutralelektrode auf dem Fibulaköpfchen, für den Potentielausgleich zwischen Messgerät und Proband, angebracht. Die Spannung wurde mit einem Digititimer DS7A Konstantstromstimulator erzeugt. Über die Stimulationselektroden wurde ein Rechteckimpuls mit wechselnder Polarität in einer durch das Gerät konstant gehaltenen Impulsstromstärke von 200 μ A und einer Impulslänge von 500 μ s angelegt. Die Spannung wurde an den Messelektroden im Frequenzbereich zwischen 800 und 1200 Hz mittels des Messgeräts „PS11“ (Firma THUMEDI, Thum, Sachsen, Deutschland)

gemessen. Wie bereits erwähnt, ist die Impedanz als Gesamtwiderstand eines biologischen Leiters gegen den Wechselstrom anzusehen. Als reiner ohmscher Widerstand analysiert die Resistance (R) umgekehrt proportional den Wassergehalt der Extremitäten. Mit steigendem Beinvolumen bei Ödembildung sinkt die Impedanz und umgekehrt. Die ermittelten Impedanzwerte werden im Weiteren in μV angegeben.

Nach Abschluss des Messtages erfolgte der Transfer der ermittelten Werte über das PS11-Datenmanipulationsprogramm auf den PC. Anschließend erfolgte die Extraktion der erhobenen 12 Messphasen aus den ermittelten Rohdaten der Impedanzmessungen. Hierfür wurden die mittleren 15 Sekunden der 22-sekündigen Messung extrahiert. Im Anschluss wurden die extrahierten Rohdaten mit der Fast Fourier Transformation (FFT) von der zeitlichen in die frequenz-basierte Darstellung konvertiert. Bei der Fast Fourier Transformation handelt es sich um einen Algorithmus zur effizienten Berechnung der Diskreten Fourier Transformation (DTF). Es wird ein zeitlich begrenzter Ausschnitt in seine Frequenzanteile zerlegt und kann so betrachtet und analysiert werden.⁹⁰ Die FFT erfolgte über eine mithilfe einer im Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung entwickelten Software. Die Impedanzwerte der einzelnen Messungen wurden in ein Textformat konvertiert und in Excel Tabellen übertragen.

An Messtagen mit Kompressionsstrümpfen wurden die Strümpfe nach Anbringung der Elektroden vorsichtig über die Elektroden gezogen. Danach wurde mit einer Pinzette der Kompressionsstrumpf über den jeweiligen Elektroden etwas angehoben und mit einem Skalpell ein kleines Loch in den Kompressionsstrumpf geschnitten. Der Proband lag hierfür bäuchlings auf einer Liege. Im Anschluss wurde das Kabel der Elektrode mittels Pinzette durch das geschnittene Loch gezogen und an das PS11-Messgerät angeschlossen. Um einen Zug auf die Elektroden zu vermeiden, wurden die Elektrodenleitungen mittels Klebestreifen (Fixomull stretch) in Entlastungsschlaufen fixiert. Das Messprotokoll ist im Anhang aufgeführt (Anhang A.5).

Die folgenden Abbildungen (Abb. 3 und 4) zeigen die an der Extremität angebrachten Elektroden für die Impedanzmessung.



Abbildung 3: Angebrachte Elektroden für die bioelektrische Impedanzmessung.
Quelle: eigene Aufnahme

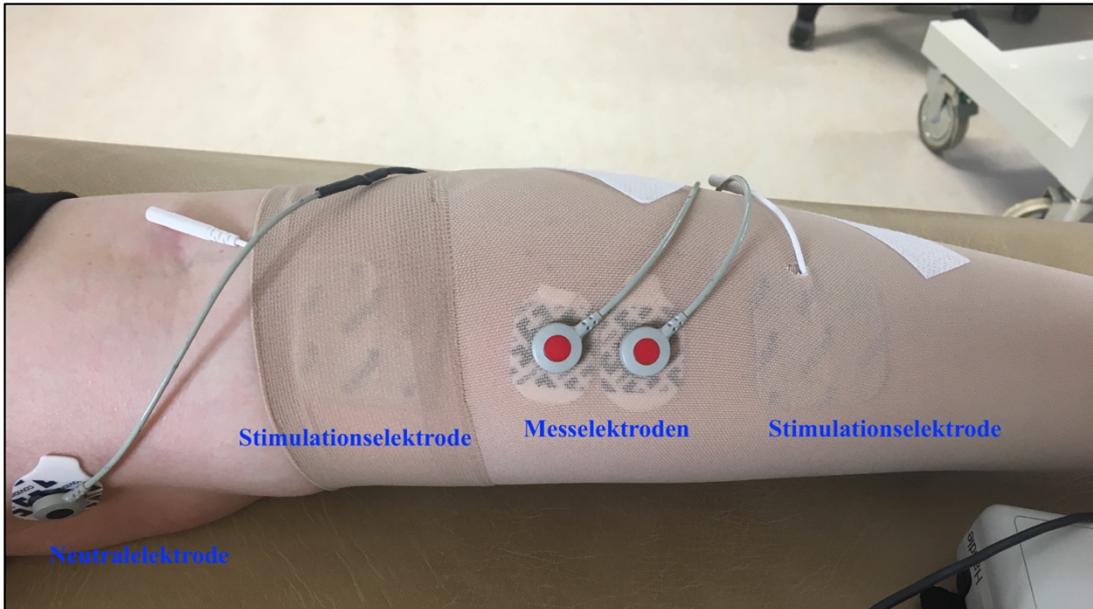


Abbildung 4: Angebrachte Elektroden für die bioelektrische Impedanzmessung mit Kompressionsstrumpf.

Quelle: eigene Aufnahme

2.6 Befragungsinstrumente

2.6.1 Anamnese

Vor Studienbeginn wurden die Probanden bereits im Vorfeld telefonisch oder per E-Mail zu allgemeinen Kriterien wie Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht und möglichen Vorerkrankungen, befragt. Am ersten Messtag nach Erhalt der Einwilligungserklärung fand eine Evaluierung der Daten statt. Größe und Gewicht wurden bestimmt und der Blutdruck wurde ermittelt, außerdem wurde eine Funktionsprüfung des Hüftgelenkes und der Gelenke der unteren Extremität durchgeführt. Die Daten wurden mittels Case Report Form (CRF) dokumentiert (Anhang A.3). Zusätzlich wurde den Probanden der Nordische Fragebogen ausgehändigt, um Muskuloskelettale Beschwerden und Vorerkrankungen zu erfassen (Anhang A.4).

2.6.2 Subjektiver Tragekomfort

An allen drei Messtagen wurden die Probanden zu dem Item „Ich habe müde / schwere Beine“ mittels vierstufiger Likert-Skala befragt. Ebenfalls mit einer vierstufigen Likert-Skala wurde das Item „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“, an Tagen mit MKS, abgefragt. Die Antwortmöglichkeiten reichten von „trifft vollständig zu,“ „trifft eher zu,“ „trifft eher nicht zu“ bis „trifft nicht zu“.

An Tagen mit MKS wurden die Probanden außerdem gefragt, ob sie sich vorstellen können, die Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen und ob sie bereits außerhalb dieser Studie Kompressionsstrümpfe getragen haben. Die Abfrage erfolgte jeweils in der 10. und 110. Minute.

In der 110. Minute bewerteten die Probanden verschiedene Eigenschaften der Kompressionsstrümpfe anhand einer zehnstufigen Likert-Skala wobei 1 „stimme gar nicht zu“ und 10 „stimme vollständig zu“ bedeutete.

Folgende 12 Items wurden bewertet:

- Der Strumpf gab Halt
- Der Strumpf saß bequem
- Die Haut juckte unter dem Strumpf
- Der Strumpf bewirkte ein Schwitzen auf der Haut
- Der Strumpf war zu eng
- Der Strumpf schnürte die Haut am Bündchen ein
- Der Strumpf schnürte die Haut am Fuß ein
- Die Feuchtigkeit staute sich unter dem Strumpf
- Die Wärme staute sich unter dem Strumpf im Wadenbereich
- Die Wärme staute sich unter dem Strumpf im Fußbereich
- Durch den Strumpf entstanden kalte Füße
- Der Strumpf rutschte

Außerdem befand sich ein freies Feld auf dem Fragebogen, in dem die Probanden eigene Anmerkungen zu den Kompressionsstrümpfen machen konnten (Anhang A.7).

2.6.3 Beschwerden

Die Erhebung der körperlichen Beschwerden wurde insgesamt fünfmal (0., 30., 60., 90. und 120. Minute), während der zweistündigen Stehexposition, durch eine mündliche Abfrage, vorgenommen. Abgefragt wurden Beschwerden im unteren Rücken, Hüfte/Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß. Es wurde eine 11-stufige Ratingskala eingesetzt, wobei 0 „nicht spürbar“ und 10 „nicht aushaltbar“, bedeuteten (Anhang A.8).

Die Probanden wurden gebeten, bequeme flache Schuhe zu tragen und diese bei allen Messungen beizubehalten. Bis auf einen Probanden der herkömmliche Halbschuhe trug, trugen alle anderen Turnschuhe. Außerdem wurden die Probanden gebeten, eine weite kurze Hose zu tragen, um Einschnürungen sowie Elektrodenstörungen zu vermeiden. Die Probanden sollten 24 Stunden vor der Messung keinen Sport treiben. Außerdem sollten die Probanden möglichst an allen drei Studientagen ein ähnliches Frühstück zu sich nehmen, um die Ergebnisse der bioelektrischen Impedanzmessung nicht zu beeinflussen.

2.7 Drop-out-Quote

Die Drop-out-Quote in dieser Pilotstudie war gering. So brach ein älterer Proband nach dem ersten Messtag die Studie aus persönlichen Gründen ab. Ein Proband der jungen Gruppe musste die erste Messung wegen einer Synkope vorzeitig beenden und schied aus der Studie aus. Zwei Studieninteressierte erhielten in der Universitäts-Hautklinik die Diagnose C2 nach der CEAP-Klassifikation und ein Studieninteressierter die Diagnose C4.

Diese Personen konnten zwar in diese Studie nicht eingeschlossen werden, wurden aber in die Folgestudie von Masterstudentin A. Griese zum Thema: „Einfluss der Kompressionsklasse von Kompressionsstrümpfen auf die Ödembildung und Beschwerden bei zweistündiger Stehexposition: Ein Vergleich zwischen Personen mit und ohne chronisch venöser Insuffizienz“, eingeschlossen.

2.8 Ablauf eines Messtages

Die Probanden fanden sich immer entweder um 8.15 Uhr oder 13 Uhr im Labor des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen ein. Am ersten Tag erfolgte, wie bereits erwähnt, die schriftliche Einwilligungserklärung, die Anamnese, die körperliche Untersuchung und das Abmessen der Unterschenkel der Probanden.

Im Anschluss erfolgte die Randomisierung der Stehbedingung (ohne, mit MKS 1 und MKS 2) sowie des Beines, an dem die Impedanzmessung durchgeführt wurde. Hierfür durfte der Proband aus einer verdeckten Kiste die Zahlen 1 bis 3 ziehen. 1 stand für Kompressionsklasse 1, 2 für Kompressionsklasse 2 und 3 für die Stehexposition ohne Kompressionsstrümpfe. Im Anschluss erfolgte eine weitere Ziehung mit den Worten links und rechts. So wurde das Bein für die Impedanzmessung bestimmt.

Vor Beginn der Messung erfolgte eine 15-minütige Hochlagerung der Beine. Dafür lag der Proband bequem auf einer Liege. Die Probanden wurden angehalten eine Dorsalflexion und Dorsalextension im Sprunggelenk durchzuführen, um die Venenpumpe zu aktivieren und somit den venösen Rückfluss zu fördern. Das für die Impedanz ausgeloste Bein, wurde wie bereits beschrieben, über dem Hautareal der Elektroden, mit einem abrasiven Gel behandelt und die Elektroden wurden angebracht. Im Anschluss begab sich der Proband von der Liege in eine stehende Position an einen Stehschreibtisch.

Es erfolgte der Anschluss der Elektroden an das PS11 (THUMEDI GmbH & CO. KG) und die Kabel der Elektroden wurden mit einem Stück Klebestreifen (Fixomull stretch) gesichert. Anschließend erfolgte die Anpassung der Stromstärke, welche immer zwischen 200 und 250 μA gewählt wurde. Nach Ermittlung der richtigen Stromstärke erfolgte die erste 22-sekündige BIA und nach zwei Minuten die zweite Messung. Die beiden Messungen dienten zur richtigen Ermittlung der Stromstärke und der Überprüfung der Verbindung zwischen der PS11 und den Elektroden. Diese Werte wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen. Die ermittelten Messwerte konnten über ein eigens entwickeltes Zeitprogramm am Laptop mitverfolgt werden. Im Anschluss erfolgte die erste Wasserplethysmographie an dem Bein, an dem keine Impedanzmessung erfolgte. Das abgelaufene Wasservolumen wurde gewogen (1 g = 1 ml) und die Werte dokumentiert.

Im Anschluss zog sich der Proband sitzend, auf der neben dem Stehschreibtisch stehenden Liege, die Kompressionsstrümpfe an. Diese wurden wie beschrieben mittels Skalpell angeschnitten, um die Elektrodenkabel an das PS11 anschließen zu können. Danach stellte sich der Proband an den Stehschreibtisch. Der Proband wurde angehalten, beide Beine gleichermaßen zu belasten und sich möglichst wenig zu bewegen. Das Abstützen oder Anlehnen am Tisch war nicht gestattet. Auf dem Stehschreibtisch stand ein Computer, an dem der Proband auf Wunsch einen Film anschauen konnte. Es erfolgte eine erneute Kontrollmessung zur Überprüfung der Signalstärke. Mit Beginn der 2. Minute (= 0. Minute in der Auswertung) wurde die Aufzeichnung der Impedanz gestartet und die Beschwerden wurden zum ersten Mal erhoben. Um später mögliche Störungen zu erkennen und den Ablauf zu dokumentieren, wurde die Stehexposition mittels einer Kamera dokumentiert, die Bilder in 5-Sekunden Intervallen aufzeichnete. Die Kamera zeichnete ausschließlich die Unterschenkel und Füße der Probanden am Stehschreibtisch auf.

Die Impedanzen wurden zunächst alle fünf Minuten (0., 5., 10., 15., 20. Minute) erhoben. Danach verlängerten sich die Intervalle zunächst auf zehn Minuten

(30. Minute) und anschließend auf 15 Minuten (45., 60., 75., 90., 105., 120. Minute).

Der Tragekomfort wurde in der 10. und 110. Minute mittels Fragebögen erhoben. Die Beschwerden wurden erneut in der 30., 60., 90. und zum Ende der Messung in der 120. Minute erhoben.

In der 90. Minute wurde das Becken für die Wasserplethysmographie erneut frisch mit Wasser befüllt und vorbereitet.

Nach Ablauf der Stehexposition zog der Proband im Sitzen die Kompressionsstrümpfe aus und es erfolgte die zweite Wasserplethysmographie. Die Zeit zwischen dem Ausziehen der Kompressionsstrümpfe und dem Beginn der 2. Messung der Wasserplethysmographie, durfte maximal 2 Minuten dauern, um Einflüsse auf die Ödementwicklung zu vermeiden. Die Zeit wurde per Stoppuhr geprüft und den Probanden ggf. beim Ausziehen der Kompressionsstrümpfe geholfen.

Nach Abschluss der Wasserplethysmographie wurde die abgelaufene Volumenmenge im Messbecher gewogen und dokumentiert, sowie das Becken entleert und gereinigt.

2.9 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurden die Statistikprogramme SPSS Version 26 für Macintosh (IBM, Armonk, NY, USA) und teilweise JMP Version 13 für Windows (SAS Inc. Cary, NC, USA) verwendet, sowie Excel für Macintosh zur Datenaufbereitung.

Zur Beantwortung der Fragestellungen bzw. statistischen Überprüfung der zu deren Beantwortung formulierten Hypothesen wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit etwaigen Voraussetzungsprüfungen durchgeführt. Voraussetzungen für die Varianzanalyse sind die Normalverteilung der Gruppen nach Shapiro-Wilk, sowie die Sphärizitätsannahme und die Varianzgleichheit nach Levene. Sollte die Sphärizität verletzt sein, wird umgehend nach Greenhouse-Geisser interpretiert. Aufgrund der niedrigeren Power von non-parametrischen Alternativverfahren wird hier dennoch mit der dreifaktoriellen Varianzanalyse weiterverfahren.

Für die statistischen Analysen beispielsweise dem Tragekomfort ohne zeitliche Veränderung wurde eine zweifaktorielle ANOVA mit zwei festen Faktoren berechnet. Die Voraussetzung der Normalverteilung, der Homoskedastizität und der Gleichheit der Fehlervarianzen nach Levene, wurden hierfür getestet.

Weiterhin wurde zur Überprüfung von einigen nominal-skalierten Fragen der Chi-Quadrat-Test gerechnet, wobei vor allem die zentrale Voraussetzung von mindestens 5 Feldangaben getestet wurde und bei Verletzung durch den exakten Test nach Fisher regelkonform ersetzt wurde.

Ebenfalls wurde eine multiple lineare Regression angewandt, um Einflüsse von metrischen und binären Daten auf wiederum metrische Daten prüfen zu können. Die zentralen Voraussetzungen der Datenbeschaffenheit wurden hier über die Cook-Distanzen für Ausreißer und die Überprüfung der Normalverteilung der Residuen getestet. Ebenfalls wurde auf Multikollinearität mittels des VIF geprüft, um etwaige Folgefehler zu vermeiden.

Alle gerechneten Korrelationen wurden mit der Pearson-Korrelation durchgeführt, um etwaige Zusammenhänge aufzudecken.

Als Signifikanzniveau wurde für die gesamte Studie ein Alpha-Niveau von einheitlich 5 % gewählt. Zu erwähnen ist hier zusätzlich, dass aufgrund der geringen Stichprobengröße alle inferenzstatistischen Berechnungen mit einem erhöhten Beta-Fehler-Risiko einhergehen. Dies bedeutet, dass nicht-signifikante Ergebnisse aufgrund von zu kleiner Stichprobenmenge zu Stande kommen und vorhandene Effekte übersehen werden können. Es ist hier von Belang unter diesem Gesichtspunkt nicht-signifikante Ergebnisse vorsichtig einzuschätzen.

Die deskriptive Statistik wird bei intervallskalierten Variablen übergreifend in Mittelwerten und Standardabweichung berechnet, während bei den Anzahlmessungen deskriptiv hauptsächlich über sogenannte Summenscores gerechnet wurde.

3 Ergebnisse

3.1 Probandenkollektiv

Es wurden die Ergebnisse von insgesamt 32 Probanden ausgewertet. Es nahmen 21 Probandinnen und 11 Probanden an der Studie teil. Die junge Probandengruppe bestand aus jeweils 10 Probandinnen und 10 Probanden. Die ältere Probandengruppe teilte sich in 11 Probandinnen und einen Proband auf.

Die Verteilung von der jungen Probandengruppe und der älteren Probandengruppe beträgt 62.5 % zu 37.5 %.

Die jüngste Versuchsperson war 19 Jahre alt, die älteste Versuchsperson war 67 Jahre alt. Der Mittelwert beträgt 37.97 Jahre ($SD = 14.65$).

Der BMI ergab einen Mittelwert von 23.04 ($SD = 2.87$). Die leichteste Person hatte einen BMI von 18.83 und die schwerste Person hatte einen BMI von 28.72.

3.2 Wasserplethysmographische Volumenmessung

Folgende Hypothesen sollen über die statistischen Analysen beantwortet werden:

H1a: Durch MKS kann die Ödembildung signifikant bei einer zweistündigen Stehexposition reduziert werden

H1b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung ist signifikant höher bei der älteren Probandengruppe als bei der jungen Probandengruppe

H1c: MKS mit der Kompressionsklasse 2 führen zu einer signifikant geringeren Ödembildung als MKS der Kompressionsklasse 1

Die Hypothesen sollen in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse hinreichend beantwortet werden. So sind der zeitliche Reduzierungsfaktor, die Altersgruppe und die Strumpf/Stehbedingung allesamt Faktoren dieser Berechnung. Der zeitliche Reduzierungsfaktor ist die Innersubjektvariable, wohingegen die Altersgruppen und die Strumpf/Stehbedingung die Zwischensubjektfaktoren markieren.

Die Voraussetzungen für die dreifaktorielle Varianzanalyse sind gegeben. Darunter fallen wie oben beschrieben die Normalverteilung aller Gruppen, Sphärizität und die Gleichheit der Fehlervarianzen nach Levene.

Ergebnisse (Tab. 7) des Tests auf Normalverteilung:

Tabelle 7: Test auf Normalverteilung der erhobenen Messwerte der Wasserplethysmographischen Volumenmessung

Test auf Normalverteilung	Strumpfbedingung	Shapiro-Wilk		
		Statistik	Df	Signifikanz
1. Wasservolumen (ml)	Ohne MKS jung	.949	21	.320
	Ohne MKS alt	.905	11	.213
	MKS 1 jung	.946	19	.332
	MKS 1 alt	.910	12	.211
	MKS 2 jung	.977	18	.912
	MKS 2 alt	.862	12	.051
2. Wasservolumen (ml)	Ohne MKS jung	.939	21	.210
	Ohne MKS alt	.916	11	.286
	MKS 1 jung	.955	19	.487
	MKS 1 alt	.927	12	.353
	MKS 2 jung	.981	18	.957
	MKS 2 alt	.909	12	.206

Die Volumenänderung über die Zeit ist signifikant $F(1, 87) = 211.057, p < .001$, partielles $\eta^2 = .708$, ebenfalls ist die Interaktion zwischen Volumenänderung und der Altersgruppe signifikant $F(2, 87) = 16.081, p < .001$, partielles $\eta^2 = .27$. Zudem ist die Interaktion aus Volumenänderung, Strumpf/Stehbedingung und Altersgruppe signifikant $F(2, 87) = 4.922, p < .05$, partielles $\eta^2 = .10$.

Nicht signifikant geworden ist jedoch der Unterschied bei den Altersgruppen $F(1, 87) = 2.795, p = 0.098$, partielles $\eta^2 = .03$ und zwischen den einzelnen Strumpf/Stehbedingungen $F(1, 87) = 0.025, p = 0.975$, partielles $\eta^2 = .00$.

Im folgenden Diagramm (Abb. 5) wird nun der spezifische Interaktionseffekt genau sichtbar. Die Stehbedingung ohne MKS hat hier einen deutlich höheren Anstieg des Volumens als die Stehbedingung mit den Klassen MKS 1 und MKS 2. Die Y-Achse stellt die Volumenzunahme des Unterschenkels in Milliliter und die X-Achse den zeitlichen Verlauf dar.

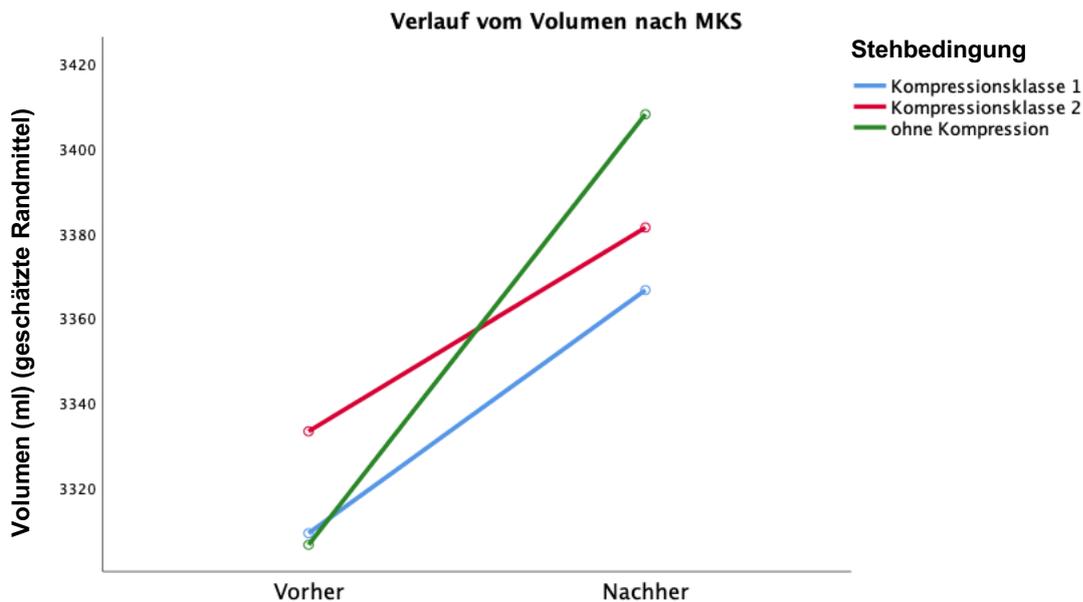


Abbildung 5: Verlauf der Volumenänderung in ml je nach Stehbedingung. Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe

Untenstehend (Abb. 6 und 7) ist dieser spezifische Interaktionseffekt nochmal nach Altersklassen unterteilt zu sehen. Sichtbar wird hier nämlich, dass in der Probandengruppe der Älteren der Anstieg für die Stehbedingung ohne MKS deutlich stärker ist als für die junge Probandengruppe.

So lässt sich die dreifache Interaktion aus Volumenänderung über die Zeit, Kompressionsklasse und Altersgruppe erklären.

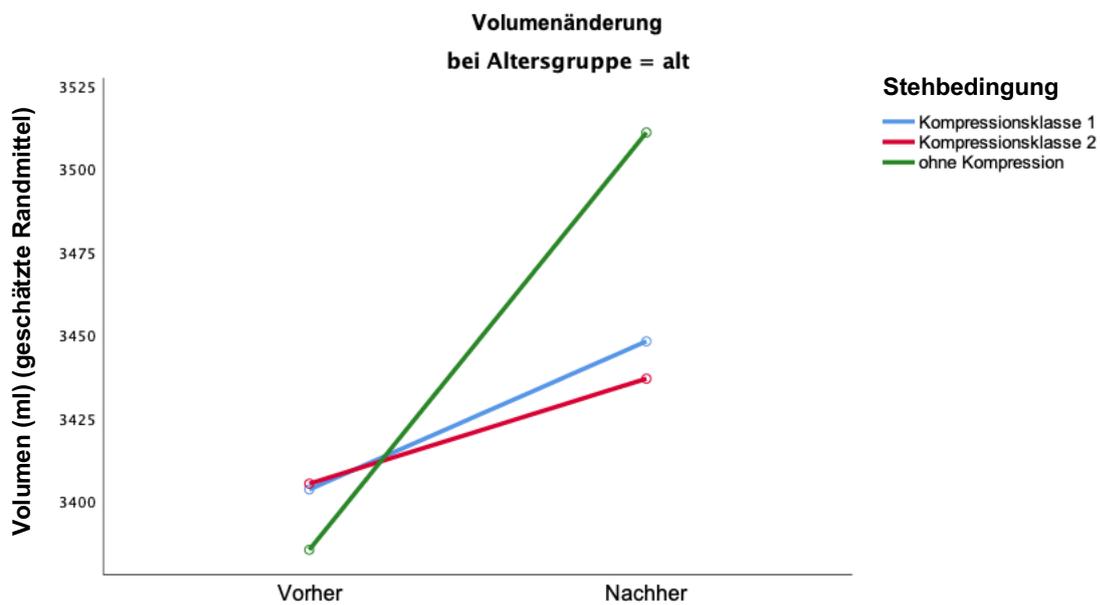


Abbildung 6: Verlauf der Volumenänderung in ml in der älteren Probandengruppe je nach Stehbedingung. Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse

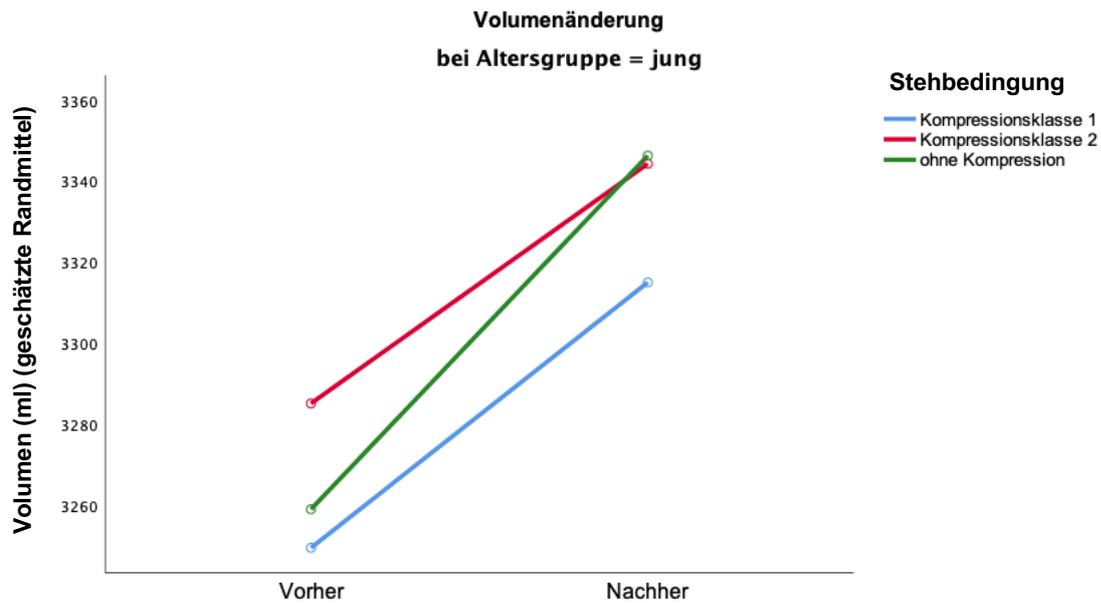


Abbildung 7: Verlauf der Volumenänderung in ml in der jungen Probandengruppe je nach Stehbedingung. Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse

Dies ist auch insofern logisch, als dass somit nur die Steigung zwischen den Gruppen signifikant ist, jedoch nicht die Stehbedingung allgemein, da alle Gruppen ähnliche Voraussetzungsbedingungen haben.

Abschließend kann also geschlussfolgert werden, dass weder die Altersgruppe, noch die Kompressionsklasse für sich stehend einen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung haben. Jedoch erhöht sich die Ödembildung über die Zeit, sodass tatsächlich von einer signifikanten Zunahme des Volumens gesprochen werden kann. Zudem erhöhen sich auch in der Interaktion die Strumpf/Stehbedingungsunterschiede über die Zeit, sodass die Bedingung ohne MKS zu einer signifikant höheren Volumenzunahme führt als MKS 1 und MKS 2.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 8) liefert eine Übersicht über die Zwischensubjekteffekte bei der dreifaktoriellen Varianzanalyse.

Tabelle 8: Zwischensubjekteffekte der dreifaktoriellen Varianzanalyse der Wasserplethysmographischen Volumenmessung

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	1998294497.754	1	1998294497.754	7291.117	.000	.988
Kompressionsklasse	13911.184	2	6955.592	.025	.975	.001
Altersgruppe	765992.899	1	765992.899	2.795	.098	.031
Kompressionsklasse * Altersgruppe (Interaktionsterm)	14138.939	2	7069.469	.026	.975	.001
Fehler	23844305.486	87	274072.477			

Aus den erhobenen Werten wurde außerdem die relative Volumenänderung in Prozent abgeleitet.

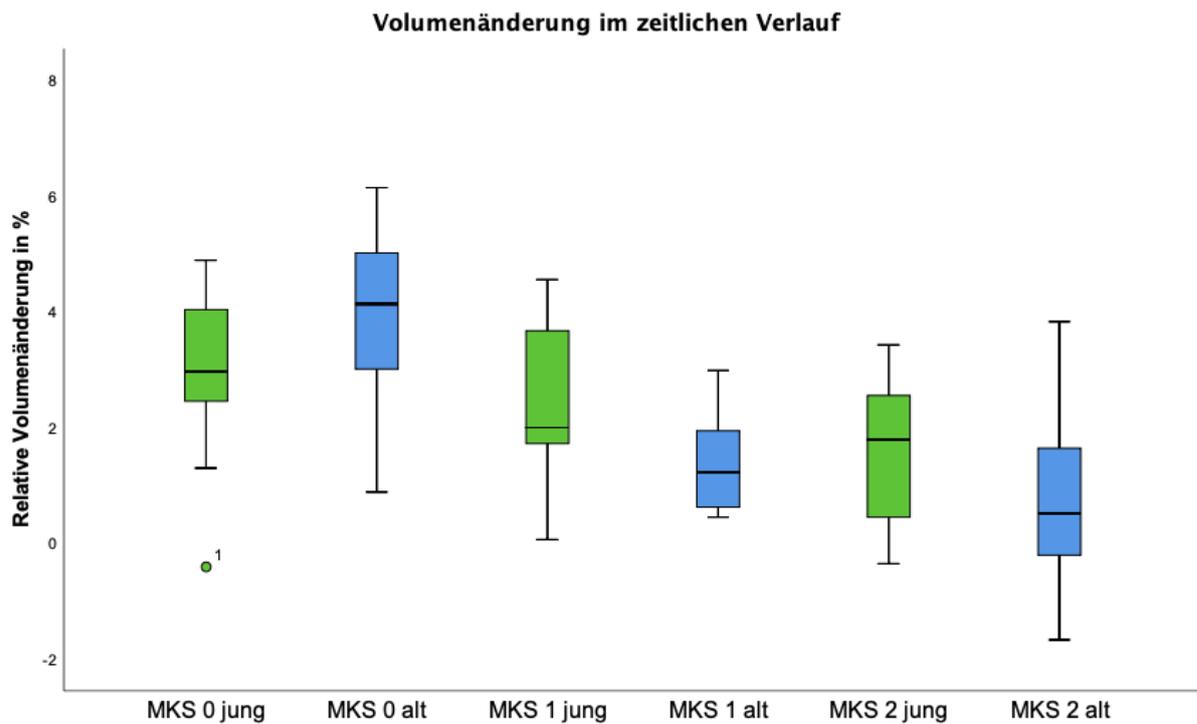


Abbildung 8: Relative Volumenänderung in % im zeitlichen Verlauf je nach Strumpf/Stehbedingung. MKS 0 = ohne medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

In der obenstehenden Grafik (Abb. 8) wird deutlich, dass sich die Boxplots der einzelnen Bedingungen nach jung und alt, sowie der Strumpf/Stehbedingung überschneiden bzw. nahe aneinander liegen, was die nicht-signifikanten Ergebnisse hier noch einmal deskriptiv veranschaulicht. Die Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf liegt höher, als die Strumpf/Stehbedingung mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 2. Die Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 1 liegt für beide Probandengruppen ähnlich hoch, wobei die ältere Probandengruppe hier etwas zurückfällt.

Die folgende Tabelle (Tab. 9) zeigt abschließend die Volumenzunahme des Unterschenkels in Milliliter, vor und nach der Stehexposition, je nach Strumpf/Stehbedingung.

Tabelle 9: Volumenzunahme in ml bei der Wasserplethysmographischen Volumenmessung, vor und nach der Stehexposition, je nach Strumpf/Stehbedingung

Altersgruppe je nach Strumpf/Stehbedingung	WP vor (ml)	WP nach (ml)
Junge ohne MKS	<i>M</i> = 3259.15 <i>SD</i> = 394.45	<i>M</i> = 3346.30 <i>SD</i> = 382.36
Ältere ohne MKS	<i>M</i> = 3385.42 <i>SD</i> = 342.86	<i>M</i> = 3511.00 <i>SD</i> = 353.91
Junge MKS 1	<i>M</i> = 3249.63 <i>SD</i> = 395.77	<i>M</i> = 3315.05 <i>SD</i> = 383.29
Ältere MKS 1	<i>M</i> = 3403.58 <i>SD</i> = 312.88	<i>M</i> = 3448.17 <i>SD</i> = 323.43
Junge MKS 2	<i>M</i> = 3285.22 <i>SD</i> = 397.45	<i>M</i> = 3344.28 <i>SD</i> = 377.17
Ältere MKS 2	<i>M</i> = 3405.33 <i>SD</i> = 356.97	<i>M</i> = 3436.92 <i>SD</i> = 347.58

Auch hier zeigte sich bei beiden Probandengruppen die höchste Volumenzunahme bei der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe. Vor allem die ältere Probandengruppe hatte hier eine deutliche mittlere Volumenzunahme von 125.58 ml. Die jüngere Probandengruppe hatte eine mittlere Volumenzunahme von 87.15 ml. Die Volumenunterschiede zwischen den Stehbedingungen mit Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklassen 1 und 2 waren hingegen nicht so ausgeprägt. Im Vergleich zu der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe, fiel unter dem Tragen von Kompressionsstrümpfen bei den älteren Probanden die Ödembildung noch geringer aus als bei der jungen Probandengruppe. So hatte die ältere

Probandengruppe im Mittel eine Volumenzunahme von 44.59 ml unter MKS 1 und eine Volumenzunahme von 31.59 ml unter MKS 2. Die jüngere Probandengruppe hatte im Mittel eine Volumenzunahme von 65.42 ml unter MKS 1 und eine Volumenzunahme von 59.06 ml unter MKS 2.

Somit gilt:

Die Hypothesen

H1a: Durch MKS kann die Ödembildung signifikant bei einer zweistündigen Stehexposition reduziert werden. Wird angenommen. Die Ödembildung unter MKS 1 und MKS 2 ist signifikant niedriger als ohne MKS

H1b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung ist signifikant höher bei der älteren Probandengruppe als bei der jungen Probandengruppe. Wird angenommen

H1c: MKS mit der Kompressionsklasse 2 führen zu einer signifikant geringeren Ödembildung als MKS der Kompressionsklasse 1. Wird abgelehnt und die Nullhypothese angenommen

Ergänzend soll noch folgende Hypothese geprüft werden:

H1h: Alter, Geschlecht und BMI haben einen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung

H0h: Alter, Geschlecht und BMI haben keinen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung

Hierfür wurde eine lineare Regression gerechnet, da die Einflüsse der einzelnen unabhängigen Variablen (UV) geprüft werden sollen. Das Geschlecht wurde für diese Hypothese binär codiert (0/1). Das Alter und der BMI sind bereits den Vorgaben entsprechend intervallskaliert. Als abhängige Variable (AV) wurde die relative Volumenänderung in Prozent verwendet. Die Normalverteilung der Residuen und die Voraussetzung der Ausreißer, überprüft durch die

Cook-Distanzen, ist gegeben. Der Variance-Inflation-Factor (VIF) ist ebenfalls im erlaubten Rahmen, sodass Multikollinearität ausgeschlossen werden kann.

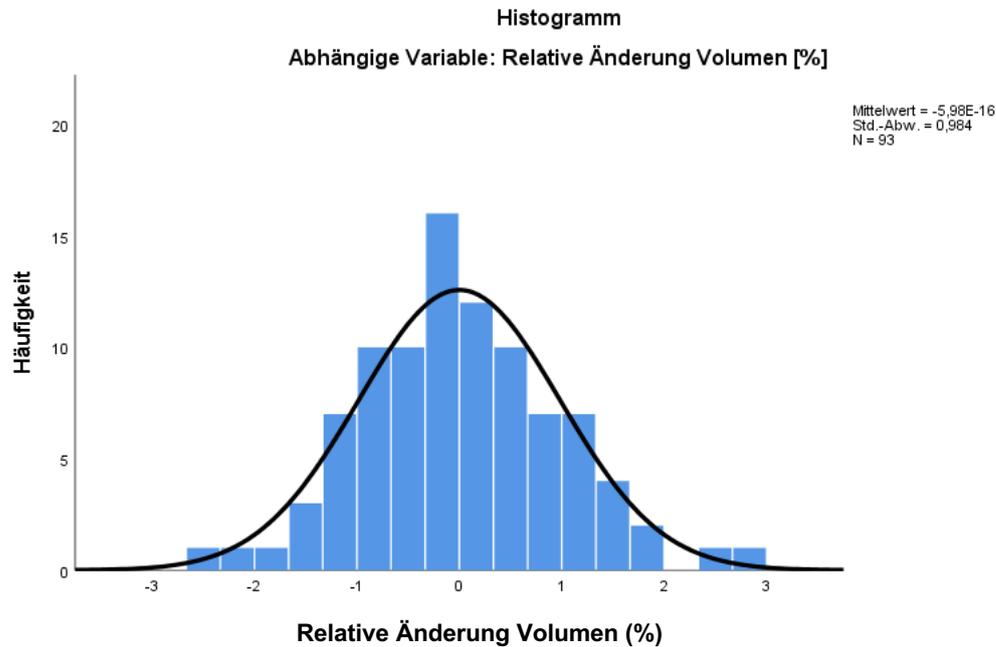


Abbildung 9: Histogramm der relativen Volumenänderung in % der Wasserplethysmographischen Volumenmessung

Die ANOVA-Tabelle zeigt kein signifikantes Ergebnis, daher wird die Rechnung an dieser Stelle abgebrochen. Zu berichten ist jedoch, dass das Ergebnis sehr knapp nicht signifikant geworden ist $F(3) = 2.441; p > .05$.

Die Toleranzwerte zeigen, dass die Voraussetzung gegeben wäre ($> .1$). Es wird trotz der Ergebnisse der ANOVA ein Blick auf die Koeffiziententabelle (vgl. Tab. 10) geworfen, um zu erkennen, welche Einflüsse signifikante Werte gehabt hätten. Das Geschlecht hätte hiernach den größten Einfluss auf die relative Volumenänderung (Ödeme) in Prozent gehabt.

Die Tabelle (Tab. 10) zeigt die Koeffizienten der Regressionsanalyse.

Tabelle 10: Koeffizienten der Regressionsanalyse

<i>Koeffizienten</i>								
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	Kollinearitätsstatistik	
		Regressionskoeffizient B	Std.-Fehler	Beta			Toleranz	VIF
1	(Konstante)	4,236	1,519		2,788	,006		
	Geschlecht	,531	,419	,158	1,267	,208	,665	1,505
	BMI	-,104	,070	-,188	-1,491	,140	,650	1,537
	Alter	,000	,014	-,003	-,020	,984	,600	1,668

Die Hypothese H1g: Alter, Geschlecht und BMI haben einen signifikanten Einfluss auf das Volumen wird abgelehnt und die Nullhypothese wird angenommen.

3.3 Bioelektrische Impedanzmessung

Hier sollen folgende Hypothesen erneut geprüft werden:

H1a: Durch MKS kann die Ödembildung signifikant bei einer zweistündigen Stehexposition reduziert werden

H1b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung ist signifikant höher bei der älteren Probandengruppe als bei der jungen Probandengruppe

H1c: MKS mit der Kompressionsklasse 2 führen zu einer signifikant geringeren Ödembildung als MKS der Kompressionsklasse 1

Die bioelektrische Impedanzmessung wurde insgesamt zwölfmal während jeder Stehexposition durchgeführt.

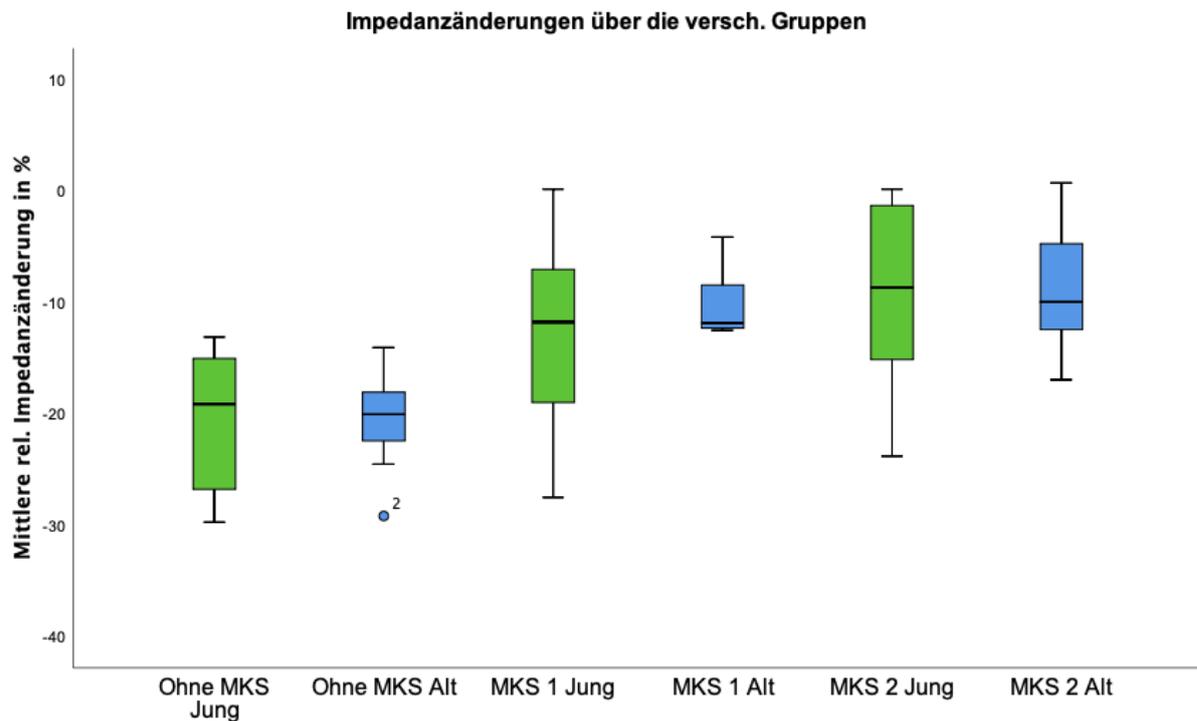


Abbildung 10: Mittelwerte der relativen Impedanzänderung in % je nach Strumpf/Stehbedingung. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Die obenstehende Graphik (Abb. 10) stellt die relative Impedanzänderung in Prozent in Abhängigkeit von der Strumpf/Stehbedingung dar (der mit 2 gekennzeichnete Kreis stellt einen Außreiser dar). So hatte die jüngere Probandengruppe unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe eine mittlere relative Impedanzänderung von -20.63% ($SD = 10.13$) die ältere Probandengruppe eine mittlere relative Impedanzänderung von -20.53% ($SD = 4.55$).

Unter der Strumpf/Stehbedingung Klasse 1 hatte die junge Probandengruppe eine mittlere relative Impedanzänderung von -16.01% ($SD = 8.07$), die ältere Probandengruppe eine mittlere relative Impedanzänderung von -21.17% ($SD = 32.00$).

Unter der Strumpf/Stehbedingung Klasse 2 hatte die junge Probandengruppe eine mittlere relative Impedanzänderung von -10.34% ($SD = 9.18$), die ältere Probandengruppe eine mittlere relative Impedanzänderung von -8.81% ($SD = 5.83$).

Die folgende Graphik (Abb. 11) zeigt die Impedanzmessung im zeitlichen Verlauf.

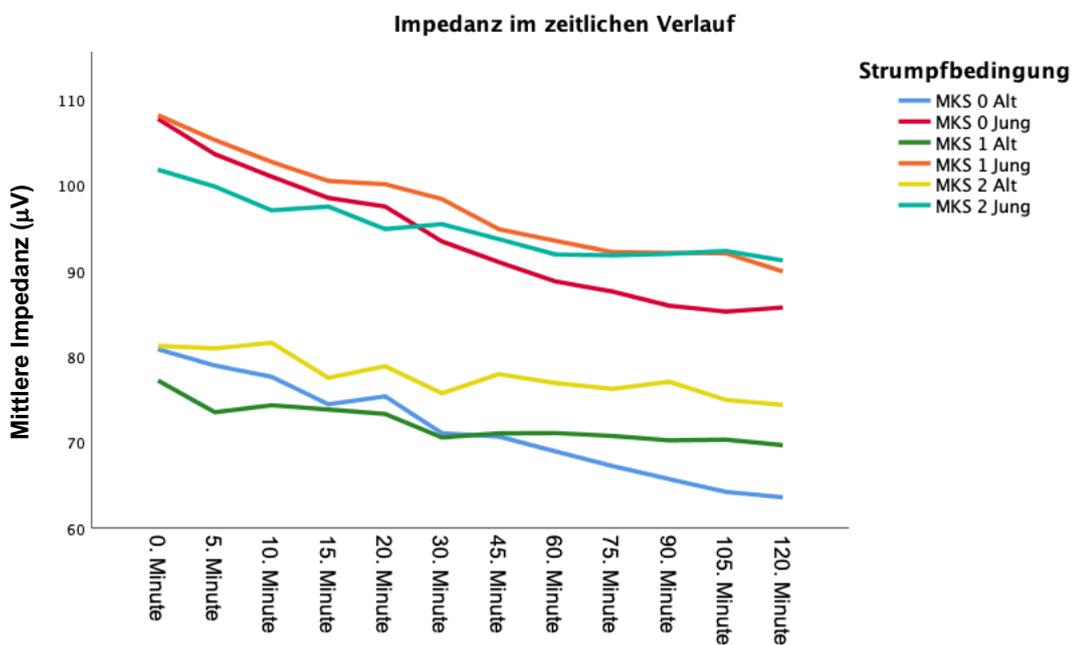


Abbildung 11: Mittelwerte der Impedanzen in μV im zeitlichen Verlauf.

MKS 0 = ohne medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Zu Beginn der Messungen liegen die Impedanzwerte bei den einzelnen Gruppen am höchsten und nehmen mit der Dauer der Stehexposition ab.

Exemplarisch wird nun der zeitliche Verlauf der Mittelwerte der Impedanzmessung für die Messzeitpunkte in der 0., 30., 60., 90. und 120. Minute beschrieben.

Zu Beginn der Messung, unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 80.85 μV ($SD = 33.42$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 107.71 μV ($SD = 18.92$).

Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 1, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 77.20 μV ($SD = 31.25$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 108.15 μV ($SD = 24.58$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 2, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 81.26 μV ($SD = 31.50$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 101.20 μV ($SD = 20.82$).

In der 30. Minute hatte die ältere Probandengruppe unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf, einen Mittelwert von 71.06 μV ($SD = 26.23$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 93.43 μV ($SD = 16.46$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 1, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 70.57 μV ($SD = 27.27$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 98.37 μV ($SD = 20.11$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 2, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 75.72 μV ($SD = 27.68$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 95.44 μV ($SD = 21.46$).

In der 60. Minute hatte die ältere Probandengruppe unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf, einen Mittelwert von 68.95 μV ($SD = 27.77$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 88.76 μV ($SD = 16.25$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 1 hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 71.09 μV ($SD = 27.22$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 93.50 μV ($SD = 18.47$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 2 hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von 76.91 μV ($SD = 33.46$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von 91.91 μV ($SD = 19.25$).

In der 90. Minute fielen die Werte der ältere Probandengruppe unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf, auf einen Mittelwert von $65.72 \mu\text{V}$ ($SD = 27.09$), die der jüngere Probandengruppe auf einen Mittelwert von $85.93 \mu\text{V}$ ($SD = 14.31$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 1 hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von $70.23 \mu\text{V}$ ($SD = 27.19$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von $92.11 \mu\text{V}$ ($SD = 18.74$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 2 hatte die ältere Probandengruppen einen Mittelwert von $77.07 \mu\text{V}$ ($SD = 34.02$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von $91.97 \mu\text{V}$ ($SD = 20.32$).

In der 120. Minute erreichten die Werte der ältere Probandengruppe unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrumpf, einen Mittelwert von $63.60 \mu\text{V}$ ($SD = 23.84$), die der jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von $85.72 \mu\text{V}$ ($SD = 16.75$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 1, hatte die ältere Probandengruppe einen Mittelwert von $69.67 \mu\text{V}$ ($SD = 27.67$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von $89.93 \mu\text{V}$ ($SD = 17.89$). Unter der Strumpf/Stehbedingung Kompressionsstrumpf der Kompressionsklasse 2, hatte die ältere Probandengruppen einen Mittelwert von $74.37 \mu\text{V}$ ($SD = 31.37$), die jüngere Probandengruppe einen Mittelwert von $91.21 \mu\text{V}$ ($SD = 21.01$).

Fasst man die Impedanzwerte der beiden Probandengruppen für die jeweilige Strumpfbedingung zusammen, sanken die Impedanzwerte am deutlichsten unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe ab. So sanken die Impedanzwerte, von Beginn der Messung (0. Minute) bis zum Ende der Messung (120. Minute), für die Stehbedingung ohne MKS, um $20.59 \mu\text{V}$ von einem Mittelwert von $99.76 \mu\text{V}$ ($SD = 26.09$) auf einen Mittelwert von $79.17 \mu\text{V}$ ($SD = 20.92$). Bei der Kompressionsklasse 1, sank die Impedanz um $15.75 \mu\text{V}$, von einem Mittelwert von $101.01 \mu\text{V}$ ($SD = 28.38$) auf $85.26 \mu\text{V}$ ($SD = 21.34$). Bei Kompressionsklasse 2, sank die Impedanz um $9.53 \mu\text{V}$, von einem Mittelwert von $95.93 \mu\text{V}$ ($SD = 25.13$) auf

86.40 μV ($SD = 25.60$). Die Ergebnisse der einzelnen 12 Messpunkte sind dem folgenden Output (Tab. 11) zu entnehmen.

Tabelle 11: Output der einzelnen Mittelwerte und Messpunkte der Impedanzmessung, zusammengefasst für beide Probandengruppen, je nach Strumpf/Stehbedingung

<i>Deskriptive Statistiken</i>				
Messpunkte	Strumpf/Stehbedingung	Mittelwert	Std.- Abweichung	N
Impedanz 0. Minute	Ohne MKS	99.7574	26.09773	324
	Klasse 1	101.0100	28.37713	312
	Klasse 2	95.9289	25.12525	336
	Gesamt	98.8360	26.58946	972
Impedanz 5. Minute	Ohne MKS	96.3085	24.37739	324
	Klasse 1	97.9358	27.77224	312
	Klasse 2	94.4375	26.22544	336
	Gesamt	96.1841	26.15430	972
Impedanz 10. Minute	Ohne MKS	94.0767	24.97967	324
	Klasse 1	96.1558	25.18169	312
	Klasse 2	92.6446	25.30378	336
	Gesamt	94.2490	25.17213	972
Impedanz 15. Minute	Ohne MKS	91.3726	23.23742	324
	Klasse 1	94.3338	25.25956	312
	Klasse 2	91.7850	25.71946	336
	Gesamt	92.4657	24.77657	972
Impedanz 20. Minute	Ohne MKS	90.9437	24.00109	324
	Klasse 1	93.9200	26.20506	312
	Klasse 2	90.2996	25.56463	336
	Gesamt	91.6764	25.28827	972

Impedanz 30. Minute	Ohne MKS	86.8007	21.68729	324
	Klasse 1	91.9558	24.03617	312
	Klasse 2	89.8082	24.19414	336
	Gesamt	89.4951	23.40624	972
Impedanz 45. Minute	Ohne MKS	84.9989	22.02860	324
	Klasse 1	89.3692	22.72695	312
	Klasse 2	89.2046	24.29686	336
	Gesamt	87.8556	23.12167	972
Impedanz 60. Minute	Ohne MKS	82.8900	21.42794	324
	Klasse 1	88.3300	21.96852	312
	Klasse 2	87.6257	24.06237	336
	Gesamt	86.2732	22.64690	972
Impedanz 75. Minute	Ohne MKS	81.5641	21.37325	324
	Klasse 1	87.2358	21.21618	312
	Klasse 2	87.3571	23.95760	336
	Gesamt	85.3872	22.39348	972
Impedanz 90. Minute	Ohne MKS	79.9404	20.32648	324
	Klasse 1	87.0588	22.02687	312
	Klasse 2	87.7168	24.83365	336
	Gesamt	84.9135	22.76083	972
Impedanz 105. Minute	Ohne MKS	79.0207	20.25926	324
	Klasse 1	87.0273	21.14856	312
	Klasse 2	87.3579	24.86179	336
	Gesamt	84.4727	22.53730	972
Impedanz 120. Minute	Ohne MKS	79.1670	20.92133	324
	Klasse 1	85.2573	21.34165	312
	Klasse 2	86.4021	24.60276	336

	Gesamt	83.6230	22.59352	972
--	--------	---------	----------	-----

Zur Überprüfung des zeitlichen Verlaufs der Impedanz hinsichtlich der Strumpf/Stehbedingungs- und Probandengruppenunterschiede wurde erneut eine dreifaktorielle Mixed ANOVA gerechnet, die zum einen die Zeitmessungen (Innersubjektfaktor) und zum anderen die Gruppenunterschiede (Zwischensubjektfaktoren) erfasst.

Die Voraussetzungen hierfür sind in diesem Fall aufgrund der Unterteilung in 3*2*12 Gruppen und der geringen Stichprobengröße nicht gegeben. So sind sowohl die Sphärizität nach Mauchly, als auch die Normalverteilung sowie die Gleichheit der Fehlervarianzen nach Levene nicht gegeben. Trotzdem wird die ANOVA weitergerechnet, da sämtliche non-parametrische Verfahren weniger Power aufweisen.

Signifikant wurde der Verlauf der Impedanz über die Zeit nach Greenhouse-Geisser $F(3.356, 3242.243) = 841.525, p < .01$, partielles $\eta^2 = .47$, sowie die Interaktion aus der Impedanz und den Strumpf/Stehbedingungen, sodass sich über den zeitlichen Verlauf die Unterschiede zwischen den Strumpf/Stehbedingungen verstärken nach Greenhouse-Geisser $F(3.356, 3242.243) = 63.861, p < .01$, partielles $\eta^2 = .06$. Auch die Interaktion aus zeitlichem Verlauf und Altersgruppe war signifikant nach Greenhouse-Geisser $F(6.713, 3242.243) = 64.158, p < .01$, partielles $\eta^2 = .12$. Und auch die Interaktion aus zeitlicher Komponente, Strumpf/Stehbedingungen und Altersgruppe war signifikant nach Greenhouse-Geisser $F(3828.996, 3242.243) = 9.495, p < .01$, partielles $\eta^2 = .02$.

Die Strumpf/Stehbedingung als Zwischensubjektfaktor (zeitliche Komponente rausgerechnet) war jedoch nicht signifikant. $F(2, 966) = 1.995, p = .14$, partielles $\eta^2 = .00$. Jedoch ergaben die Gruppenunterschiede zwischen Jung und Alt signifikante Ergebnisse $F(1, 966) = 191.165, p < .001$, partielles $\eta^2 = .17$, sodass jüngere Probanden signifikant höhere Werte bei der

Impedanzmessung aufwiesen. Die Signifikanz zwischen der jungen und älteren Probandengruppe zeigt auch der Post-Hoc (Tab. 12).

Tabelle 12: Vergleich zwischen der jüngeren und älteren Probandengruppe bei der Impedanz

Bonferroni-Post-Hoc der jungen und älteren Gruppe bei der Impedanz						
(I)Gruppe	(J)Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
Ältere >45	Jüngere < 35	-21.585	1.561	.000	-24.648	-18.521
Jüngere < 35	Ältere >45	21.585	1.561	.000	18.521	24.648

Der Post Hoc (Tab. 13) zeigt die Zusammenfassung der Impedanzwerte ohne die zeitliche Komponente. So verhält sich beispielsweise MKS 1 signifikant zu ohne MKS. Zwischen MKS 1 und MKS 2 ergab sich keine Signifikanz.

Tabelle 13: Post-Hoc der zusammengefassten Impedanzwerte nach Strumpf/Stehbedingung

Bonferroni-Post-Hoc der zusammengefassten Impedanzwerte nach Strumpf/Stehbedingung						
(I)Strumpfbedingung	(J)Strumpfbedingung	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Ohne MKS	MKS 1	-4.3957	1.70554	.030	-8.4859	-.3056
	MKS 2	-2.8106	1.67422	.281	-6.8257	1.2044
MKS 1	Ohne MKS	4.3957	1.70554	.030	.3056	8.4859
	MKS 2	1.5851	1.69053	1.000	-2.4691	5.6393
MKS 2	Ohne MKS	2.8106	1.67422	.281	-1.2044	6.8257
	MKS 1	-1.5851	1.69053	1.000	-5.6393	2.4691

In der berechneten dreifaktorielle Mixed ANOVA zeigt sich die Bestätigung, dass die Impedanzwerte im zeitlichen Verlauf signifikant abfallen. Ebenfalls ist durch die signifikante Interaktion bestätigt, dass die Impedanzwerte im zeitlichen Verlauf mit der Strumpf/Stehbedingung zusammenhängen.

In der untenstehenden Graphik (Abb. 12) ist zu sehen, dass der Interaktionseffekt von der zeitlichen Entwicklung der Impedanz und der Strumpf/Stehbedingung so ausfällt, dass die Stehbedingung ohne MKS deutlicher abfällt als die Strumpfbedingung MKS 1 und MKS 2. MKS 2 fällt weniger ab als MKS 1. Die Y-Achse zeigt die Impedanzwerte in Mikrovolt (μV). Die X-Achse bildet die zwölf Messpunkte im zeitlichen Verlauf ab.

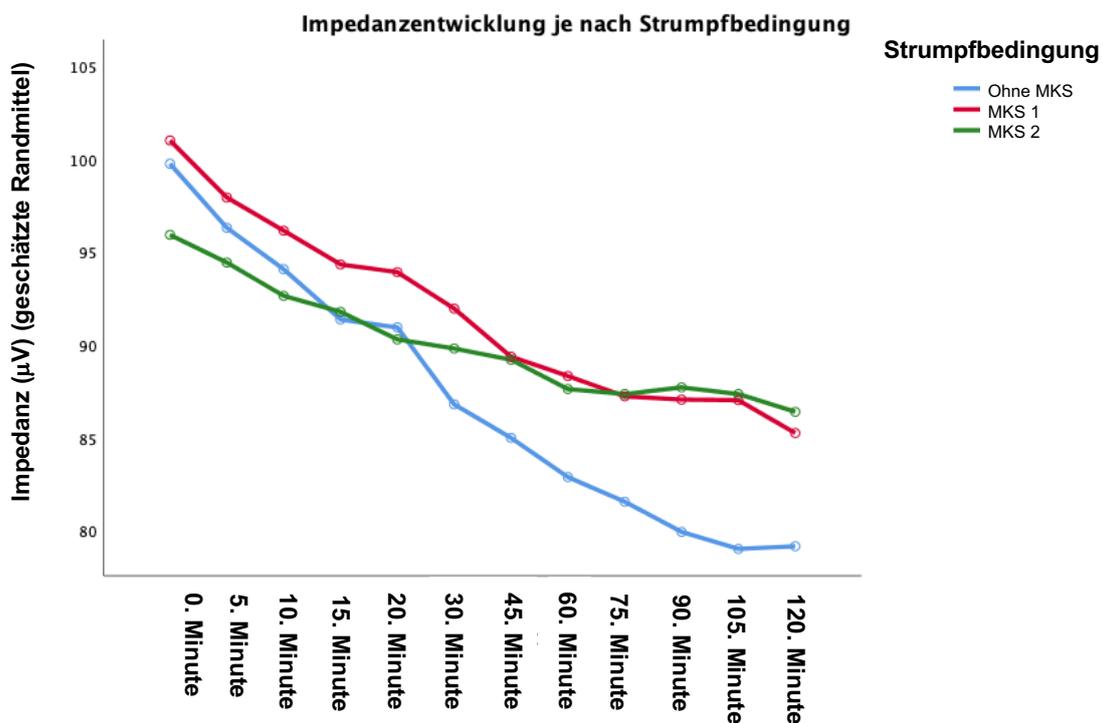


Abbildung 12: Zeitlicher Verlauf (12 Messpunkte) der Impedanzwerte in μV für beide Probandengruppen je nach Strumpfbedingung.

Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

In den beiden folgenden Graphiken (Abb. 13 und 14) wird nun gebündelt der Interaktionseffekt aus Altersgruppe, Strumpf/Stehbedingung und Impedanzverlauf deutlich. Der Unterschied zwischen den einzelnen Strumpf/Stehbedingungen ist deutlich zu erkennen. Ohne MKS fallen die Impedanzwerte deutlich steiler und tiefer ab, als unter dem Tragen von MKS. Kompressionsklasse 2 weist den geringsten Impedanzabfall auf. Die folgende Graphik (Abb. 13) zeigt den Impedanzverlauf in der älteren Probandengruppe je nach Strumpf/Stehbedingung.

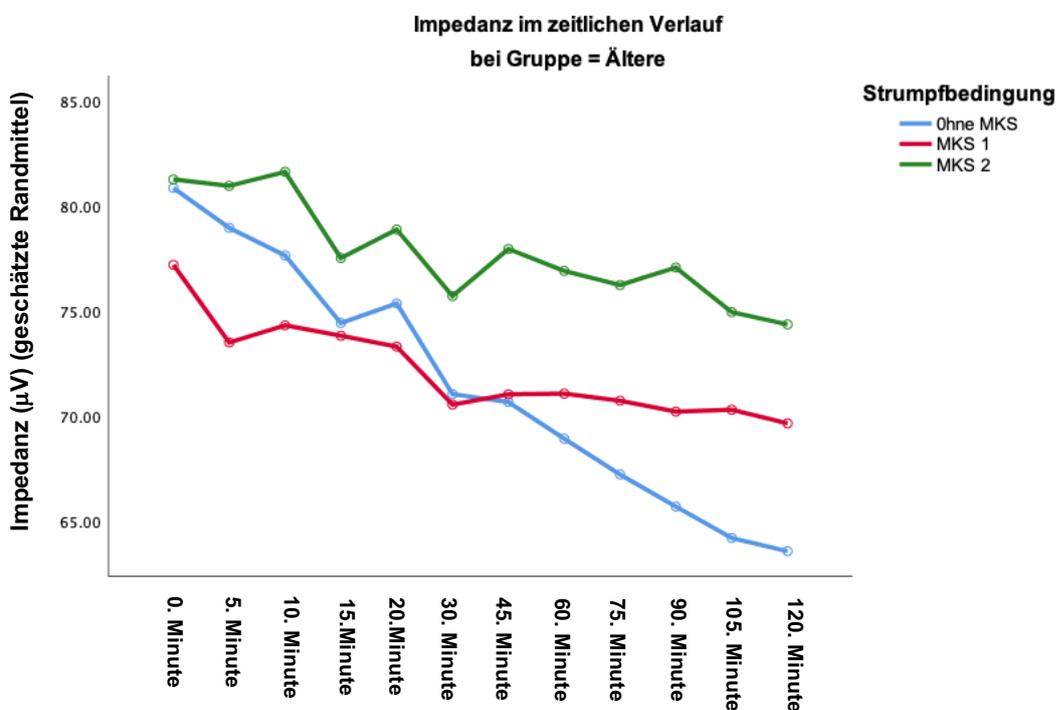


Abbildung 13: Zeitlicher Verlauf der Impedanzwerte (12 Messpunkte) in μV in der älteren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung.

Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Die folgende Graphik (Abb. 14) zeigt den Impedanzverlauf in der jüngeren Probandengruppe. Es zeigt sich auch hier, dass ohne Kompressionsstrümpfe die Impedanz am weitesten und steilsten abfällt. Die Kompressionsklassen 1 und 2 nähern sich gegen Ende der Messung an, jedoch ist Kompressionsklasse 2 minimal überlegen.

So lässt sich hier schlussfolgern, dass in der jüngeren Probandengruppe die Impedanz über die Stehbedingungen und über die Zeit hinweg steiler abfällt.

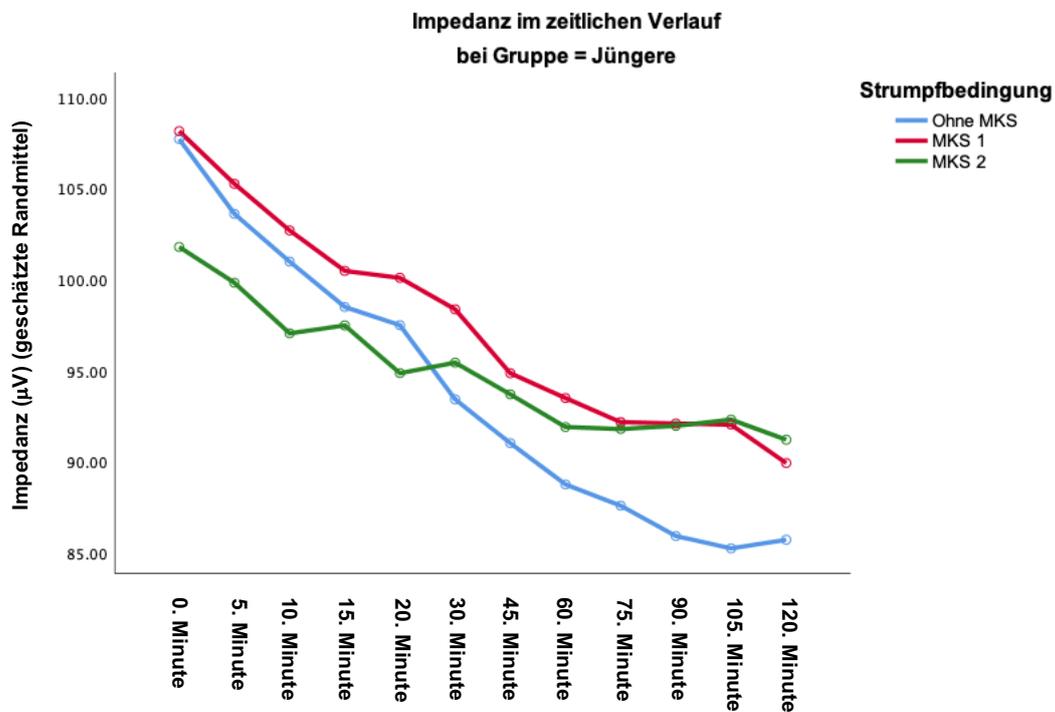


Abbildung 14: Zeitlicher Verlauf der Impedanzwerte (12 Messpunkte) in μV der jüngeren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung.

Geschätzte Randmittel ermittelt im Rahmen der dreifaktoriellen Varianzanalyse. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Abschließend lassen sich die Hypothesen wie folgt beantworten:

H1a: Durch MKS kann die Ödembildung signifikant bei einer zweistündigen Stehexposition reduziert werden. Wird angenommen

H1b: Der Einfluss der MKS auf die Ödembildung ist signifikant höher bei der älteren Probandengruppe als bei der jungen Probandengruppe. Wird angenommen

H2c: MKS mit der Kompressionsklasse 2 führen zu einer signifikant geringeren Ödembildung als MKS der Kompressionsklasse 1. Nur über die Zeitkomponente, jedoch nicht im allgemeinen Gruppenvergleich ohne die Zeit.

3.4 Subjektiver Tragekomfort

Folgende Hypothesen sollen geprüft werden:

H1d: Die junge Probandengruppe empfindet einen signifikant höheren Tragekomfort als die ältere Probandengruppe

H1e: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu einem signifikant höheren Tragekomfort als MKS der Kompressionsklasse 2

Die Probanden wurden unter jeder Strumpfbedingung gefragt, ob sie sich vorstellen können, die Kompressionsstrümpfe acht Stunden lang (also eine Arbeitsschicht) zu tragen. Die Abfragung fand jeweils zu Beginn der Stehexposition in der 10. Minute und gegen Ende der Stehexposition in der 110. Minute statt.

Die Fragestellung wird mit mehreren Rechnungen beantwortet. Zunächst wird ein Chi-Quadrat-Test gerechnet, der prüft, ob es zu den Abfragezeitpunkten in der 10. Minute und 110. Minute unterschiedliche Vorstellungen zwischen den Altersgruppen gab, die Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen. Die Kreuztabelle arbeitet hierbei mit den erwarteten Häufigkeiten, die eine Gleichverteilung zeigen würden, sowie den realen Häufigkeiten und verrechnet diese. Hierbei wird die Fisher-Korrektur genutzt, da die Voraussetzung verletzt ist, dass 5 Feldeingaben vorhanden sein müssen.

Der Chi-Quadrat-Test zeigt ein signifikantes Ergebnis $\chi^2 (1) = 19.316$, $p = < .001$, $\phi = -.554$. Phi entspricht einem großen Effekt. Die junge Probandengruppe kann sich in der 10. Minute signifikant häufiger vorstellen, Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen als die ältere Probandengruppe.

Derselbe Test wurde außerdem für den zweiten Abfragezeitpunkt in der 110. Minute berechnet, hierbei zeigen sich ähnliche Ergebnisse.

Der Chi-Quadrat-Test zeigt auch hier ein signifikantes Ergebnis $\chi^2 (1) = 18.489$, $p < .001$, $\phi = -.537$. Phi entspricht erneut einem großen Effekt. Die jüngere Probandengruppe kann sich auch hier signifikant häufiger vorstellen, Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen als die ältere Probandengruppe.

Die Probanden wurden außerdem gefragt, ob sie bereits Vorerfahrungen mit dem Tragen von Kompressionsstrümpfen haben. 31.25 % der Probanden hatten bereits Vorerfahrung mit Kompressionsstrümpfen. Es besteht kein signifikanter Zusammenhang mit der Vorerfahrung und der Zustimmung, sich vorstellen zu können, die Strümpfe 8 Stunden lang zu tragen.

Der Chi-Quadrat-Test zeigt an, dass es keinen signifikanten Unterschied für die Abfragezeitpunkte in der 10. Minute $\chi^2 = 2.677$, $p > .05$ und 110. Minute $\chi^2 = .923$, $p > .05$ (Phi wird nicht interpretiert) gibt.

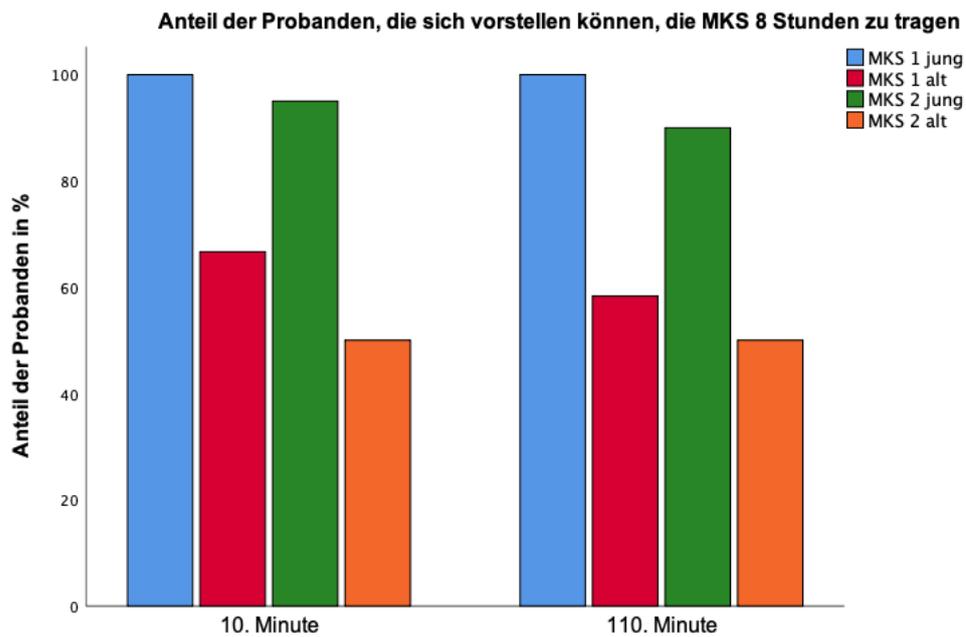


Abbildung 15: Anteil der Probanden in %, die sich vorstellen können, die medizinischen Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

In der oben gezeigten Graphik (Abb. 15) wird nochmal die unterschiedliche Akzeptanz der Kompressionsstrümpfe zwischen den beiden Probandengruppen dargestellt. Der Anteil der Probanden, die sich vorstellen können die MKS 8 Stunden lang zu tragen, blieb über die Zeit konstant. Während der Wert in den Gruppen MKS 1 jung und MKS 2 alt exakt gleichbleibend war ($\Delta = 0\%$), sank der Wert bei MKS 1 alt und MSK 2 jung minimal um 8.34 % bzw. 5 % ab.

Die Abfrage der Items „Ich habe müde / schwere Beine“ und „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“ erbrachte die folgenden Ergebnisse (Abb. 16).

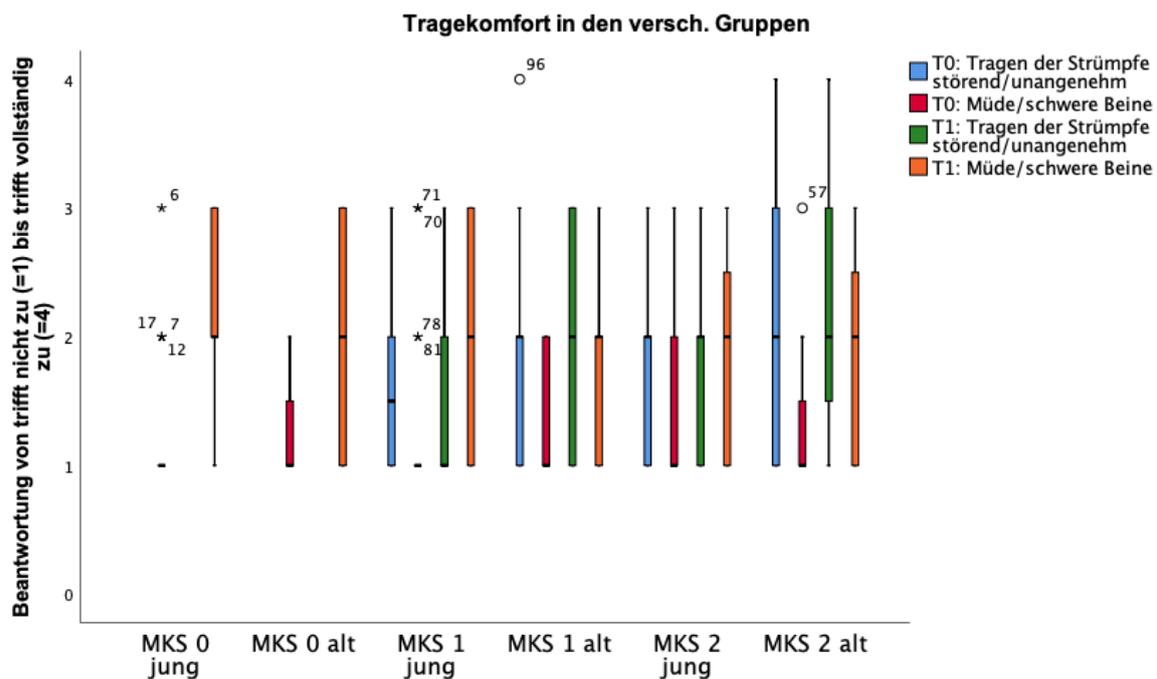


Abbildung 16: Tragekomfort der Items „Ich habe müde / schwere Beine“ und „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“.

MKS 0 = ohne medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2. T0 = Abfragezeitpunkt in der 10. Minute der Stehexposition, T1 = Abfragezeitpunkt in der 110. Minute der Stehexposition

Das Item „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“ ergab in der jungen Probandengruppe zum Abfragezeitpunkt 10. Minute (T0) unter MKS 1 einen Mittelwert von 1.55 ($SD = 0.61$) und in der älteren Probandengruppe einen Mittelwert von 1.91 ($SD = 0.94$). Unter MKS 2 ergab sich ein Mittelwert von 1.65 ($SD = 0.59$) für die jüngere Probandengruppe und 2.08 ($SD = 1.17$) für die ältere. Unter MKS 1 ergab sich zum Abfragezeitpunkt 110. Minute (T1) für die junge Probandengruppe ein Mittelwert von 1.35 ($SD = 0.59$) und in der älteren Probandengruppe ein Mittelwert von 1.91 ($SD = 0.83$). Unter MKS 2 ergab sich ein Mittelwert von 1.60 ($SD = 0.60$)

für die jüngere Probandengruppe und für die ältere ein Mittelwert von 2.17 ($SD = 0.78$).

Das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ ergab für die Stehbedingung ohne MKS zum Abfragezeitpunkt 10. Minute für die junge Probandengruppe einen Mittelwert von 1.25 ($SD = 0.55$) und für die ältere einen Mittelwert von 1.27 ($SD = 0.47$). Für den Abfragezeitpunkt in der 110. Minute ergab sich in der jungen Probandengruppe ein Mittelwert von 2.30 ($SD = 0.66$) und für die ältere Probandengruppe ein Mittelwert von 2.09 ($SD = 0.94$). Die Stehbedingung MKS 1 ergab für den Zeitpunkt 10. Minute für die junge Probandengruppe einen Mittelwert von 1.32 ($SD = 0.67$), für die ältere einen Mittelwert von 1.42 ($SD = 0.51$). Für den Abfragezeitpunkt in der 110. Minute ergab sich in der jungen Probandengruppe ein Mittelwert von 2.00 ($SD = 0.88$) und für die ältere ein Mittelwert von 1.67 ($SD = 0.65$). Die Stehbedingung MKS 2 ergab für den Zeitpunkt 10. Minute für die junge Probandengruppe einen Mittelwert von 1.47 ($SD = 0.70$), für die ältere einen Mittelwert von 1.33 ($SD = 0.65$). Für den Abfragezeitpunkt in der 110. Minute ergab sich für die junge Probandengruppe ein Mittelwert von 1.84 ($SD = 0.83$) und für die ältere ein Mittelwert von 1.83 ($SD = 0.83$). Die mit o und * gekennzeichneten Ziffern in der Graphik stellen Außreiser dar.

Zur Überprüfung der Veränderung des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ innerhalb der verschiedenen Altersgruppen und zwischen den Strumpf/Stehbedingungen wurde erneut eine dreifaktorielle Mixed-ANOVA gerechnet, in der die Veränderung die zeitliche Komponente darstellt (Innersubjektfaktor) und die Altersgruppen sowie die Strumpf/Stehbedingung die Unterschiede zwischen den Gruppen (Zwischensubjektfaktor).

Die Voraussetzungen der Varianzgleichheit der Fehlervarianzen nach Levene und die Sphärizität nach Mauchly sind gegeben, während die Normalverteilungsannahme mittels Shapiro-Wilk-Testung für alle Gruppen signifikant wurde ($p > .05$). Wie weiter oben aufgeführt wird hier trotzdem weitergerechnet.

Die zeitliche Veränderung wurde wiederum signifikant, sodass das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ über die Zeit zunahm $F(1, 87) = 58.716, p < .01$, partielles $\eta^2 = .40$. Weiterhin wurde ebenfalls wieder die Interaktion aus zeitlichem Verlauf und Strumpf/Stehbedingung signifikant $F(2, 87) = 4.040, p < .05$, partielles $\eta^2 = .09$. Nicht signifikant wurde die Interaktion aus Altersgruppe und dem zeitlichen Verlauf und die Interaktion aus zeitlichem Verlauf, Strumpf/Stehbedingung und Altersgruppe.

So ergaben sich auch bei den Zwischensubjekteffekten keine signifikanten Unterschiede bei der Altersgruppe $F(1, 87) = .530, p = .47$, partielles $\eta^2 = .01$ und bei der Strumpf/Stehbedingung $F(2, 87) = .372, p = .69$, partielles $\eta^2 = .01$.

Schlussendlich lässt sich also folgern, dass die Stehbedingung im zeitlichen Verlauf sowie der zeitliche Verlauf einen signifikanten Einfluss haben. Die Altersgruppe im zeitlichen Verlauf, die Altersgruppe für sich stehend und die Strumpf/Stehbedingung für sich stehend haben jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das Item „Ich habe müde / schwere Beine“.

Der Interaktionseffekt vom zeitlichen Verlauf kann nun anhand der untenstehenden Grafik (Abb. 17) gedeutet werden, wo sichtbar wird, dass die Probanden über die Zeit ohne MKS deutlich häufiger müde/schwere Beine angeben haben als die Probanden mit MKS. Dies wird am steileren Anstieg (Interaktion) der grünen Linie (für die Stehexposition ohne MKS) deutlich. MKS 1 wiederum hat im Vergleich zu MKS 2 einen leicht stärkeren Anstieg.

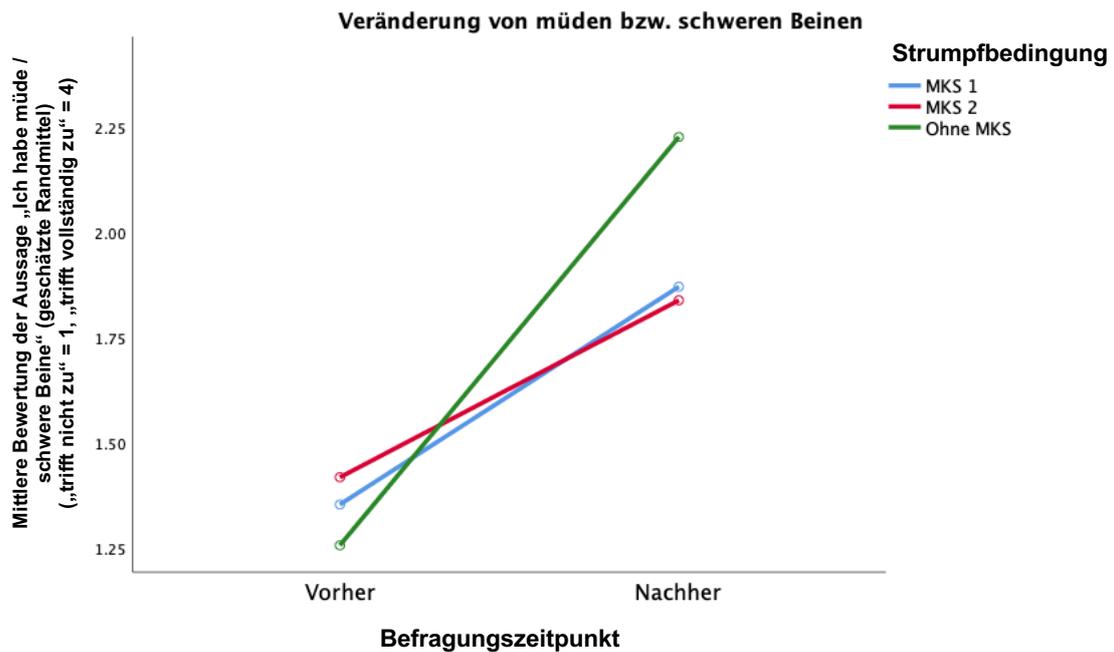


Abbildung 17: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ im zeitlichen Verlauf je nach Strumpfbedingung.

MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

In beiden untenstehenden Grafiken (Abb. 18 und 19) wird deutlich, dass es wie oben berechnet für das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ keine signifikante dreifache Interaktion aus zeitlichem Verlauf, Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung gibt.

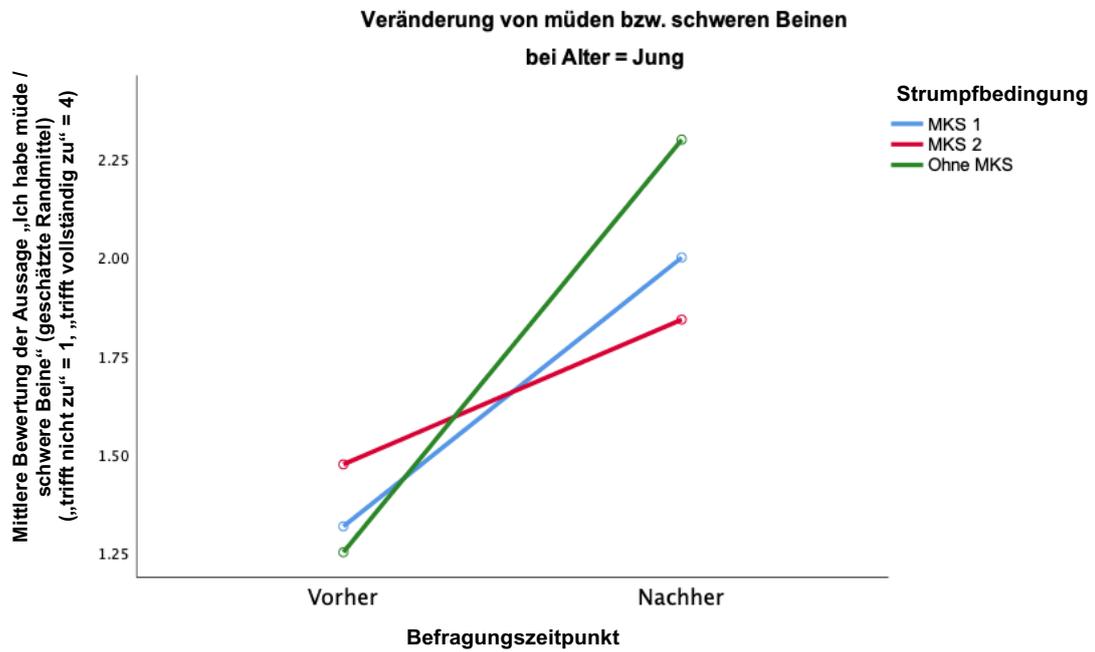


Abbildung 18: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ in der jungen Probandengruppe je nach Strumpfbedingung.

MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

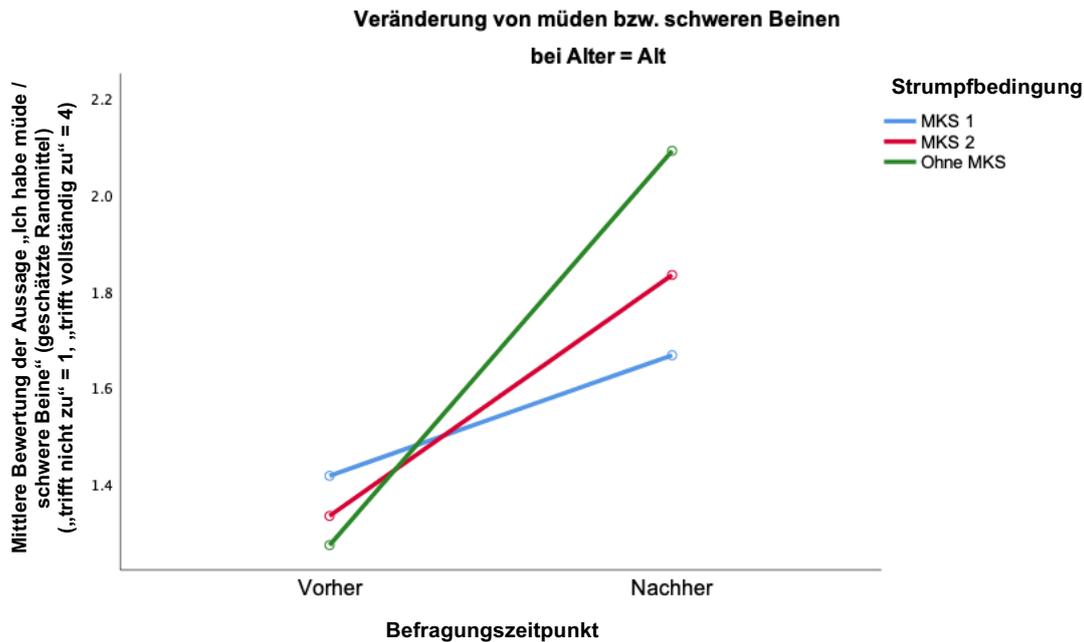


Abbildung 19: Veränderung der Mittelwerte des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ in der älteren Probandengruppe je nach Strumpfbedingung.

MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Zusätzlich wurde ebenfalls noch einmal eine dreifaktorielle mixed ANOVA zur Ergründung der Veränderung des Tragekomforts hinsichtlich des Items „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“ berechnet, in der die Veränderung von dem Abfragezeitpunkt in der 10. Minute zu dem Abfragezeitpunkt in der 110. Minute die zeitliche Komponente darstellt (Innersubjektvariable) und die Strumpfbedingung sowie Altersgruppen die festen Faktoren darstellen (Zwischensubjektvariablen).

Die Voraussetzung der Normalverteilung war für diese Berechnung in der jungen Gruppe und in der Gruppe der älteren Probanden verletzt, während der Levene-Test für Varianzgleichheit für den ersten Zeitpunkt knapp nicht gegeben war, jedoch für den zweiten Zeitpunkt schon. Die Sphärizität konnte angenommen werden ($p > .05$) (vgl. Tab. 14).

Tabelle 14: Übersicht der Signifikanzen zur Berechnung des Items „Ich empfinde das Tragen der Stümpfe als störend / unangenehm“

Übersicht der Signifikanzen					
Quelle		df	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Veränderung	Sphärizität angenommen	1	.457	.502	.008
Veränderung *	Sphärizität angenommen	1	.896	.348	.015
Klasse					
Veränderung * Alter	Sphärizität angenommen	1	1.829	.181	.030
Veränderung *	Sphärizität angenommen	1	.073	.788	.001
Klasse * Alter					
Fehler (Veränderung)	Sphärizität angenommen	59			

Im Gegensatz zu der Untersuchung des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ ergaben sich hier für keine der Faktoren Signifikanzen. Weder die Veränderung des unangenehmen Gefühls beim Tragen $F(1, 59) = 0.457, p = .50$, partielles $\eta^2 = .01$, noch die Veränderung über die Zeit nach Strumpf/Stehbedingung $F(1, 59) = 0.896, p = .35$, partielles $\eta^2 = .02$ oder Altersgruppe $F(1, 59) = 1.829, p = .18$, partielles $\eta^2 = .03$. Folglich konnte auch keine Signifikanz über die Interaktion aus der zeitlichen Veränderung, der Strumpfbedingung und der Altersgruppe $F(1, 59) = 0.073, p = .79$, partielles $\eta^2 = .00$, gefunden werden.

Die folgende Graphik (Abb. 20) stellt die Mittelwerte der abgefragten zwölf Items zum Tragekomfort dar.

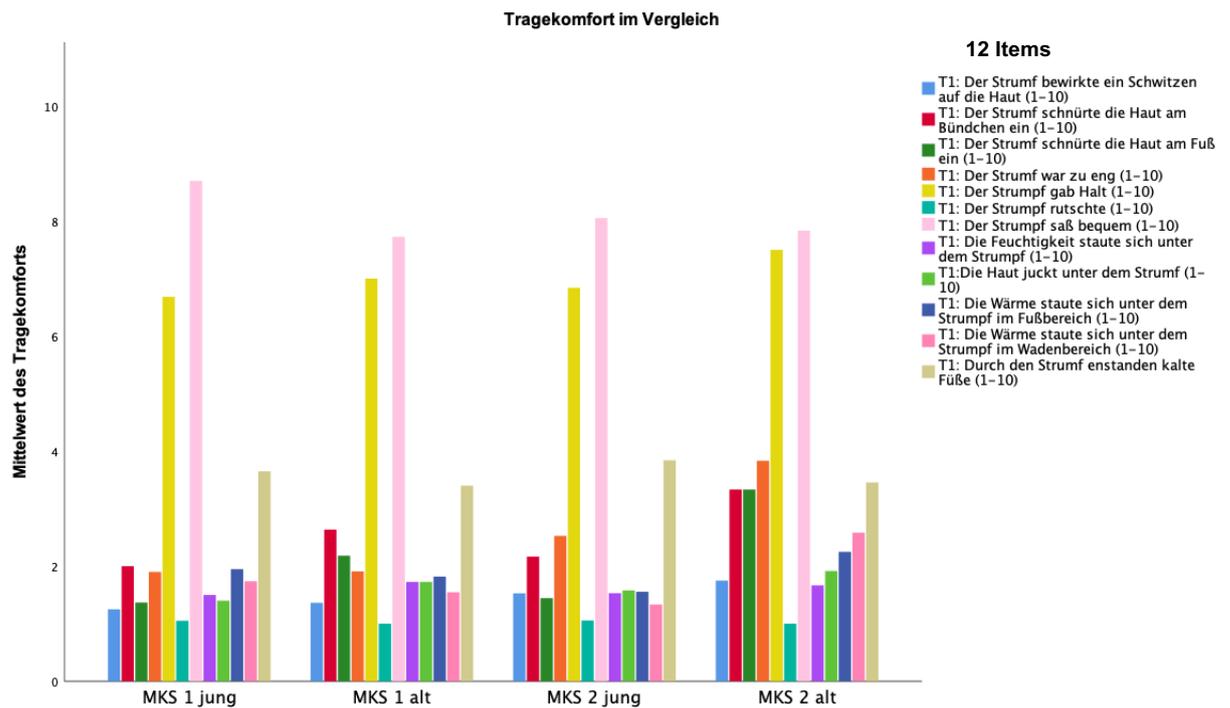


Abbildung 20: Mittelwerte des Tragekomforts (12 Items).

MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2. T1 = Abfragezeitpunkt der Items in der 110. Minute der Stehexposition

Der Tragekomfort im Vergleich zwischen den Kompressionsklassen 1 und 2 und aufgeteilt nach den Altersgruppen liefert zwischen den Gruppen relativ deckungsgleiche Ergebnisse. So sind die durchschnittlichen Werte des Tragekomforts bei allen Gruppen übergreifend in den Fragestellungen nach Bequemlichkeit und Halt am höchsten. Der Höchstwert ergab sich hier für das Item „Der Strumpf saß bequem“ in der Gruppe der Jüngeren mit MKS 1 ($Max = 8.7$). Ebenfalls stellten gruppenübergreifend rutschende Strümpfe keine Problematik dar, so auch in der Gruppe der Älteren mit MKS 1 ($Min = 1.0$).

Das Item „Der Strumpf gab halt“ erreichte für MKS 1 einen Mittelwert von 6.68 ($SD = 2.62$) in der jüngeren Probandengruppe, in der älteren einen Mittelwert von 7.00 ($SD = 2.52$). Für MKS 2 ergab sich in der jungen

Probandengruppe ein Mittelwert von 7.25 ($SD = 2.51$) bzw. für die ältere Probandengruppe ein Mittelwert von 7.30 ($SD = 2.73$).

Das Item „Der Strumpf saß bequem“ erreichte für MKS 1 einen Mittelwert von 8.74 ($SD = 1.19$) in der jüngeren Probandengruppe, in der älteren einen Mittelwert von 7.72 ($SD = 2.65$). Für MKS 2 ergab sich ein Mittelwert von 8.13 ($SD = 1.92$) in der jungen bzw. ein Mittelwert von 7.72 ($SD = 2.53$) in der älteren Probandengruppe.

Zur weiteren Überprüfung, ob die Strumpfbedingung und die Altersgruppe sich hinsichtlich des Tragekomforts unterscheiden, wurde in diesem Fall eine zwei-faktorielle ANOVA berechnet, in der der Mittelwert des Tragekomforts über alle 12 Items gebildet (abhängige Variable) und dann hinsichtlich Altersgruppe sowie Strumpfbedingung unterschieden wurde (unabhängige Variablen als feste Faktoren).

Die Voraussetzungen für die zwei-faktorielle ANOVA waren hierfür hinsichtlich der Normalverteilung in den Gruppen für die Jüngeren gegeben, jedoch nicht für die Älteren. Ebenfalls war der Test auf Varianzgleichheit nach Levene verletzt und die Heteroskedastizität nach White, wobei zur Absicherung mit robusten Standardschätzern (HC3) gearbeitet wurde (vgl. Tab. 15).

Tabelle 15: Übersicht der Signifikanzen des Tragekomforts

Quelle	df	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Alter	1	1.165	.285	.019
Klasse	1	1.702	.197	.028
Alter * Klasse	1	.545	.463	.009
Fehler	60			

Auch bei der Untersuchung des Tragekomforts (gesamt mit allen 12 Items) kamen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Altersgruppen,

$F(1, 60) = 1.165, p = .285$, partielles $\eta^2 = .02$, der Strumpfbedingung
 $F(1, 60) = 1.702, p = .197$, partielles $\eta^2 = .03$ oder aus der Interaktion aus
Altersgruppe und Strumpfbedingung zusammen $F(1, 60) = 0.545, p = .463$,
partielles $\eta^2 = .01$.

Die Hypothesen können wie folgt beantwortet werden:

H1d: Die junge Probandengruppe empfindet einen signifikant höheren
Tragekomfort als die alte Probandengruppe. Wird abgelehnt und die
Nullhypothese angenommen

H1e: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu einem signifikant höheren
Tragekomfort als MKS der Kompressionsklasse 2. Wird abgelehnt und die
Nullhypothese angenommen.

3.5 Beschwerden

Folgende Hypothesen sollen geprüft werden:

H1f: Die junge Probandengruppe empfindet signifikant geringere Beschwerden
als die ältere Probandengruppe

H1g: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu signifikant geringeren
Beschwerden als MKS der Kompressionsklasse 2

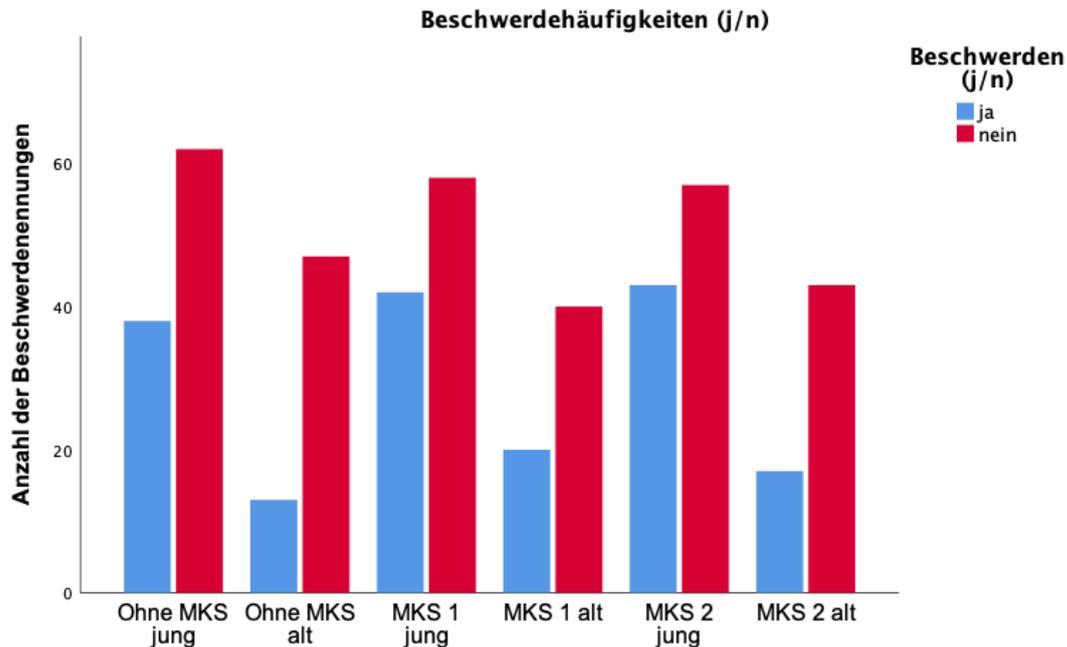


Abbildung 21: Anzahl der insgesamt Beschwerdehäufigkeit ja/nein.

MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Die obenstehende Graphik (Abb. 21) beschreibt die Anzahl der insgesamt Beschwerdeangaben während der Stehexposition in den abgefragten Regionen unterer Rücken, Hüfte/Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß.

So gab die junge Probandengruppe 38-mal und die ältere Probandengruppe 13-mal Beschwerden während des Stehens ohne Kompressionsstrümpfe an. Unter der Stehbedingung Kompressionsklasse 1 wurde von der jüngeren Probandengruppe 43-mal Beschwerden genannt und 17-mal von der älteren Probandengruppe. 42 Beschwerdenennungen gab es in der jungen Probandengruppe unter Kompressionsklasse 2 und 20 in der älteren Probandengruppe. Es ist also ein leichter Anstieg der Beschwerdennennungen unter dem Tragen von Kompressionsstrümpfen abzulesen. Bei der Interpretation der unterschiedlichen Häufigkeit der Nennungen bezüglich des Auftretens von Beschwerden zwischen den Probandengruppen jung und älter, ist die unterschiedliche Gruppengröße der Probandengruppe zu beachten.

Die folgende Graphik (Abb. 22) zeigt die relative Beschwerdebhäufigkeit in Prozent je nach Steh/Strumpfbedingung.

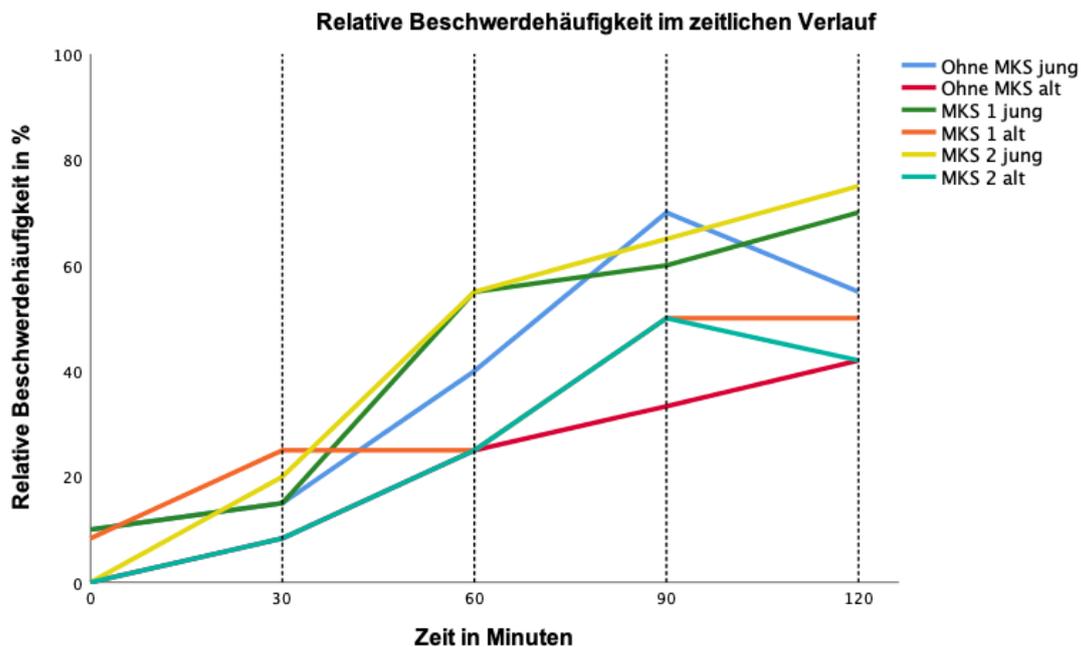


Abbildung 22: Relative Beschwerdebhäufigkeit in Prozent im zeitlichen Verlauf je nach Stehbedingung. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinischer Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Die prozentualen Werte im relativen Verlauf zeigen einen Anstieg der relativen Beschwerdebhäufigkeit an, sodass alle Gruppen kontinuierlich steigen.

So steigern sich alle Gruppen zumeist kontinuierlich über den zeitlichen Verlauf. Während die Kompressionsklasse 2 der jüngeren Probandengruppe einen starken Anstieg auf 75 % in der 120. Minuten durchläuft, hat die Steigerung bei der Kompressionsklasse 2 und ohne MKS der älteren Probandengruppe einen moderaten Verlauf (42 % Steigerung). Den stärksten Anstieg haben fast alle Stehbedingungen zwischen der 30. und der 60. Minute mit Ausnahme von MKS 1 bei den Älteren, wo dies eine Plateau-Phase einläutet ($\Delta = 0 \%$).

Die Tabelle (Tab. 16) zeigt die relative Beschwerdehäufigkeit in Prozent zusammengefasst.

Tabelle 16: Zusammenfassung der Beschwerdehäufigkeit in Prozent

Abfragezeitpunkte	Ohne MKS jung	Ohne MKS alt	MKS 1 jung	MKS 1 alt	MKS 2 jung	MKS 2 alt
0. Minute	10.00	0.00	10.00	8.33	0.00	0.00
30. Minute	15.00	8.33	15.00	25.00	20.00	8.33
60. Minute	40.00	25.00	55.00	25.00	55.00	25.00
90. Minute	70.00	33.33	60.00	50.00	65.00	50.00
120. Minute	55.00	42.00	70.00	50.00	75.00	42.00

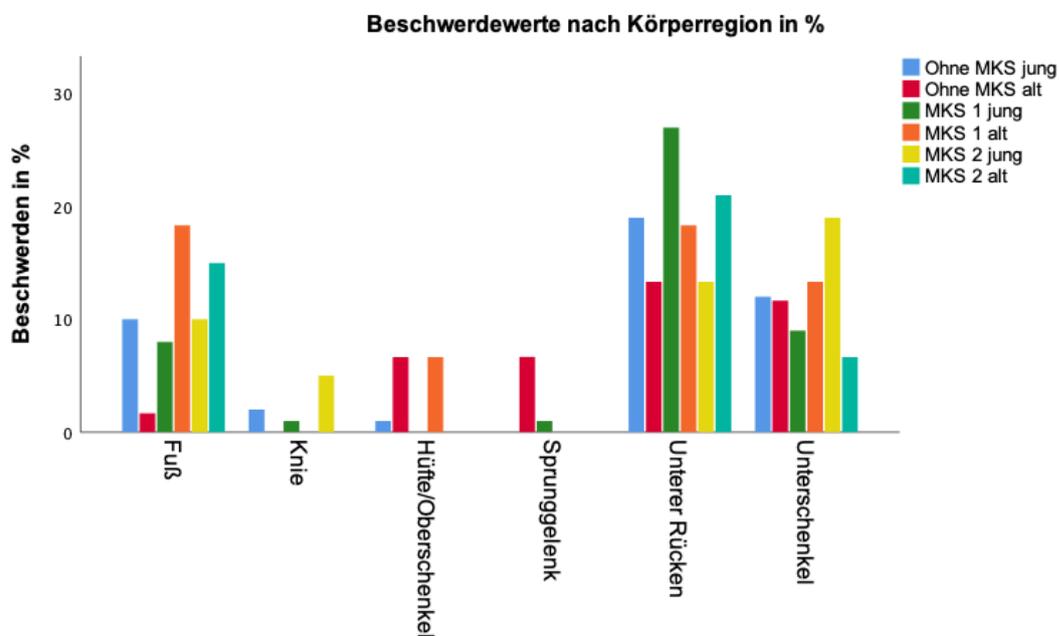


Abbildung 23: Beschwerden in % je nach Körperregion. MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1, MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Auch beim Blick auf die Beschwerdewerte je nach Körperregion (Abb. 23) wird deutlich, dass vor allem im Fuß, im unteren Rücken und im Unterschenkel gruppenübergreifend die meisten Beschwerden auftraten. Dagegen traten in den Regionen der Knie, Hüfte bzw. Oberschenkel sowie im Sprunggelenk wenig Beschwerden auf. Gerade mit Blick auf die Region des unteren Rückens sind hier erhöhte Werte festzustellen. Dies ist aber nicht rückführbar auf die Altersgruppen oder die Strumpf/Stehbedingung, da hier in keiner Gruppe systematische Unterschiede hinsichtlich Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung deutlich werden. Dies wird ebenfalls in der Grafik sichtbar. Beschwerden im unteren Rücken gaben in der jüngeren Probandengruppe 19.00 % unter der Stehbedingung ohne MKS, 27.00 % unter MKS 1 und 13.33 % unter MKS 2 an. In der älteren Probandengruppe äußerten unter der Stehbedingung ohne MKS 13.33 %, 18.33 % unter MKS 1 und 21.00 % unter MKS 2 Beschwerden im unteren Rücken. Im Unterschenkel äußerten in der jungen Probandengruppe ohne MKS 12.00 % Beschwerden, 9.00 % unter MKS 1 und 19.00 % unter MKS 2. Bei der älteren Probandengruppe gaben im Unterschenkel 11.7 % ohne MKS, 13.33 % unter MKS 1 und 6.66 % unter MKS 2 Beschwerden an.

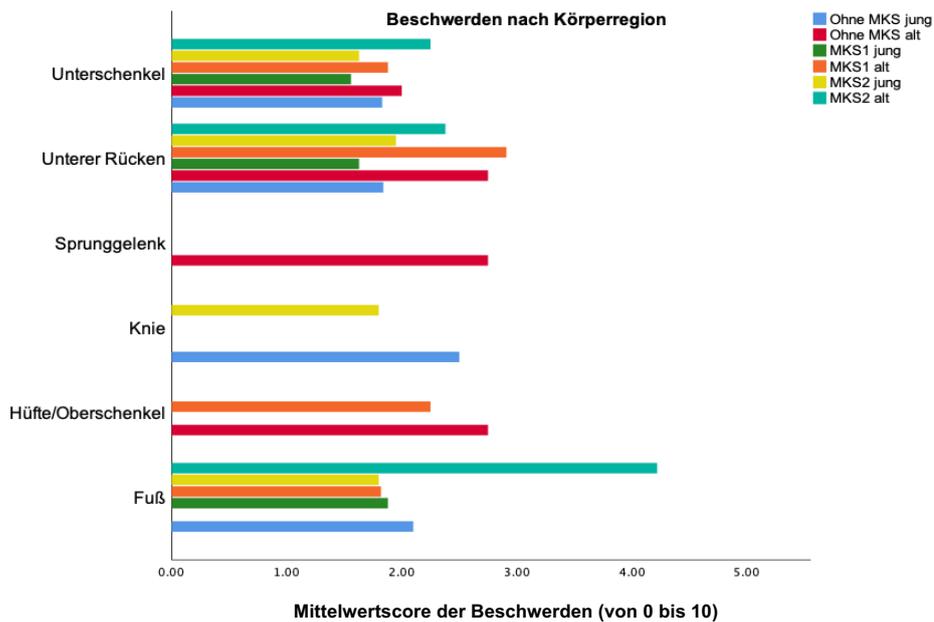


Abbildung 24: Mittelwertscore der Beschwerden von 0 bis 10 je nach Körperregion.
 MKS = medizinische Kompressionsstrümpfe, MKS 1 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 1,
 MKS 2 = medizinische Kompressionsstrümpfe Klasse 2

Die oben gezeigte Graphik (Abb. 24) zeigt den Mittelwertscore (0 = nicht spürbar, 10 = nicht aushaltbar) der Beschwerden je nach Körperregion. So ist zu erkennen, dass die ältere Probandengruppe die höchste Beschwerdeintensität unter allen drei Strumpf/Stehbedingungen angab.

Auch hier wurde eine zwei-faktorielle ANOVA mit zwei festen Faktoren zur Untersuchung von Unterschieden zwischen der Altersgruppe und der Strumpf/Stehbedingung (unabhängige Variablen als feste Faktoren) hinsichtlich der Beschwerden (abhängige und intervallskalierte Variable) berechnet.

Die Normalverteilung war hier als Voraussetzungen über die Gruppen hinweg nicht gegeben, wohingegen die Homoskedastizität nach White ($p > .05$) sowie die Gleichheit der Fehlervarianzen nach Levene gegeben war ($p > .05$). Da die Voraussetzung der Normalverteilung durch die ausreichende Stichprobengröße der einzelnen Gruppe vernachlässigbar ist, kann entsprechend weitergerechnet werden.

In folgendem Modell (vgl. Tab. 17) wurde der Einfluss der Altersgruppe auf die Gesamtbeschwerden signifikant $F(1, 167) = 21.285, p = < .001$, partielles $\eta^2 = .11$, sodass Jüngere signifikant weniger Beschwerden hatten im Vergleich zu den Älteren ($MD = -0.82, SE = 0.18$). Aber auch die Strumpf/Stehbedingungsunterschiede wurden signifikant $F(2, 167) = 3.837, p = < .05$, partielles $\eta^2 = .04$, während die Interaktion aus Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung knapp nicht signifikant wurde $F(2, 167) = 2.587, p = .078$, partielles $\eta^2 = .03$, auch wenn sich hier ein Zusammenhang auch graphisch andeutet.

Tabelle 17: Übersicht der Signifikanzen der Beschwerden insgesamt

Quelle	Df	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	5	6.203	.000	.157
Konstanter Term	1	608.368	.000	.785
Alter	1	21.285	.000	.113
Klasse	2	3.837	.023	.044
Alter * Klasse	2	2.587	.078	.030
Fehler	167			

Tabelle 18: Übersicht der Signifikanzen der Beschwerden in Abhängigkeit der Strumpf/Stehbedingung

Bonferroni-Post-Hoc der Beschwerden je nach Strumpf/Stehbedingung						
(I)Klasse	(J)Klasse	Mittlere Differenz (I-J)	Standard Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-.566	.207	.007	-.975	-.157
	ohne	-.179	.221	.419	-.615	.257
2	1	.566	.207	.007	.157	.975
	Ohne	.387	.226	.088	-.058	.833
ohne	1	.179	.221	.419	-.257	.615
	2	-.387	.226	.088	-.833	.058

In den Post-Hoc-Tests (vgl. Tab. 18) ist zudem noch zu erkennen, dass unter MKS 1 signifikant weniger Beschwerden auftreten als unter MKS 2 ($MD = -.57$, $SE = .207$, $p < .05$). Alle anderen Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Somit gilt:

H1f: Die junge Probandengruppe empfindet signifikant geringere Beschwerden als die alte Probandengruppe. Wird angenommen

H1g: MKS mit der Kompressionsklasse 1 führen zu signifikant geringeren Beschwerden als MKS der Kompressionsklasse 2. Wird angenommen.

4 Diskussion

Im Folgenden sollen die Studienergebnisse diskutiert und interpretiert sowie mit bisherigen Erkenntnissen aus der Forschung verglichen werden.

4.1 Ergebnisdiskussion

An dieser Studie nahmen 32 venengesunde Probanden teil, um die Wirkung von medizinischen Kompressionsstrümpfen der Klasse 1 und 2 auf die Ödementwicklung bei zweistündiger Stehexposition zu untersuchen. Ebenso wurde der Tragekomfort und die Beschwerden während der Stehexposition unter den drei Stehbedingungen (ohne / mit MKS 1 / mit MKS 2) erhoben.

Die Probanden wurden in zwei Altersgruppen unterteilt. Die junge Gruppe bestand aus 20 Personen. Diese teilte sich in 10 Probandinnen und 10 Probanden auf. Die ältere Gruppe bestand aus 12 Teilnehmern. Diese teilte sich in 11 Probandinnen und einen Proband auf. Die Studienteilnehmenden waren überwiegend Studenten und Mitarbeiter der Universität Tübingen bzw. deren Bekannte. Keiner der Studienteilnehmenden übte einen Stehberuf aus. Die Venengesundheit wurde vor Studienbeginn in der Hautklinik des Universitätsklinikums Tübingen mittels Doppler-Sonographie und digitalen Photoplethysmographie bestätigt.

Langes berufsbedingtes Stehen ist mit der Entwicklung von Ödemen und auf Dauer mit der Entwicklung von Varizen bzw. CVI assoziiert. Dieser Zusammenhang wurde durch zahlreiche Studien belegt.⁹¹⁻⁹⁵

Tomei et al. (1999) untersuchten in ihrer Studie 336 männliche Arbeiter. Diese teilten sich in 112 Industrie- und 120 Steinwerker sowie 104 Büroangestellte auf. Diese wurden mittels Fragebogen bezüglich beruflicher und nichtberuflicher Risikofaktoren für venöse Erkrankungen befragt. Ebenso erfolgte eine klinische Untersuchung. Die Prävalenz von chronisch venösen Erkrankungen war bei den Industriearbeitern mit 39,28 % deutlich höher als bei

den Steinwerkarbeitern (24,16 %) und den Büroangestellten (22,11 %). Außerdem wurde eine Korrelation mit zunehmendem Alter sowie der Anzahl der Stunden, die im Stehen verbracht werden gefunden. Bei gleicher Altersgruppe, wurden bei Arbeitnehmern, die 50 % oder mehr ihrer Arbeitszeit im Stehen verbringen, mehr venöse Veränderungen gefunden als bei denen, die weniger als 50 % im Stehen arbeiten.⁹⁶

Bahk et al. (2012) wiesen ein erhöhtes Risiko für venöse Erkrankungen für Arbeiter in Stehberufen sowohl für Frauen als auch für Männer nach. Bei Männern wurde außerdem ein signifikant erhöhtes Risiko für nächtliche Beinkrämpfe nachgewiesen.⁹³

Eine Berufsgruppe die vornehmlich im Stehen arbeitet und häufig als Studienpopulation untersucht wurde, sind Gesundheits- und Krankenpfleger. In vielen Studien wurde bereits ein erhöhtes Risiko für venöse Erkrankungen in dieser Berufssparte nachgewiesen.

Diken et al. (2016) untersuchten 232 Pflegekräfte eines Krankenhauses. 50,4 % wiesen eine chronisch venöse Insuffizienz nach der CEAP-Klassifikation auf. Außerdem wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zunahme des Knöchelumfanges und der Länge der Arbeitsschicht festgestellt.⁹⁷

Sharif Nia et al. (2015) schlossen 203 Pflegekräfte aus drei Krankenhäusern im Iran ein. Bei 72,4 % der Untersuchten fanden sich Varizen in unterschiedlicher Ausprägung. Frauen waren häufiger betroffen als Männer (77,9 % zu 56,9 %). Als Risikofaktor wurden längere Dienstjahre gewertet.⁹⁸

Abou-ElWafa et al. (2020) untersuchten 201 Pflegekräfte aus einem Universitätsklinikum in Ägypten. 84,1 % der Probanden waren weiblich. Die Teilnehmer wurden mittels Fragebögen u. a. über mögliche Risikofaktoren einer venösen Erkrankung und ihre berufliche Situation befragt und dopplersonographisch untersucht. Es wurde bei 18,4 % der Probanden Varizen festgestellt. 5,5 % hatten bilaterale Varizen. Signifikant häufiger traten Varizen bei Probanden über 25 Jahren, Übergewicht, Probanden die keinen Sport machten, chronischer Verstopfung sowie bei Frauen, die orale Kontrazeptiva

einnahmen und Frauen mit drei oder mehr Schwangerschaften, auf. Außerdem war ein signifikanter Unterschied zwischen den Arbeitsorten im Krankenhaus zu erkennen. Pflegekräfte, die in der Notaufnahme, Intensivstation und OP arbeiten, waren signifikant häufiger betroffen. Ebenso Pflegekräfte, die mehr als 6 Stunden täglich und 5 Jahre oder länger dort arbeiteten.⁹⁹

Cires-Drouet et al. (2020) schlossen 636 Mitarbeiter eines Krankenhauses in den USA in ihre Studie ein. 93 % waren weiblich. Das mediane Alter betrug 42 Jahre, der mittlere BMI 29,2. Bei 69,1 % war mindestens ein Anzeichen einer CVI nachweisbar. Mit 49 % war das Stadium C1 nach der CEAP-Klassifikation am häufigsten zu finden. Stadium C2 wurde mit 17,7 % angegeben. 0,2 % hatten sogar das Stadium C5. Ein venöser Reflux wurde bei 82,1 % der Probanden diagnostiziert. 73 % gaben gelegentliche Beinschmerzen und 42,3 % abendliche Beinschwellungen an. Obwohl nur eine kleine Minderheit von 7,9 % der Probanden weder einen Reflux noch eine CVI nachwies, trugen nur 2,7 % aller Teilnehmer täglich Kompressionsstrümpfe.¹⁰⁰

Im Folgenden sollen zunächst die primären Fragestellungen beantwortet werden.

F1: Haben MKS einen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung bei einer zweistündigen Stehexposition?

F2: Unterscheidet sich der Einfluss von MKS auf die Ödembildung bei der jungen und älteren Probandengruppe?

F3: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des Einflusses auf die Ödembildung?

Die Volumenzunahme des Unterschenkels wurde in dieser Pilotstudie mit zwei Messverfahren evaluiert. Zum einen mit der Wasserplethysmographie und zum anderen mit der bioelektrischen Impedanzmessung (= Bioelektrische Impedanzanalyse).

Bei beiden Messverfahren konnte eine signifikante Reduktion der Ödembildung durch das Tragen von medizinischen Kompressionsstrümpfen nachgewiesen

werden. Im allgemeinen Gruppenvergleich unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 nicht signifikant hinsichtlich des Einflusses der Ödembildung voneinander.

Bei der Impedanzmessung war die Strumpf/Stehbedingung ohne zeitliche Komponente nicht signifikant $F(2, 966) = 1.995, p = .14$, partielles $\eta^2 = .00$. Signifikant war aber die Interaktion aus der Impedanz und der Strumpf/Stehbedingung, sodass sich über den zeitlichen Verlauf die Unterschiede zwischen der Strumpf/Stehbedingung verstärken nach Greenhouse-Geisser $F(3.356, 3242.243) = 63.861, p < .01$, partielles $\eta^2 = .06$. Kompressionsklasse 2 scheint hierbei der Kompressionsklasse 1 im zeitlichen Verlauf überlegen zu sein.

Somit kann die Forschungsfrage „F1: Haben MKS einen signifikanten Einfluss auf die Ödembildung bei einer zweistündigen Stehexposition?“, in dieser Pilotstudie mit ja beantwortet werden. Während die Forschungsfrage „F3: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des Einflusses auf die Ödembildung?“ im allgemeinen Gruppenvergleich mit nein beantwortet werden kann. Kompressionsklasse 2 ist aber im zeitlichen Verlauf der Kompressionsklasse 1 überlegen.

Diese gewonnenen Ergebnisse stimmen mit Ergebnissen der Literatur überein. So untersuchten Belczak et al. (2018) die Wirksamkeit von medizinischen Kompressionsstrümpfen mit Anpressdrücken von 15–20 mmHg und 20–30 mmHg. Diese entsprechen etwa den Anpressdrücken der in dieser Pilotstudie verwendeten Kompressionsklassen. 58 Probanden wurden eingeschlossen. Die Probanden wurden je nach ihrer beruflichen Situation in drei Gruppen eingeteilt (stehend, sitzend oder eine Kombination). Die Probanden hatten drei Termine, in denen sie jeweils eine Stehbedingung ohne, mit Kompressionsstärke 15–20 mmHg und 20–30 mmHg hatten. Die Messungen erfolgten an aufeinanderfolgenden Tagen. Die Probanden wurden immer vor und nach ihrer regulären Arbeitsschicht (7 Uhr und 19 Uhr) gemessen. Die Bein volumina wurden mittels Wasserplethysmographie bestimmt. Wurden keine Kompressionsstrümpfe getragen, waren in allen drei

Probandengruppen die Beinvolumen und somit die Ödementwicklung signifikant höher. Durch das Tragen von Kompressionsstrümpfen konnte das Beinvolumen signifikant reduziert werden, wobei der höhere Anpressdruck 20–30 mmHg dem niedrigeren Anpressdruck 15–20 mmHg überlegen war.¹⁰¹

Hira et al. (2002) untersuchten die Zunahme des Fußvolumens unter Kompressionsstrümpfen mittels Dehnungsmesstreifen-Plethysmographie an 20 Extremitäten mit Krampfadern und an 14 Extremitäten venengesunder Probanden. Es wurden Kompressionsstrümpfe mit vier verschiedenen Anpressdrücken (8, 10, 22, 30–40 mmHg) verglichen. Alle Kompressionsklassen konnten in beiden Probandengruppen eine signifikante Ödemreduktion im Fußvolumen erzeugen. In der gesunden Probandengruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Volumenreduktion unter den vier verschiedenen Anpressdrücken. Bei der Probandengruppe mit Varizen wurde durch höhere Anpressdrücke eine bessere Volumenreduktion erreicht.¹⁰²

Blazek et al. (2013) führten eine Studie unter 108 Friseuren durch und verglichen das Tragen von Kompressionsstrümpfen mit einem Anpressdruck von 15–20 mmHg, mit dem Arbeiten ohne Kompressionsstrümpfe. Die Probanden gaben unter dem Tragen der Kompressionsstrümpfe eine signifikante Reduktion von Schmerzen und Schwellungsgefühlen in den Beinen an. Auch reduzierte sich das Unterschenkelvolumen durchschnittlich um 19 ml, mit einer Prävalenz zu den Friseuren mit höherem Lebensalter.¹⁰³

Diese Prävalenz im höheren Lebensalter zeigte sich auch in der vorliegenden Studie. So stieg das durch die Wasserplethysmographie ermittelte Unterschenkelvolumen bei der älteren Probandengruppe deutlicher unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe, im Vergleich zu der jüngeren Probandengruppe (125,58 ml vs. 87,15 ml). Unter dem Tragen von Kompressionsstrümpfen der Klasse 1 und 2 konnte bei der älteren Gruppe eine höhere Volumenreduktion festgestellt werden als bei der jungen Probandengruppe. So wurde unter Kompressionsklasse 1 die Volumenzunahme auf 65,42 ml bei der jüngeren vs. 44,59 ml bei der älteren Probandengruppe reduziert. Bei Kompressionsklasse 2 reduzierte sich die

Zunahme des Unterschenkelvolumens auf 31,59 ml bei der älteren und auf 59,06 ml bei der jüngeren Probandengruppe. Die Volumenreduktion unter Kompressionsklasse 1 war bei beiden Gruppen niedriger aber nicht signifikant zu Kompressionsklasse 2. Auch verlief der Abfall der Impedanzwerte bei der älteren Probandengruppe flacher als bei der jüngeren Probandengruppe unter dem Tragen von Kompressionsstrümpfen der Klasse 1 und 2, was auf eine geringere Ödementwicklung unter dem Tragen der Kompressionsstrümpfe schließen lässt. Sodass die Forschungsfrage „F2: Unterscheidet sich der Einfluss von MKS auf die Ödembildung bei der jungen und älteren Probandengruppe?“, in dieser Pilotstudie mit ja beantwortet werden konnte.

Partsch et al. (2004) untersuchten ebenfalls unterschiedliche Kompressionsstärken auf die Ödementwicklung. Durch die Kompressionsstrümpfe der Klasse 1 konnte das abendliche Ödem um 39,6 ml und durch Kompressionsklasse 2 um 59,1 ml im Vergleich zu ohne Kompressionsstrumpf reduziert werden. Subjektive Beschwerden wurden vor allem durch Kompressionsstrümpfe mit einem Anpressdruck von über 10 mmHg verbessert.¹⁰⁴

Die sekundären Forschungsfragen sollen im Folgenden beantwortet werden.

F4: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts der MKS?

F5: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts?

Hinsichtlich des Tragekomforts wurden die Probanden gefragt, ob sie bereits Kompressionsstrümpfe außerhalb dieser Studie getragen haben. 31,25 % der Probanden hatten bereits Erfahrung mit dem Tragen von Kompressionsstrümpfen.

In der 10. und 110. Minute wurden die Probanden gefragt, ob sie sich vorstellen können, die Kompressionsstrümpfe 8 Stunden lang zu tragen. Hier zeigte sich

ein signifikanter Unterschied zwischen der jungen und der älteren Probandengruppe. Die jüngere Probandengruppe konnte sich signifikant häufiger das Tragen von Kompressionsstrümpfen über 8 Stunden vorstellen als die ältere Probandengruppe. Kompressionsstrümpfe der Klasse 1 erhielten von beiden Probandengruppen mehr Zustimmung als Kompressionsklasse 2. Auch zwischen den beiden Abfragezeitpunkten gab es kaum Unterschiede. Kompressionsstrümpfe Klasse 1 wurden von der jungen, Kompressionsklasse 2 von der älteren Probandengruppe, zu beiden Abfragezeitpunkten gleich bewertet. Die Zustimmung sank bei MKS 1 in der älteren und MKS 2 in der jungen Probandengruppe um 8,34 % bzw. 5 % ab. Es bestand kein signifikanter Zusammenhang mit der Vorerfahrung mit dem Tragen von Kompressionsstrümpfen und der Zustimmung sich vorstellen zu können, die Strümpfe 8 Stunden lang zu tragen. Der Chi-Quadrat-Test zeigt an, dass es keinen signifikanten Unterschied für die Abfragezeitpunkte in der 10. Minute $\chi^2 = 2.677$; $p > .05$ und 110. Minute $\chi^2 = .923$; $p > .05$ gibt.

Das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ zeigte einen signifikanten Anstieg zwischen den beiden Abfragezeitpunkten (10. und 110. Minute) ohne Kompressionsstrümpfe. Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 1 waren Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 2 leicht unterlegen. Die dreifaktorielle Varianzanalyse für das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ ergab, dass die zeitliche Veränderung signifikant wurde, sodass das Item „Ich habe müde / schwere Beine“ über die Zeit zunahm $F(1, 87) = 58.716$, $p < .01$, partielles $\eta^2 = .40$. Weiterhin wurde ebenfalls die Interaktion aus zeitlichem Verlauf und Strumpf/Stehbedingung signifikant $F(2, 87) = 4.040$, $p < .05$, partielles $\eta^2 = .09$. Nicht signifikant wurde die Interaktion aus Altersgruppe und dem zeitlichen Verlauf und die Interaktion aus zeitlichem Verlauf, Strumpf/Stehbedingung und Altersgruppe. Die Strumpf/Stehbedingung im zeitlichen Verlauf sowie der zeitliche Verlauf für sich stehend haben einen signifikanten Einfluss. Die Altersgruppe im zeitlichen Verlauf, die Altersgruppe für sich stehend und die Strumpf/Stehbedingung für sich stehend haben jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das Item „Ich habe müde / schwere Beine“.

Für das Item „Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend / unangenehm“ wurde erneut eine dreifaktorielle Varianzanalyse berechnet. Im Gegensatz zu der Untersuchung des Items „Ich habe müde / schwere Beine“ ergaben sich hier für keine der Faktoren Signifikanzen. Weder die Veränderung des unangenehmen Gefühls beim Tragen $F(1, 59) = 0.457, p = .50$, partielles $\eta^2 = .01$, noch die Veränderung über die Zeit nach Strumpf/Stehbedingung $F(1, 59) = 0.896, p = .35$, partielles $\eta^2 = .02$ oder Altersgruppe $F(1, 59) = 1.829, p = .18$, partielles $\eta^2 = .03$.

Auch bei der Untersuchung des gesamten Tragekomforts mit allen 12 Items kamen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Altersgruppe $F(1, 60) = 1.165, p = .285$, partielles $\eta^2 = .02$, der Strumpf/Stehbedingung $F(1, 60) = 1.702, p = .197$, partielles $\eta^2 = .03$ oder aus der Interaktion aus Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung $F(1, 60) = 0.545, p = .463$, partielles $\eta^2 = .01$, zusammen. Die durchschnittlichen Werte des Tragekomforts waren bei allen Gruppen übergreifend in den Fragestellungen nach den positiv codierten Items „Der Strumpf gab halt“ und „Der Strumpf saß bequem“ am höchsten. Während negative Items wie „Die Haut juckte unter dem Strumpf“ für die Probanden nicht relevant wurden. Dies ist möglicherweise auf die kurze Tragedauer zurückzuführen.

Trockene Haut gilt laut Leitlinie für medizinische Kompressionstherapie als häufige Nebenwirkung von Kompressionsstrümpfen. Eine gute Hautpflege wird daher empfohlen.⁷⁹

Mayer-Yousif et al. (2021) verglichen wegen dieser Problematik einen herkömmlichen Kompressionsstrumpf mit einem Prüfstrumpf mit zugesetzter Pflegeemulsion. Beide Strümpfe waren signifikant in der Ödemreduktion. Der Kompressionsstrumpf mit Emulsion half die Barrierefunktion der Haut zu erhalten und den transepidermalen Wasserverlust zu minimieren.¹⁰⁵

Mit nein beantwortet werden können daher die beiden Forschungsfragen:

F4: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts der MKS? Und F5: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich des subjektiv empfundenen Tragekomforts?

Diese gewonnenen Ergebnisse mit der aktuellen Literatur zu vergleichen ist, aufgrund fehlender vergleichbarer Studien an gesunden Probanden, schwierig.

Reich-Schupke et al. (2009) befragten 110 Probanden mit venösen Erkrankungen (C2–C6) bezüglich der Akzeptanz von Kompressionsstrümpfen. 29,1 % bewerteten diese als angenehm. 105 von 110 der Probanden trugen die Strümpfe länger als 6 Stunden pro Tag. 29,1 % gaben ein Verrutschen ihrer Kompressionsstrümpfe an. Juckreiz gaben 32,7 % und trockene Haut 58,5 % der Probanden an.¹⁰⁶

Der vierte Teil dieser Studienevaluierung befasst sich mit der Beschwerdenentwicklung während der Stehexposition. Dabei sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

F6: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden?

F7: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden?

Die Probanden wurden insgesamt fünfmal während jeder Stehexposition nach Beschwerden/Missempfindungen gefragt. Die Abfrage fand in der 0., 30., 60., 90. und 120. Minute der Stehexposition statt. Bewertet wurden Beschwerden im unteren Rücken, Hüfte/Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß. Die Intensität der Beschwerden wurde von 0 = nicht spürbar bis 10 = nicht aushaltbar bewertet.

Die ermittelten Summenscores ergaben, dass die ältere Probandengruppe die höchste Beschwerdeintensität angab.

Auch hier wurde eine zwei-faktorielle ANOVA mit zwei festen Faktoren, der Altersgruppe und der Strumpf/Stehbedingung (unabhängige Variablen als feste Faktoren) hinsichtlich der Beschwerden (abhängige und intervallskalierte Variable) berechnet. Es wurde der Einfluss der Altersgruppe auf die Gesamtbeschwerden signifikant $F(1, 167) = 21.285, p = < 0.001$, partielles $\eta^2 = .11$, sodass die junge Probandengruppe signifikant weniger Beschwerden hatten im Vergleich zu der älteren ($MD = -0.82, SE = 0.18$). Aber auch die Strumpf/Stehbedingungsunterschiede wurden signifikant $F(2, 167) = 3.837, p = < 0.05$, partielles $\eta^2 = .04$, während die Interaktion aus Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung knapp nicht signifikant wurde $F(2, 167) = 2.587, p = < 0.001$, partielles $\eta^2 = .11$.

In den Post-Hoc-Tests war zudem zu erkennen, dass unter MKS 1 signifikant weniger Beschwerden auftraten als unter MKS 2 ($MD = -.57, SE = .207, p < .05$). Alle anderen Stehbedingungen unterscheiden sich nicht signifikant.

Beim Blick auf die Beschwerdewerte in Prozent je nach Körperregion wurde deutlich, dass vor allem im Fuß, im unteren Rücken und im Unterschenkel gruppenübergreifend die meisten Beschwerden auftraten, während in Regionen der Knie, Hüfte bzw. Oberschenkel sowie im Sprunggelenk wenig Beschwerden auftraten. Dies ist nicht auf die Altersgruppen oder die Strumpf/Stehbedingung zurückzuführen, da hier in keiner Gruppe systematische Unterschiede hinsichtlich Altersgruppe und Strumpf/Stehbedingung deutlich wurden.

Somit gilt:

F6: Unterscheidet sich die junge von der älteren Probandengruppe hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden? Ja die junge Probandengruppe empfindet signifikant weniger Beschwerden als die ältere Probandengruppe.

F7: Unterscheiden sich die Kompressionsklassen 1 und 2 der MKS hinsichtlich der subjektiv empfundenen Beschwerden? Ja durch MKS 1 traten signifikant weniger Beschwerden auf als durch MKS 2.

Junge et al. (2021) fanden heraus, dass bereits bei einer 15-minütigen Stehexposition das Unterschenkelvolumen signifikant steigt. So stieg das Beinvolumen im Durchschnitt um 63 ml an. Unter dem Tragen von Kompressionsstrümpfen mit einem Anpressdruck von 23–32 mmHg reduzierte sich die Volumenzunahme auf 27 ml. Auch wurde eine schwache Korrelation bei 6 von 13 Probanden zwischen der Zunahme des Beinvolumens und dem Auftreten von Beschwerden festgestellt.¹³

Weiss et al. (1999) verglichen zwei Referenzstrümpfe, die ähnlich niedrige Anpressdrücke wie die in dieser Studie verwendeten Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklassen 1 und 2, aufwiesen. Die Autoren führten eine Studie mit 19 Flugbegleitern durch. Diese wurden zunächst angehalten, für 14 Tage keine Kompressionsstrümpfe zu tragen. Im Anschluss trugen die Teilnehmer über 4 Wochen Kompressionsstrümpfe mit Anpressdrücken von 8–15 mmHg und 15–20 mmHg. Die Symptomentwicklung wurde erhoben und verglichen. Die Kompressionsstrümpfe mit dem milderen Anpressdruck führten zu einer signifikanten Symptomverbesserung bezüglich Schwellung, Müdigkeit, Schmerzen und Engegefühl. Bei den Strümpfen mit einem Anpressdruck von 15–20 mmHg verbesserten sich die Beschwerden auf ein signifikantes bis fast signifikantes Niveau. Die Unterschiede zwischen den Strümpfen wurde als nicht signifikant bewertet.¹⁰⁷

Blättler et al. (2008) untersuchten 40 venengesunde Angestellte einer Firma, die Kompressionsstrümpfe herstellt. Die Beinvolumen der Angestellten wurden morgens und abends gemessen. Mit speziell entworfenen Fragebögen wurden zusätzlich Symptome erfasst. Es wurden drei verschiedene Kompressionsstrümpfe in Wadenlänge mit Anpressdrücken von 4–9 mmHg, 12–18 mmHg und 18–22 mmHg verglichen. Untersucht werden sollten die Ödementwicklung, der Tragekomfort und die Linderung von Symptomen wie Schmerzen, Schweregefühl und Schwellung. Strümpfe mit Anpressdrücken von 12–18 mmHg und 18–22 mmHg verhinderten Symptome und Ödeme. Die Strümpfe mit einem Anpressdruck von 4–9 mmHg waren unwirksam. Die höchste Kompressionsstärke wurde nicht gut vertragen/toleriert.¹⁰⁸

Blättler et al. (2016) führten eine Studie mit venengesunden Probanden durch. Sie unterzogen den Probanden eine 10-minütigen Stehphase und erfragten siebenmal währenddessen die Entwicklung von Symptomen. Außerdem wurde die Ödementwicklung mit Kompressionsstrümpfen mit Anpressdrücken von 10–15 mmHg und 23–32 mmHg untersucht. Auch hier waren die MKS mit dem höheren Anpressdruck in der Ödemreduktion überlegen. Sie reduzierten die Volumenzunahme des Unterschenkels auf 24 ml, die MKS mit niedrigeren Anpressdrücken auf 32 ml. Ohne Kompressionsstrümpfe betrug die Volumenzunahme im Unterschenkel 44 ml. Am häufigsten wurden die Beschwerden Kribbeln gefolgt von Druck- und Spannungsgefühlen genannt. Beide Anpressdrücke reduzierten die Beschwerden gleichermaßen. Es bestand keine Korrelation zwischen den Beschwerden und der Volumenzunahme des Unterschenkels.¹⁰⁹

4.2 Methodendiskussion

4.2.1 Medizinische Kompressionsstrümpfe

Es wurden graduierte medizinische Serienkompressionsstrümpfe in Wadenlänge der Kompressionsklasse 1 und 2 verwendet. Die Beine der Probanden wurden leitliniengerecht einzeln und im Stehen vermessen. Da die Probanden alle gesund und normalgewichtig waren, und somit keine Anomalien der Beine aufwiesen, waren die Voraussetzungen für die Verwendung von Serienkompressionsstrümpfen gegeben. Auch wurde die kürzeste Form (Wadenstrümpfe) gewählt, um später in der Praxis eine möglichst hohe Compliance zu erreichen.

Lee et al. (2020) untersuchten den Tagekomfort und die Ödembildung von Kompressionsstrümpfen an 20 Krankenpflegeschülern. Die Probanden wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe erhielt Wadenstrümpfe, die andere Gruppe Oberschenkelstrümpfe. Beide Strümpfe hatten denselben Anpressdruck von 25–32 mmHg. Es wurde kein signifikanter Unterschied in der

Ödementwicklung, der Zufriedenheit und der Schmerzentwicklung zwischen den Strumpfbedingungen gefunden. Die Oberschenkelstrümpfe schienen aber mehr Nebenwirkungen zu haben. Dennoch zeigten beide Gruppen eine hohe Zufriedenheit.¹¹⁰

In den verwendeten Fragebögen wurden die Probanden nicht explizit nach einer Bewertung der An- und Ausziehbarkeit der Kompressionsstrümpfe gefragt. Dennoch befand sich auf dem Fragebogen ein freies Feld, in dem die Probanden gebeten wurden, eigene Bemerkungen zu den Kompressionsstrümpfen zu machen. Lediglich ein Proband aus der älteren Gruppe vermerkte, dass das An- und Ausziehen der Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 2 schwierig sei.

Mosti et al. (2013) untersuchten den Unterschied zwischen graduierten und nicht-graduierten Kompressionsstrümpfen. Nicht graduierte Kompressionsstrümpfe haben an der Wade einen höheren Druck als am Knöchel, daher gelten sie als bequemer und leichter anzuziehen. Es wurden 30 Probanden in sitzender oder stehender Tätigkeit eingeschlossen. Die Beinvolu-men wurden vor und nach jeder Schicht durch eine Beinvolu-metrie ermittelt. Nicht graduierte Kompressionsstrümpfe zeigten sich signifikant in der Reduktion der Volumenzunahme überlegen. Die Autoren merkten aber an, dass nicht-graduierte Strümpfe möglicherweise eine Ödembildung auf Knöchelhöhe fördert. Auf Wadenhöhe wird diese Ödembildung durch eine verstärkte Ödemreduktion überkompensiert.¹¹¹

Buset et al. (2021) testeten einen Prüfstrumpf, der im Gegensatz zu den herkömmlichen graduierten Kompressionsstrümpfen keine Kompression auf den Fuß und die Ferse ausübte. Bei den Probanden handelte es sich um CVI Patienten mit mindestens einem C3 Stadium nach der CEAP-Klassifikation und einem Mindestalter von 65 Jahren. Der Prüfstrumpf hatte denselben Anpressdruck wie der herkömmliche Referenzstrumpf von 23–32 mmHg. Der Prüfstrumpf war dem Referenzstrumpf bezüglich Ödemreduktion nicht unterlegen, zeigte aber eine deutlich leichtere An- und Ausziehbarkeit.¹¹²

Laut Leitlinie haben Kompressionsstrümpfe, je nach Nutzung, eine Haltbarkeit von 6 Monaten.⁷⁹ Bei dieser Studie erhielt jeder Proband neue, ungetragene Kompressionsstrümpfe. Nach dem Stehversuch konnten die Probanden diese mitnehmen oder sie wurden entsorgt.

4.2.2 Stehexposition

Die Stehexposition dauerte jeweils 2 Stunden. Dies ist im Vergleich zu einer regulären Arbeitsschicht von 8 Stunden relativ kurz. Eine weitere Zunahme des Unterschenkelvolumens und der Beschwerden kann nicht ausgeschlossen werden. Eine achtstündige Stehexposition unter standardisierten Laborbedingungen wäre im Rahmen dieser Studie nicht möglich gewesen. Auch wurden die Probanden angehalten, sich möglichst wenig zu bewegen und beide Beine gleichermaßen zu belasten. Auch das Abstützen am Tisch war nicht gestattet. Diese Zwangshaltung entspricht vielen Steharbeitsplätzen nicht. Durch das statische Stehen ohne Ausgleichbewegungen kann es zu höherer Ödementwicklung kommen. Eine achtstündige Stehexposition unter diesen Bedingungen hätte wahrscheinlich zu mehr Abbrüchen durch Unwohlsein oder Synkopen geführt. Ebenso wurden die Probanden gebeten, flache bequeme Schuhe zu tragen. Ein Proband trug herkömmliche Halbschuhe, alle anderen wählten Sportschuhe. In der Arbeitswelt hingegen ist eine freie Wahl der Schuhe oft nicht möglich und so müssen beispielsweise Sicherheitsschuhe oder OP-Schuhe getragen werden. Möglicherweise hat das Schuhwerk einen Einfluss auf die Volumenänderung, die Beschwerden und den Tragekomfort. Allerdings konnten im Rahmen dieser Pilotstudie nicht allen Probanden die gleichen Schuhe, in passender Größe, zur Verfügung gestellt werden. Auch wurden die Probanden immer zur gleichen Uhrzeit und in einem Mindestabstand von 48 Stunden in das Labor bestellt, um Einflüsse von physiologischen tageszeitlichen Volumenschwankungen der Beine zu minimieren.

Belczak et al. (2009) untersuchten die Volumenzunahme der Beine von 70 Krankenhausmitarbeitern und teilte diese in drei Gruppen ein. Eine Gruppe mit Mitarbeitern aus der Frühschicht und eine Gruppe aus der Spätschicht. Beide Gruppen hatten je 35 Probanden. Gruppe 3 bestand aus Angestellten die eine 12 Stunden Schicht leisteten. Diese Gruppe bestand aus 15 Teilnehmern. Die Volumetrie der Beine wurde für die ersten beiden Gruppen zu Beginn und am Ende der Schicht, für Gruppe 3 ein zusätzliches Mal mittags durchgeführt. Alle drei Gruppen hatten eine signifikante Volumenzunahme im Unterschenkel. Signifikant war außerdem die Volumenzunahme der Frühschichtgruppe, im Vergleich zu der Spätschichtgruppe.¹¹³

Belczak et al. (2010) untersuchten, ob die Länge der Tragezeit von Kompressionsstrümpfen einen Einfluss auf die Ödementwicklung während des Arbeitstages hat. Es wurden 18 Frauen und 2 Männer in die Studie eingeschlossen. Diese wurden nach der CEAP-Klassifikation eingeteilt und durften maximal das C1 Stadium nachweisen. Sie erhielten dreiviertellange Kompressionsstrümpfe mit einem Anpressdruck von 20–30 mmHg. Diese trugen die Probanden entweder den ganzen, den halben Tag oder gar nicht. Ermittelt wurde das Beinvolumen mittels Wasserplethysmographie. Die Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe hatte eine signifikante Volumenzunahme. Nach dem Ausziehen der Strümpfe am Mittag, hatten die Beine bis abends, eine signifikante Volumenzunahme.¹¹⁴

4.2.3 Wasserplethysmographie

Die Wasserplethysmographie gilt als Goldstandard unter der Methode zur Volumenmessung von Extremitäten.⁸³ Diese wurde jeweils vor und nach der Stehexposition durchgeführt. Da in der Literatur keine einheitlichen Angaben zur Durchführung zu finden sind, wurde die Methode in dieser Studie modifiziert durchgeführt. Die Ablaufzeit des Wassers betrug 5 Minuten. Die Eintauchtiefe des Unterschenkels war bis auf Höhe des Fibulaköpfchens. Die genaue Sitzposition der Probanden wurde protokolliert und bei jeder Messung exakt reproduziert. Allerdings ist diese Methode mit 20 Minuten Vorbereitung zeitintensiv und erfordert eine hohe Compliance der Probanden, um Fehlmessungen zu vermeiden. Außerdem kann jeweils nur ein Bein vermessen werden. Durch die unterschiedlichen Ausführungen in anderen Studien sind die Ergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar.

4.2.4 Bioelektrische Impedanzmessung

Die bioelektrische Impedanzmessung stellt eine Methode zur indirekten Volumenmessung eines Körperteiles dar. Die Validität und Reliabilität dieser Messmethode wurde in einer früheren Studie bestätigt.¹¹⁵

Die in dieser Studie verwendeten Messelektroden hatten eine aktive Fläche von 15 mm. Der Abstand zwischen den Elektroden wurde auf 25 mm festgelegt. Bei den Elektroden handelte es sich um Silber/Silberchlorid-Elektroden, da diese ein geringeres Rauschen und eine geringere Kontaktimpedanz vorweisen. Um Störsignale zu mindern, wurde eine Neutralelektrode auf das Fibulaköpfchen platziert, da es sich hier um eine Hautstelle mit niedriger myoelektrischer Aktivität handelt. Die Kontaktimpedanz hängt neben der Wahl der Elektroden auch vom Hautwiderstand ab. Dieser kann durch abgestorbene Hautschuppen erhöht werden. Deshalb wurde in dieser Studie das Hautgebiet unter der Elektrode vorab mit einer abrasiven Paste behandelt, um mögliche

abgestorbene Hautschuppen zu entfernen. Die Messunsicherheit des verwendeten Messgerätes liegt unter 1 % der gemessenen Stromspannung.¹¹⁵

4.2.5 Tragekomfort und Beschwerden

Der Tragekomfort und die Beschwerden wurden mittels Fragebögen erhoben. Für die Abfrage des Tragekomforts bewerteten die Probanden die verschiedenen Items anhand einer vierstufigen Likert-Skala („Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als unangenehm / störend“ und „Ich habe müde / schwere Beine“) bzw. einer zehnstufigen Likert-Skala („Der Strumpf gab halt“, „Der Strumpf saß bequem“, „Die Haut juckt unter dem Strumpf“, „Der Strumpf bewirkte ein Schwitzen auf der Haut“, „Der Strumpf war zu eng“, „Der Strumpf schnürte die Haut am Bündchen ein“, „Der Strumpf schnürte die Haut am Fuß ein“, „Die Feuchtigkeit staute sich unter dem Strumpf“, „Die Wärme staute sich unter dem Strumpf im Wadenbereich“, „Die Wärme staute sich im unteren Fußbereich“, „Durch den Strumpf entstanden kalte Füße“, „Der Strumpf rutschte“). Die zehnstufige Skala war nur am Anfang und Ende verbalisiert (1 = stimme gar nicht zu, 10 = stimme vollständig zu). Die vierer Skala war hingegen vollverbalisiert („trifft vollständig zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft nicht zu“). Eine vollverbalisierte Skala hat den Vorteil eines klareren Verständnisses für die Bedeutung der jeweiligen Kategorie. Außerdem wurde auf eine neutrale Mittelkategorie verzichtet, um eine Verzerrung durch soziale Erwünschtheit zu minimieren.¹¹⁶ Skalen mit einer hohen Anzahl an Kategorien haben eher eine höhere Reliabilität und Sensitivität als kleiner Skalen.^{117,118} Die Beschwerden (unterer Rücken, Hüfte/Oberschenkel, Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk, Fuß) wurden insgesamt 5-mal (0., 30., 60., 90., 120. Minute) mündlich abgefragt. Die Beschwerden konnten in einer Intensität von 0 = nicht spürbar und 10 = nicht aushaltbar angegeben werden. Die Beschwerden wurden insgesamt eher in geringer Intensität angegeben. Dies kann zum einen erneut durch die soziale Erwünschtheit bedingt sein, die Erwartungen zu

erfüllen, zum anderen aber auch an der relativ kurzen Stehexposition gelegen haben.

4.2.6 Probandenkollektiv

Das Probandenkollektiv setzte sich aus insgesamt 32 Personen zusammen. Diese wurden in eine jüngere Probandengruppe (18–35 Jahre) und eine älteren Probandengruppe (45–67 Jahre) eingeteilt. Die junge Probandengruppe bestand aus 10 Probandinnen und 10 Probanden. Die ältere aus 11 Probandinnen und einem Probanden. Die Altersrange spiegelte die Arbeitsbevölkerung wider. Mit einem durchschnittlichen BMI von 23,04 waren die Probanden normalgewichtig. Keiner der Probanden arbeitete in einem Stehverberuf. Das ungewohnte statische Stehen hat hierbei möglicherweise mehr Beschwerden ausgelöst. Eine vergleichbare Studie mit Stehverberuflern wäre ebenfalls wünschenswert. Die Gruppengrößen und die Geschlechterverteilung dieser Studie sind unterschiedlich (20 junge / 12 ältere Probanden und 21 Probandinnen / 11 Probanden). Auch handelt es sich um eine relativ kleine Stichprobe. Die vorliegende Studie kann möglicherweise zur Nutzung einer Fallzahlplanung für Folgestudien herangezogen werden. Auch erfolgte in dieser Studie aufgrund der geringen Stichprobe in der Ergebnisauswertung, keine Geschlechtertrennung. Für die folgende Forschung wäre eine Geschlechtertrennung bei höheren Fallzahlen wünschenswert, um Unterschiede im Geschlecht zu detektieren.

In diese Studie wurden ausschließlich gesunde Probanden einbezogen. Ausgeschlossen wurden unter anderem Personen mit Diabetes mellitus oder pAVK. Natürlich sind nicht alle Arbeitnehmer gesund, sodass dies bei einer Empfehlung für das Tragen von Kompressionsstrümpfen bei Steharbeit, Arbeitsmediziner möglicherweise vor eine Herausforderung stellen wird. Die Kontraindikationen für eine Kompressionstherapie müssen selbstverständlich beachtet werden. Nach Ausschluss der absoluten Kontraindikationen bestehen eventuell noch Unsicherheiten, ob zum Beispiel bei Diabetes mellitus oder

milder pAVK, das Tragen von Kompressionsstrümpfen empfohlen werden darf. Einige Studien gingen bereits dieser Problematik nach.^{119,120}

Rother et al. (2020) untersuchten den Einfluss von Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 1 und 2 auf die Mikroperfusion von 44 Patienten mit Diabetes mellitus, 45 Patienten mit pAVK und 5 gesunden Kontrollprobanden. Die Mikroperfusion wurde an verschiedenen Stellen des Beines (Knöchel, Wade, Großzehe) unter verschiedenen Körperpositionen (Stehen, Sitzen, Rückenlage sowie hochgelagerten Beinen) bestimmt. Weder in stehender, noch in sitzender Tätigkeit, kam es zu einem Abfall der Mikrozirkulationsparameter (Sauerstoffsättigung und Fluss des Hämoglobins).¹²¹ Wu et al. (2012) kamen zu dem Ergebnis, dass Kompressionsstrümpfe mit milden Anpressdrücken (18–25 mmHg), Unterschenkelödeme von Patienten mit Diabetes mellitus reduzieren können, aber die Vaskularität nicht negativ beeinflussen.¹²²

Die Drop-out-Quote in dieser Studie war gering. So musste ein Proband wegen einer Synkope in der ersten Stehexposition die Studie abbrechen. Ein älterer Proband brach nach einem Termin die Teilnahme an der Studie aus persönlichen Gründen ab. Drei Probanden, die sich im Vorgespräch selbst als venengesund beschrieben, erhielten in der Hautklinik die Diagnosen CVI Stadium C2 bzw. C4 nach der CEAP-Klassifikation.

Nowak et al. (2021) untersuchten das Wissen der Bevölkerung über chronisch venöse Erkrankungen. Es wurden 175 Probanden, die eigentlich an einem Hautkrebsscreening teilnahmen, in die Studie eingeschlossen. Das Durchschnittsalter lag bei 41 Jahren. Die Probanden wurden mittels Fragebögen befragt. 40 % gaben an, chronisch venöse Erkrankungen nicht zu kennen. Die Mehrheit der Befragten kannten Erstsymptome einer chronischen Venenerkrankung nicht bzw. konnten diese nicht deuten, obwohl sie bereits selber erste Anzeichen einer chronischen Venenerkrankung hatten.¹²³

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ödembildung im Unterschenkel durch das Tragen von Kompressionsstrümpfen signifikant reduziert werden kann. Dies gilt sowohl für die junge als auch für die ältere Probandengruppe. Die beiden Kompressionsklassen 1 und 2 unterscheiden sich im direkten Gruppenvergleich nicht signifikant. Kompressionsklasse 2 war aber bei der bioelektrischen Impedanzmessung im zeitlichen Verlauf der Kompressionsklasse 1 überlegen. Bei der älteren Probandengruppe kam es zu einer noch deutlicheren Verringerung der Volumenzunahme im Unterschenkel durch das Tragen von Kompressionsstrümpfen als bei der jungen Probandengruppe. Dies bestätigte die Wasserplethysmographische Volumenmessung.

Bezüglich des Tragekomforts gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Kompressionsklassen. Allerdings konnte sich die junge Probandengruppe ein achtstündiges Tragen der Kompressionsstrümpfe signifikant häufiger vorstellen als die ältere Probandengruppe. Kompressionsklasse 1 war bei beiden Probandengruppen überlegen. An Messtagen ohne Kompressionsstrümpfe hatten die Probanden beider Gruppen signifikant häufiger in der 110. Minute müde/schwere Beine als an Tagen mit Kompressionsstrümpfen.

Die Beschwerdeintensität war insgesamt eher gering, vor allem wurden in beiden Probandengruppen Beschwerden im Fuß, unteren Rücken und im Unterschenkel angegeben. Allerdings gab die ältere Probandengruppe signifikant häufiger Beschwerden während der Stehexposition an als die junge Probandengruppe. Kompressionsklasse 1 erzeugte insgesamt weniger Beschwerden als Kompressionsklasse 2.

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Chronisch venöse Erkrankungen sind in den westlichen Ländern sehr häufig. Dies wurde durch eine Vielzahl von Studien bestätigt. Langanhaltende Stehbelastung im beruflichen Setting wird als ein Risikofaktor für die Entwicklung von Varizen beziehungsweise chronisch venöser Insuffizienz angesehen, ebenso ein höheres Lebensalter. Aufgrund der demographischen Entwicklung ist mit einer weiteren Zunahme der Prävalenz von chronisch venösen Erkrankungen und somit auch mit steigenden Gesundheitskosten zu rechnen.

Das Tragen von Kompressionsstrümpfen hat sich in dieser Studie als gut wirksame Methode zur Verminderung der Volumenzunahme des Unterschenkels während einer zweistündigen Stehexposition gezeigt.

Die Wichtigkeit und Dringlichkeit des Forschungsthemas dieser vorliegenden Studie wird noch durch die neuen, interessanten und gleichzeitig erschreckenden Ergebnisse, der jüngst veröffentlichten Studie von Prochaska et al. (2021) verdeutlicht. Die Studie veröffentlicht erste Erkenntnisse zur Gutenberg-Gesundheitsstudie, einer großen populationsbasierten monozentrischen Kohortenstudie in Westdeutschland. Die Stichprobe setzte sich aus 12 423 Studienteilnehmern im Alter von 40–80 Jahren zusammen. Auch diese Studie konnte eine hohe Prävalenz von chronisch venösen Erkrankungen bestätigen. Die Prävalenz betrug im Stadium C1 (Teleangiektasien und retikuläre Venenektasien) 36,5 %, im Stadium C2 (Varizen) 13,3 % und 40,8 % für die Stadien C3–C6 (CVI). Die höchste Prävalenz (30,1 %) hatte das Stadium C3, eine chronisch venöse Insuffizienz mit Ödem. Höheres Lebensalter und das weibliche Geschlecht wurden als unabhängige Prädiktoren aller Stadien angesehen. Außerdem kamen die Autoren zu der erschreckenden Erkenntnis, dass die Gesamtmortalität über alle Todesarten hinweg bei Menschen mit einer chronisch venösen Insuffizienz deutlich erhöht ist. So hatten in dem Beobachtungszeitraum von über 6 Jahren Menschen mit einer fortgeschrittenen chronisch venösen Insuffizienz eine

ca. 1,7-fach höhere Sterblichkeit, im Vergleich zu Menschen ohne CVI. Dieses Risiko war unabhängig von anderen Faktoren wie Alter, Geschlecht und Begleiterkrankungen.¹²⁴

Wie bereits erörtert, führt Steharbeit zu einer Ödementwicklung, was auf Dauer eine Venenklappeninsuffizienz hervorrufen kann. Wichtige pathologische Grundlage für die Entwicklung der CVI ist die ambulatorische venöse und kapilläre Hypertonie, die durch die Venenklappeninsuffizienz hervorgerufen wird. D. h. die Muskel- und Gelenkpumpen können den venösen Druck in den Extremitäten in stehender Körperlage nicht mehr adäquat reduzieren.¹²⁵

Kompressionsstrümpfe können der Ödembildung und somit diesem Pathomechanismus entgegenwirken. Studien haben gezeigt, dass sich Kompressionsstrümpfe nicht nur positiv auf die Ödementwicklung auswirken, sondern auch noch weitere Vorteile bringen können. So zeigte die Studie von Szolnoky et al. (2021), dass sich bei jungen gesunden Probanden die Aortenpulswellengeschwindigkeit bereits bei milden Anpressdrücken der Kompressionsklasse 1 signifikant reduzieren lässt, was auf einen positiven kardiovaskulären Einfluss hinweist.¹²⁶ Monux et al. (2020) fanden heraus, dass sich durch Kompressionsstrümpfe der Gehalt an Biomarkern positiv in varikösen Venen verändert, die mit der Endothelfunktion, oxidativem Stress, inflammatorischer Prozesse und der Gerinnung assoziiert sind.¹²⁷

Schlussfolgern lässt sich im Zusammenhang der erhobenen Erkenntnisse, dass weiterhin ein großer Forschungsbedarf für die Primärprophylaxe von chronisch venösen Erkrankungen besteht. Diese zeigen in der westlichen Welt eine hohe Prävalenz und sind mit hohen Krankheitskosten, Arbeitsunfähigkeitstagen, erhöhtem Mortalitätsrisiko und Einschränkung der Lebensqualität der Betroffenen verbunden. Auch in Hinblick auf immer älter werdende Arbeitnehmer aufgrund der Erhöhung der Rentenaltersgrenze sind Präventivmaßnahmen dringend zu empfehlen. Auch muss dringend mehr Aufklärung und Öffentlichkeitsarbeit über die Wichtigkeit dieser Erkrankung erfolgen.

Diese Pilotstudie liefert einen wichtigen Hinweis darauf, dass sich Kompressionsstrümpfe bei zweistündiger Stehexposition positiv auf die Ödementwicklung auswirken können. Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 1 könnten als Empfehlung für die Praxis ausreichend sein. Diese waren zwar der Ödementwicklung im zeitlichen Verlauf der Kompressionsklasse 2 etwas unterlegen, erfreuten sich aber einem höheren Zuspruch der Probanden beider Altersgruppen. Auch waren die Beschwerdenintensitäten unter dem Tragen der Kompressionsklasse 1 geringer als unter Kompressionsklasse 2.

Die Stehexposition war mit zwei Stunden relativ kurz. Langzeitergebnisse lassen sich nicht ableiten. Die gewonnenen Ergebnisse sollten erneut mit einer längeren Stehzeit evaluiert werden.

5 Zusammenfassung

Einleitung: Chronisch venöse Erkrankungen sind in der westlichen Welt weit verbreitet. Dauerhaftes berufsbedingtes Stehen gilt als Risikofaktor für die Entwicklung einer chronisch venösen Insuffizienz. Durch die weitestgehende Inaktivierung der Muskelpumpe beim Stehen kommt es zur Entwicklung von Unterschenkelödemen, was langfristig über verschiedene Pathomechanismen zu einer chronisch venösen Insuffizienz führen kann. Durch Kompressionsstrümpfe kann die Ödementwicklung bei Steharbeit reduziert werden. Ziel dieser Pilotstudie war es, den Einfluss von Kompressionsstrümpfen der Kompressionsklasse 1 und 2 auf die Ödementwicklung im Unterschenkel sowie den Tragekomfort und Beschwerden in einer zweistündigen Stehexposition zu untersuchen. Für die Studie lag ein positives Votum der zuständigen Ethik-Kommission an der Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität und am Universitätsklinikum Tübingen vor.

Material und Methoden: Es wurden 32 venengesunde Probandinnen und Probanden in diese Studie eingeschlossen. Diese wurden in eine junge (18–35 Jahre) und eine ältere Gruppe (45–67 Jahre) eingeteilt. Die jüngere Gruppe bestand aus jeweils 10 Probandinnen und 10 Probanden. Die ältere Gruppe bestand aus 11 Probandinnen und einem Probanden. Alle Studienteilnehmenden nahmen drei Termine, in einem Mindestabstand von 48 Stunden, im Labor des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen wahr. Dabei trugen sie randomisiert entweder keine Kompressionsstrümpfe, Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 1 oder Kompressionsstrümpfe der Kompressionsklasse 2. Die Volumenzunahme im Unterschenkel wurde mittels Wasserplethysmographie sowie Bioelektrischer Impedanzanalyse ermittelt. Zusätzlich wurde der Tragekomfort und die körperlichen Beschwerden mit Fragebögen erhoben. Die Venengesundheit der unteren Extremität der Probandinnen und Probanden wurde vor Studienbeginn in der

Universitäts-Hautklinik Tübingen mittels einer Doppler-Sonographie sowie einer Digitalen Photoplethysmographie bestätigt.

Ergebnisse: Durch das Tragen von Kompressionsstrümpfen konnte eine signifikante Reduktion der Volumenzunahme im Unterschenkel im Vergleich zur Stehexposition ohne Kompressionsstrümpfe erreicht werden.

Kompressionsklasse 2 war im zeitlichen Verlauf der Volumenreduktion der Kompressionsklasse 1 überlegen. Beim Tragekomfort gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kompressionsklassen 1 und 2. Die angegebenen Beschwerden waren unter der Stehbedingung ohne Kompressionsstrümpfe am höchsten. Bei Verwendung von Strümpfen der Kompressionsklasse 1 gaben die Studienteilnehmenden weniger Beschwerden an als unter Kompressionsklasse 2. Beschwerden wurden signifikant häufiger in der älteren Gruppe angegeben als in der jüngeren. Die jüngeren Probandinnen und Probanden konnten sich signifikant häufiger vorstellen, die Kompressionsstrümpfe über 8 Stunden zu tragen.

Schlussfolgerung: In dieser Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass sowohl Kompressionsstrümpfe der Klasse 1 mit einem Anpressdruck von 18–21 mmHg sowie Kompressionsstrümpfe der Klasse 2 mit einem Anpressdruck von 23–32 mmHg, eine signifikante Ödemreduktion im Unterschenkel während der zweistündigen Stehexposition bewirken. Dies gilt sowohl für die Gruppe der jüngeren als auch der älteren Studienteilnehmenden. Bei der älteren Gruppe konnte eine höhere Volumenreduktion im Vergleich zu Stehen ohne Strümpfe erreicht werden als bei der jüngeren Gruppe. Auch wenn die vorliegende Studie nicht hypothesenüberprüfend angelegt war, weist sie darauf hin, dass Kompressionsstrümpfe als Präventivmaßnahme gegen Ödeme und längerfristig gegen CVI bei gesunden Personen eingesetzt werden könnten, die Steharbeit verrichten. Die Ergebnisse der Pilotstudie weisen darauf hin, dass Strümpfe der Kompressionsklasse 1 hierfür ausreichend sein könnten.

6 Literaturverzeichnis

1. Lück M, Hünefeld L, Brenscheidt S, Bödefeld M, Hünefeld A. *Grundauswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; 2019.
2. Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit: Eine Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen. *LASI*; 2009.
3. Statistisches Bundesamt. Destatis. Arbeitsmarkt, Erwerbstätigkeit. Abrufbar im Internet: https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/_inhalt.html1 zuletzt geprüft 23.04.2022
4. Mohamad N, Mohd Rohani J, Abdul Rahman I, Amira Mat Zuki A. Perception on prolonged standing work in electronic manufacturing company. *IJET*. 2018;7(3.24):44. doi:10.14419/ijet.v7i3.24.17299
5. Halim I, Omar AR. Development of prolonged standing strain index to quantify risk levels of standing jobs. *Int J Occup Saf Ergon*. 2012;18(1):85-96. doi:10.1080/10803548.2012.11076917
6. Dupuis H, Rieck A. *Stehbelastung - Verkaufspersonal. Belastung und Beanspruchung des Verkaufspersonals durch lange Stehtätigkeit und Maßnahmen zu deren Verminderung*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; 1981.
7. Krause N, Lynch JW, Kaplan GA, Cohen RD, Salonen R, Salonen JT. Standing at work and progression of carotid atherosclerosis. *Scand J Work Environ Health*. 2000;26(3):227-236. doi:10.5271/sjweh.536
8. Mozurkewich E. Working conditions and adverse pregnancy outcome: a metaanalysis. *Obstetrics & Gynecology*. 2000;95(4):623-635. doi:10.1016/s0029-7844(99)00598-0
9. Dupuis H. Orthostatische Beanspruchung bei Arbeiten im Stehen. *Sozial- und Präventivmedizin*. 1980;25(6):375-380. doi:10.1007/BF02078455
10. Darius S, Meyer F, Böckelmann I. Gefährdungsbeurteilung und Arbeitsschutzmaßnahmen in der Chirurgie: Relevantes Wissen über die Arbeitsmedizin. *Chirurg*. 2016;87(11):948-955. doi:10.1007/s00104-016-0205-2
11. Pfisterer L, König G, Hecker M, Korff T. Pathogenesis of varicose veins lessons from biomechanics. *Vasa*. 2014;43(2):88-99. doi:10.1024/0301-1526/a000335

12. Łastowiecka-Moras E. Standing and sitting postures at work and symptoms of venous insufficiency - results from questionnaires and a doppler ultrasound study. *Int J Occup Saf Ergon.* 2021;27(4):963-969. doi:10.1080/10803548.2020.1834232
13. Junge F, Konschake W, Haase H, Jünger M. Influence of compression stockings on the sensation of discomfort and the volume of the lower legs in healthy subjects during standing load. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2021;79(1):91-101. doi:10.3233/CH-219108
14. Boeckelmann I, Sammito S, Meyer F. Arbeitsbelastung durch Anästhesiegase und chirurgische Rauchgase und Schutzmaßnahmen im chirurgischen Operations (OP-)bereich - was der Chirurg wissen sollte. *Zentralbl Chir.* 2013;138(1):94-103. doi:10.1055/s-0032-1328179
15. Darius S, Heinemann F, Meyer F, Boeckelmann I. Arbeitsplatz OP-Saal – Was muss der Chirurg über die Arbeitsmedizin wissen? *Zentralbl Chir.* 2021. doi:10.1055/a-1657-0451
16. *DIN EN ISO 6385:2016-12, Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO_6385:2016); Deutsche Fassung EN_ISO_6385:2016.* Beuth Verlag GmbH.
17. Gisel A. Anatomie des Venensystems. In: Rabe E, ed. *Grundlagen der Phlebologie.* 3., erw. und vollst. überarb. Neuaufl. Viavital-Verl; 2003: 25
18. Aumüller G, Aust G, Doll A, Engele J, Kirsch J, Mense S. *Anatomie: 208 Tabellen; mit DVD zum Präp.-Kurs.* 2., überarb. Aufl. Thieme; 2010.
19. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen.* 2., überarb. und erw. Aufl. Thieme; 2007.
20. Caggiati A, Bergan JJ, Gloviczki P, Eklof B, Allegra C, Partsch H. Nomenclature of the veins of the lower limb: extensions, refinements, and clinical application. *J Vasc Surg.* 2005;41(4):719-724. doi:10.1016/j.jvs.2005.01.018
21. Murena-Schmidt R. Anatomie der tiefen Beinvenen. *Phlebologie.* 2020;49(06):332-339. doi:10.1055/a-1275-6684
22. Caggiati A. Neue anatomische Aspekte in der Terminologie der oberflächlichen Venen der unteren Extremität. In: Rabe E, ed. *Grundlagen der Phlebologie.* 3.erw. und vollst. überarb. Neuaufl. Viavital-Verl; 2003:51-56.
23. Wagner AH. Physiologie und Pathophysiologie der venösen Hämodynamik. In: Noppeney T, Nüllen H, eds. *Diagnostik und Therapie der Varikose.* Springer Berlin Heidelberg; 2010:51-60.

24. Caggiati A. Fascial relationships of the short saphenous vein. *J Vasc Surg.* 2001;34(2):241-246. doi:10.1067/mva.2001.116972
25. Caggiati A, Bergan JJ, Gloviczki P, Jantet G, Wendell-Smith CP, Partsch H. Nomenclature of the veins of the lower limbs: an international interdisciplinary consensus statement. *J Vasc Surg.* 2002;36(2):416-422. doi:10.1067/mva.2002.125847
26. Lüllmann-Rauch R. *Taschenlehrbuch Histologie: 10 Tabellen.* 3., vollst. überarb. Aufl. Thieme; 2009.
27. Welsch U. *Repetitorium Histologie: Zytologie, Histologie, mikroskopische Anatomie; mit 32 Tabellen.* Elsevier Urban & Fischer; 2006.
28. G. Gallenkemper. Hämodynamik , Physiologie, Pathophysiologie und Pathogenese chronischer Venenerkrankungen. In: Rabe E, ed. *Grundlagen der Phlebologie.* 3.erw. und vollst. überarb. Neuaufl. Viavital-Verl; 2003:59-76.
29. Schmidt RF, Lang F, Heckmann M,(Hrsg.). *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie: mit herausnehmbaren Repetitorium.* 31., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer Medizin-Verlag; 2010.
30. van der Molen HG, Kuiper JP. Funktionell ikonographische Analyse des venösen Stauungssyndroms, Corona phlebectatica – Stauungsflecke und andere Zeichen der venösen Stauung.In: Van der Molen, (Hrsg). *Anthologia phlebologica.* Hamburg: Varitex, 1961: 11–38.
Zitiert nach W. Hach, ed. *VenenChirurgie: Operative, interventionelle und konservative Aspekte.* 3. vollst. überarb. und erw. Aufl. Schattauer; 2013: 328
31. W. Hach, ed. *VenenChirurgie: Operative, interventionelle und konservative Aspekte.* 3. vollst. überarb. und erw. Aufl. Schattauer; 2013.
32. Eklof B, Perrin M, Delis KT, Rutherford RB, Gloviczki P. Updated terminology of chronic venous disorders: the VEIN-TERM transatlantic interdisciplinary consensus document. *J Vasc Surg.* 2009;49(2):498-501. doi:10.1016/j.jvs.2008.09.014
33. Leu HJ, Vogt M, Pfrunder H, Odermatt BF. Phleboscclerosis: disorder or disease? *Vasa.* 1991;20(3):230-236.
34. Pannier, F., Noppeney, T., Alm, J., Breu, F. X., Bruning, G., Flessenkämper, I., & Valesky, E. (2019). S2k–Leitlinie Diagnostik und Therapie der Varikose. Im Internet abrufbar: [https://www. awmf. org/uploads/tx_ szleitlinien/037-018l_ S2k_ Varikose_ Diagnostik-Therapie_ 2019- 07. pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/037-018l_S2k_Varikose_Diagnostik-Therapie_2019-07.pdf). Zuletzt geprüft 12.04.22

35. Hach, W. (1980). Phlebographische Untersuchungen zum Spontanverlauf der primären Varikose. *Phlebol Proktol*, 9, 162-165
36. Charles AK, Gresham GA. Histopathological changes in venous grafts and in varicose and non-varicose veins. *J Clin Pathol*. 1993;46(7):603-606. doi:10.1136/jcp.46.7.603
37. Porto LC, Da Silveira PR, Carvalho JJ de, Panico MD. Connective tissue accumulation in the muscle layer in normal and varicose saphenous veins. *Angiology*. 1995;46(3):243-249. doi:10.1177/000331979504600308
38. Raffetto JD, Khalil RA. Mechanisms of varicose vein formation: valve dysfunction and wall dilation. *Phlebology*. 2008;23(2):85-98. doi:10.1258/phleb.2007.007027
39. Cotton LT. Varicose veins. Gross anatomy and development. *Br J Surg*. 1961;48:589-598. doi:10.1002/bjs.18004821203
40. Gillespie DL, Patel A, Fileta B, et al. Varicose veins possess greater quantities of MMP-1 than normal veins and demonstrate regional variation in MMP-1 and MMP-13. *J Surg Res*. 2002;106(2):233-238. doi:10.1006/jsre.2002.6455
41. Raffetto JD, Khalil RA. Mechanisms of lower extremity vein dysfunction in chronic venous disease and implications in management of varicose veins. *Vessel Plus*. 2021;5. doi:10.20517/2574-1209.2021.16
42. Chen Y, Peng W, Raffetto JD, Khalil RA. Matrix metalloproteinases in remodeling of lower extremity veins and chronic venous disease. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2017;147:267-299. doi:10.1016/bs.pmbts.2017.02.003
43. Staubesand J. Matrix-Vesikel und Mediadysplasie: ein neues Konzept zur formalen Pathogenese der Varikosis. *Phlebol Proktol* 1987; 17: 109–140
44. Oklu R, Habito R, Mayr M, et al. Pathogenesis of varicose veins. *J Vasc Interv Radiol*. 2012;23(1):33-9; quiz 40. doi:10.1016/j.jvir.2011.09.010
45. Jacob T, Hingorani A, Ascher E. Overexpression of transforming growth factor-beta1 correlates with increased synthesis of nitric oxide synthase in varicose veins. *J Vasc Surg*. 2005;41(3):523-530. doi:10.1016/j.jvs.2004.12.044
46. Meissner MH, Moneta G, Burnand K, et al. The hemodynamics and diagnosis of venous disease. *J Vasc Surg*. 2007;46 Suppl S:4S-24S. doi:10.1016/j.jvs.2007.09.043
47. Musil D, Kaletova M, Herman J. Age, body mass index and severity of primary chronic venous disease. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2011;155(4):367-371. doi:10.5507/bp.2011.054

48. Vlajinac HD, Radak DJ, Marinkovic JM, Maksimovic MZ. Risk factors for chronic venous disease. *Phlebology*. 2012;27(8):416-422. doi:10.1258/phleb.2011.011091
49. Salmhofer W. Ätiologie, Nomenklatur und Pathophysiologie der chronisch venösen Insuffizienz. *Wiener medizinische Wochenschrift*. 2016;166(9-10):264-269. doi:10.1007/s10354-016-0466-x
50. Patel J, Shah P, Gandhi F. A study of chronic venous insufficiency in relation with body mass index and diameter of saphenofemoral junction and great saphenous vein. *Indian J Vasc Endovasc Surg*. 2021;8(1):58. doi:10.4103/ijves.ijves_50_20
51. Dimakakos E, Syrigos K, Scliros E, Karaitianos I. Prevalence, risk and aggravating factors of chronic venous disease: an epidemiological survey of the general population of Greece. *Phlebology*. 2013;28(4):184-190. doi:10.1258/phleb.2011.011143
52. Vlajinac HD, Marinkovic JM, Maksimovic MZ, Matic PA, Radak DJ. Body mass index and primary chronic venous disease-a cross-sectional study. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2013;45(3):293-298. doi:10.1016/j.ejvs.2012.12.011
53. Porter JM, Moneta GL. Reporting standards in venous disease: an update. International consensus committee on chronic venous disease. *J Vasc Surg*. 1995;21(4):635-645. doi:10.1016/s0741-5214(95)70195-8
54. Eklöf B, Rutherford RB, Bergan JJ, et al. Revision of the CEAP classification for chronic venous disorders: consensus statement. *J Vasc Surg*. 2004;40(6):1248-1252. doi:10.1016/j.jvs.2004.09.027
55. Lurie F, Passman M, Meisner M, et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2020;8(3):342-352. doi:10.1016/j.jvsv.2019.12.075
56. Widmer LK, Kamber V, Da Silva A, Madar G. Chirurgie der Venen Übersicht: Varicosis. *Langenbecks Arch Chir*. 1978;347:203-207. doi:10.1007/bf01579330
57. Rutherford RB, Padberg FT, Comerota AJ, Kistner RL, Meissner MH, Moneta GL. Venous severity scoring: An adjunct to venous outcome assessment. *J Vasc Surg*. 2000;31(6):1307-1312. doi:10.1067/mva.2000.107094
58. Rabe E, Régnier C, Goron F, Salmat G, Pannier F. The prevalence, disease characteristics and treatment of chronic venous disease: an international web-based survey. *J Comp Eff Res*. 2020;9(17):1205-1218. doi:10.2217/ce-2020-0158

59. Vuylsteke ME, Thomis S, Guillaume G, Modliszewski ML, Weides N, Staelens I. Epidemiological study on chronic venous disease in Belgium and Luxembourg: prevalence, risk factors, and symptomatology. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015;49(4):432-439. doi:10.1016/j.ejvs.2014.12.031
60. Beebe-Dimmer JL, Pfeifer JR, Engle JS, Schottenfeld D. The epidemiology of chronic venous insufficiency and varicose veins. *Ann Epidemiol.* 2005;15(3):175-184. doi:10.1016/j.annepidem.2004.05.015
61. Fischer, H. (Ed.). (1981). *Venenleiden: eine repräsentative Untersuchung in der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (Tübinger Studie); 31 Tabellen.* Urban & Schwarzenberg.
62. Evans CJ, Fowkes FG, Ruckley CV, Lee AJ. Prevalence of varicose veins and chronic venous insufficiency in men and women in the general population: Edinburgh Vein Study. *J Epidemiol Community Health.* 1999;53(3):149-153. doi:10.1136/jech.53.3.149
63. Rabe E, Pannier-Fischer F, Bromen K, et al. Bonner Venenstudie der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie. *Phlebologie.* 2003;32(01):1-14. doi:10.1055/s-0037-1617353
64. Kirsten N, Mohr N, Gensel F, Alhumam A, Bruning G, Augustin M. Population-based epidemiologic study in venous diseases in Germany – prevalence, comorbidity and medical needs in a cohort of 19,104 workers. *Vasc Health Risk Manag.* 2021;17:679-687. doi:10.2147/VHRM.S323084
65. Homs-Romero E, Romero-Collado A, Verdú J, Blanch J, Rascón-Hernán C, Martí-Lluch R. Validity of chronic venous disease diagnoses and epidemiology using validated electronic health records from primary care: a real-world data analysis. *J Nurs Scholarsh.* 2021;53(3):296-305. doi:10.1111/jnu.12639
66. Statistisches Bundesamt. Krankheitskosten. Deutschland. Jahre. Krankheitsdiagnosen. Im Internet abrufbar: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=23631-0001&sachmerkmal=ICD10Y&sachschluessel=ICD10-I00-I99,ICD10-I10-I15,ICD10-I20-I25,ICD10-I21,ICD10-I22,Icd10-I30-I52,ICD10-I50,ICD10-I60-I69,ICD10-I60-I61,ICD10-I63,ICD10-I64,ICD10-I69,ICD10-I80-I89,ICD10-I83#abreadcrumb>. Zuletzt geprüft 12.04.2022
67. Die 50 häufigsten ICD-10-Schlüsselnummern nach Fachgruppen aus dem ADT-Panel des Zentralinstituts Jahr 2015. Im Internet abrufbar: https://www.zi.de/fileadmin/images/content/PDFs_alle/Die_50_h%C3%A4ufigsten_ICD-2015.pdf. Zuletzt geprüft 12.04.2022

68. Arbeitsunfähigkeit: Fälle und Tage nach Diagnosen 2015; Ergebnisse der Krankenhausstatistik der gesetzlichen Krankenversicherung, deutsches Bundesministerium für Gesundheit. Im Internet abrufbar: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Statistiken/GKV/Geschaeftergebnisse/AU_Faelle_nach_Diagnosen_2015.pdf. Zuletzt geprüft 12.04.2022
69. Rentenzugänge wegen verminderter Erwerbsfähigkeit in der Gesetzlichen Rentenversicherung im Laufe des Berichtsjahres (Anzahl und je 100.000 aktiv Versicherte). Im Internet abrufbar: https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_olap_tables.prc_set_hierlevel?p_uid=gast&p_aid=6847160&p_sprache=D&p_help=2&p_indnr=851&p_ansnr=92139725&p_version=3&p_dim=D.946&p_dw=14363&p_direction=drill. Zuletzt geprüft 12.04.2022
70. Brendler C, Liebers F, Müller-Nordhorn J, Latza U. Berufsgruppen- und altersabhängige Unterschiede in der Arbeitsunfähigkeit durch Varizen der unteren Extremitäten. *Phlebologie*. 2019;48(02):103-111. doi:10.1055/a-0852-0088
71. Tüchsen F, Hannerz H, Burr H, Krause N. Prolonged standing at work and hospitalisation due to varicose veins: a 12 year prospective study of the Danish population. *Occup Environ Med*. 2005;62(12):847-850. doi:10.1136/oem.2005.020537
72. Lattimer CR, Kalodiki E, Azzam M, Geroulakos G. Haemodynamic performance of low strength below knee graduated elastic compression stockings in health, venous disease, and lymphoedema. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2016;52(1):105-112. doi:10.1016/j.ejvs.2016.04.001
73. Mosti G, Picerni P, Partsch H. Compression stockings with moderate pressure are able to reduce chronic leg oedema. *Phlebology*. 2012;27(6):289-296. doi:10.1258/phleb.2011.011038
74. Benigni JP, Sadoun S, Allaert FA, Vin F. Efficacy of Class 1 elastic compression stockings in the early stages of chronic venous disease. A comparative study. *Int Angiol*. 2003;22(4):383-392.
75. van Geest AJ, Veraart JC, Nelemans P, Neumann HA. The effect of medical elastic compression stockings with different slope values on edema. Measurements underneath three different types of stockings. *Dermatol Surg*. 2000;26(3):244-247. doi:10.1046/j.1524-4725.2000.09200.x
76. Ibegbuna V, Delis K, Nicolaidis AN. Effect of lightweight compression stockings on venous haemodynamics. *Int Angiol*. 1997;16(3):185-188.

77. Berszakiewicz A, Kasperczyk J, Sieroń A, Krasiński Z, Cholewka A, Stanek A. The effect of compression therapy on quality of life in patients with chronic venous disease: a comparative 6-month study. *Postepy Dermatol Alergol.* 2021;38(3):389-395. doi:10.5114/ada.2020.92277
78. Agle CG, Sá CKC de, Amorim DS, Figueiredo MAdM. Evaluation of the effectiveness of wearing compression stockings for prevention of occupational edema in hairdressers. *J Vasc Bras.* 2020;19:e20190028. doi:10.1590/1677-5449.190028
79. Rabe E, Földi E, Gerlach H, et al. *Medizinische Kompressionstherapie der Extremitäten mit medizinischem Kompressionsstrumpf (MKS), phlebologischem Kompressionsverband (PKV) und medizinischen adaptiven Kompressionssystemen (MAK): S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie (DGP) in Kooperation mit folgenden Fachgesellschaften: DDG, DGA, DGG, GDL, DGL, BVP.*
80. Perrin M, Guex JJ. Edema and leg volume: methods of assessment. *Angiology.* 2000;51(1):9-12. doi:10.1177/000331970005100103
81. Hartmann S, Huch R. Response of pregnancy leg edema to a single immersion exercise session. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2005;84(12):1150-1153. doi:10.1111/j.0001-6349.2005.00829.x
82. Rabe E, Carpentier P, Maggioli A. Understanding lower leg volume measurements used in clinical studies focused on venous leg edema. *Int Angiol.* 2018;37(6):437-443. doi:10.23736/s0392-9590.18.04057-9
83. Goldie IF, Gunterberg B, Jacobson C. Foot volumetry as an objective test of the effect of antiphlogistic drugs in ankle sprains. A preliminary study. *Rheumatol Rehabil.* 1974;13(4):204-207. doi:10.1093/rheumatology/13.4.204
84. Garcia M-G, Wall R, Steinhilber B, Läubli T, Martin BJ. Long-lasting changes in muscle twitch force during simulated work while standing or walking. *Hum Factors.* 2016;58(8):1117-1127. doi:10.1177/0018720816669444
85. Mialich, M. S. , Sicchieri, J. M. F. , & Junior, A. A. J. (2014). Analysis of body composition: A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*, 2(1), 1-10.
86. Kyle UG, Bosaeus I, Lorenzo AD de, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226-1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004
87. Mller MJ, Bischoff SC, Kreymann G, et al. Objektive Meßdaten in der Ernährungsmedizin - Wie relevant ist die bioelektrische Impedanzmessung? *Intensivmedizin und Notfallmedizin.* 1999;36(8):737-741. doi:10.1007/s003900050287

88. Jung S, Kim Y, Kang D, Kim SY, Kim I, Kim EM. Distribution of working position among workers with varicose veins based on the national health insurance and national employment insurance data. *Ann Occup Environ Med.* 2020;32:e21. doi:10.35371/aoem.2020.32.e21
89. Kim Y, Png CYM, Sumpio BJ, DeCarlo CS, Dua A. Defining the human and health care costs of chronic venous insufficiency. *Semin Vasc Surg.* 2021;34(1):59-64. doi:10.1053/j.semvascsurg.2021.02.007
90. Rader C, Brenner N. A new principle for fast fourier transformation. *IEEE Trans Acoust., Speech, Signal Process.* 1976;24(3):264-266. doi:10.1109/TASSP.1976.1162805
91. Rodríguez Y, Osorio-Vasco J, Zuluaga I, Múnera A. Leg swelling among colombian florists. In: Black NL, Neumann WP, Noy I, eds. *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*. Springer International Publishing; 2021:262-268
92. Chen C-L, Guo H-R. Varicose veins in hairdressers and associated risk factors: a cross-sectional study. *BMC public health.* 2014;14:885. doi:10.1186/1471-2458-14-885
93. Bahk JW, Kim H, Jung-Choi K, Jung M-C, Lee I. Relationship between prolonged standing and symptoms of varicose veins and nocturnal leg cramps among women and men. *Ergonomics.* 2012;55(2):133-139. doi:10.1080/00140139.2011.582957
94. McCulloch J. Health risks associated with prolonged standing. *Work.* 2002;19(2):201-205.
95. Tüchsen F, Krause N, Hannerz H, Burr H, Kristensen TS. Standing at work and varicose veins. *Scand J Work Environ Health.* 2000;26(5):414-420. doi:10.5271/sjweh.562
96. Tomei F, Baccolo TP, Tomao E, Palmi S, Rosati MV. Chronic venous disorders and occupation. *Am J Ind Med.* 1999;36(6):653-665. doi:10.1002/(sici)1097-0274(199912)36:6%3C653:aid-ajim8%3E3.0.co;2-p
97. Diken AI, Yalçinkaya A, Aksoy E, et al. Prevalence, presentation and occupational risk factors of chronic venous disease in nurses. *Phlebology.* 2016;31(2):111-117. doi:10.1177/0268355514567491
98. Sharif Nia H, Chan YH, Haghdoost AA, Soleimani MA, Beheshti Z, Bahrami N. Varicose veins of the legs among nurses: occupational and demographic characteristics. *Int J Nurs Pract.* 2015;21(3):313-320. doi:10.1111/ijn.12268

99. Abou-EIWafa HS, El-Metwaly AAM, El-Gilany A-H. Lower limb varicose veins among nurses: a single center cross-sectional study in Mansoura, Egypt. *Indian J Occup Environ Med.* 2020;24(3):172-177. doi:10.4103/ijoem.IJOEM_264_19
100. Cires-Drouet RS, Fangyang L, Rosenberger S, et al. High prevalence of chronic venous disease among health care workers in the United States. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2020;8(2):224-230. doi:10.1016/j.jvsv.2019.10.017
101. Quilici Belczak CE, Pereira de Godoy JM, Seidel AC, Belczak S, Neves Ramos R, Caffaro RA. Comparison of 15-20 mmHg versus 20-30 mmHg compression stockings in reducing occupational oedema in standing and seated healthy individuals. *Int J Vasc Med.* 2018;2018:2053985. doi:10.1155/2018/2053985
102. Hirai M, Iwata H, Hayakawa N. Effect of elastic compression stockings in patients with varicose veins and healthy controls measured by strain gauge plethysmography. *Skin Res Technol.* 2002;8(4):236-239. doi:10.1034/j.1600-0846.2001.80401.x
103. Blazek C, Amsler F, Blaettler W, Keo HH, Baumgartner I, Willenberg T. Compression hosiery for occupational leg symptoms and leg volume: A randomized crossover trial in a cohort of hairdressers. *Phlebology.* 2013;28(5):239-247. doi:10.1258/phleb.2011.011108
104. Partsch H, Winiger J, Lun B. Compression stockings reduce occupational leg swelling. *Dermatol Surg.* 2004;30(5):737-43; discussion 743. doi:10.1111/j.1524-4725.2004.30204.x
105. Mayer-Yousif M, Konschake W, Haase H, Jünger M, Riebe H. Influence of medical compression stockings on skin hydration in mainly health care givers with occupational leg symptoms and edema. *Skin Pharmacol Physiol.* 2021;34(2):57-73. doi:10.1159/000512642
106. Reich-Schupke S, Murmann F, Altmeyer P, Stücker M. Quality of life and patients' view of compression therapy. *Int Angiol.* 2009;28(5):385-393.
107. Weiss RA, Duffy D. Clinical benefits of lightweight compression: reduction of venous-related symptoms by ready-to-wear lightweight gradient compression hosiery. *Dermatol Surg.* 1999;25(9):701-704. doi:10.1046/j.1524-4725.1999.99064.x
108. Blättler W, Kreis N, Lun B, Winiger J, Amsler F. Leg symptoms of healthy people and their treatment with compression hosiery. *Phlebology.* 2008;23(5):214-221. doi:10.1258/phleb.2008.008014

109. Blättler W, Thomae H-J, Amsler F. Venous leg symptoms in healthy subjects assessed during prolonged standing. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2016;4(4):455-462. doi:10.1016/j.jvsv.2016.03.002
110. Lee Y, Kim K, Kang S, et al. Compression stocking length effects on oedema, pain and satisfaction in nursing students: a pilot randomized trial. *Healthcare (Basel).* 2020;8(2). doi:10.3390/healthcare8020149
111. Mosti G, Partsch H. Occupational leg oedema is more reduced by antigraduated than by graduated stockings. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2013;45(5):523-527. doi:10.1016/j.ejvs.2013.01.032
112. Buset CS, Fleischer J, Kluge R, et al. Compression stocking with 100 % donning and doffing success: an open label randomised controlled trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2021;61(1):137-144. doi:10.1016/j.ejvs.2020.09.027
113. Belczak CEQ, de Godoy, J M P, Ramos RN, Oliveira MA de, Belczak SQ, Caffaro RA. Rate of occupational leg swelling is greater in the morning than in the afternoon. *Phlebology.* 2009;24(1):21-25. doi:10.1258/phleb.2008.008042.
114. Belczak CEQ, Godoy JMP de, Ramos RN, Oliveira MA de, Belczak SQ, Caffaro RA. Is the wearing of elastic stockings for half a day as effective as wearing them for the entire day? *Br J Dermatol.* 2010;162(1):42-45. doi:10.1111/j.1365-2133.2009.09396.x
115. Wall R, Lips O, Seibt R, Rieger MA, Steinhilber B. Intra- and inter-rater reliability of lower leg waterplethysmography, bioelectrical impedance and muscle twitch force for the use in standing work evaluation. *Physiol Meas.* 2017;38(5):701-714. doi:10.1088/1361-6579/aa6711
116. Musch J, Brockhaus R, Bröder A. Ein Inventar zur Erfassung von zwei Faktoren sozialer Erwünschtheit. *Diagnostica.* 2002;48(3):121-129. doi:10.1026//0012-1924.48.3.121
117. Fink A. The Survey Kit: How to Ask Survey Questions (Vol. 1). Sage. 2. ed. *Sage Publ;* 2003.
118. Bühner M. Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 3., aktualisierte und erw. Aufl (Online-Ausg.). *Pearson Studium;* 2011.
119. Stücker M, Danneil O, Dörler M, Hoffmann M, Kröger E, Reich-Schupke S. Safety of a compression stocking for patients with chronic venous insufficiency (CVI) and peripheral artery disease (PAD). *J Dtsch Dermatol Ges.* 2020;18(3):207-213. doi:10.1111/ddg.14042

120. Wu SC, Crews RT, Skratsky M, et al. Control of lower extremity edema in patients with diabetes: Double blind randomized controlled trial assessing the efficacy of mild compression diabetic socks. *Diabetes Res Clin Pract.* 2017;127:35-43. doi:10.1016/j.diabres.2017.02.025
121. Rother U, Grussler A, Griesbach C, Almasi-Sperling V, Lang W, Meyer A. Safety of medical compression stockings in patients with diabetes mellitus or peripheral arterial disease. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2020;8(1). doi:10.1136/bmjdr-2020-001316
122. Wu SC, Crews RT, Najafi B, Slone-Rivera N, Minder JL, Andersen CA. Safety and efficacy of mild compression (18-25 mmHg) therapy in patients with diabetes and lower extremity edema. *J Diabetes Sci Technol.* 2012;6(3):641-647. doi:10.1177/193229681200600319
123. Nowak M, Mehrholz D, Barańska-Rybak W, Nowicki RJ. Chronic venous disorders - common and yet unknown - a study of public awareness and primary symptoms in a selected group of patients. *Postepy Dermatol Alergol.* 2021;38(4):585-589. doi:10.5114/ada.2021.108911
124. Prochaska JH, Arnold N, Falcke A, et al. Chronic venous insufficiency, cardiovascular disease, and mortality: a population study. *Eur Heart J.* 2021;42(40):4157-4165. doi:10.1093/eurheartj/ehab495
125. Rabe E. *Praktische Phlebologie.* 2., vollständig überarbeitete Auflage. Thieme; 2006.
126. Szolnoky G, Gavallér H, Gönczy A, et al. The effects of below-knee medical compression stockings on pulse wave velocity of young healthy volunteers. *J Strength Cond Res.* 2021;35(1):275-279. doi:10.1519/JSC.0000000000002636
127. Moñux G, La Serna-Soto Md, Plá-Sanchez F, et al. Compression stockings attenuate the expression of proteins associated with vascular damage in human varicose veins. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2021;9(2):428-434. doi:10.1016/j.jvsv.2020.05.020
128. Steinhilber B, Enghofer A, Wall R, Lips O, Seibt R, Schmeltzpfenning T, Rieger MA. Reduktion des Unterschenkelvolumens während einer Stehexposition durch Kompressionsstrümpfe – Einfluss der Kompressionsklasse. 57. *Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.*, 15.-17. März 2017, Hamburg. S. 147
129. Seibt R, Enghofer A, Rieger MA, Steinhilber B. Development of edema and its reduction by compression stockings during prolonged standing – a laboratory study. *IEA*, 26.-30. August 2018, Florenz, Italien. Nr. 2438

130. Steinhilber B, Enghofer A, Seibt R, Rieger MA. Einfluss von Kompressionsstrümpfen auf die Volumenänderung im Unterschenkel bei einer zweistündigen Stehexposition – Bedeutung der Kompressionsklasse. *64. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.*, 21.-23. Februar 2018, Frankfurt am Main. S.30

131. Steinhilber B, Enghofer A, Seibt R, Rieger MA. Reduction of leg swelling by compression stockings with different compression intensities during a two hour standing exposure – a pilot study. *ICOH 2018*, 29. April-04. Mai 2018, Dublin, Irland. OEM 75(2), <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2018-ICOHabstracts.792>

A Anhang

A.1 Probandeninformation



Studienleitung UKT:
Dr. Benjamin Steinhilber
Med. Universitätsklinik,
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de
Telefon:07071-29-86805

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin
und Versorgungsforschung
Wilhelmstrasse 27
72074 Tübingen
Ärztliche Direktorin: Prof. Dr. M.A. Rieger

Weitere Informationen und Terminvereinbarung:
Frau Enghofer / Frau Glückman 07071-29-82069
arbeitsphysiologie@med.uni-tuebingen.de

Anlage 4a: Probandeninformation für gesunde Studieninteressierte

Pilotstudie - Einfluss der Kompressionsklasse von
Kompressionsstrümpfen auf das Unterschenkelödem und Beschwerden bei
Stehexposition

Probandeninformation

Sehr geehrte Damen und Herren,

haben Sie Interesse an der Pilotstudie: „Einfluss der Kompressionsklasse von
Kompressionsstrümpfen auf die Ödemreduktion und Beschwerden bei Stehexposition“
teilzunehmen?

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Steharbeitsplätze sind in der deutschen Arbeitswelt weit verbreitet. Dauerhaftes Stehen bedeutet für viele Beschäftigte eine hohe Belastung und kann unter anderem zu venösen Erkrankungen wie Krampfadern führen. Es wird angenommen, dass vor allem das Anschwellen der Beine bei langem Stehen eine Belastung darstellt, die das Risiko für venöse Erkrankungen erhöht. Es ist zwar bekannt, dass Kompressionsstrümpfe das Anschwellen der Beine mindern, allerdings führt eine hohe Kompression dazu, dass solche Strümpfe wegen des geringeren Tragekomforts nicht nutzen. Daher wird in dieser Studie untersucht, ob das Anschwellen der Beine durch Strümpfe mit leichter (Kompressionsklasse 1) und mittlerer (Kompressionsklasse 2) Kompression in gleicher Weise verhindert/reduziert werden kann.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Sie sollen an drei Tagen mit verschiedenen experimentellen Bedingungen (Laboruntersuchungen) teilnehmen. Jeder Tag beinhaltet eine zweistündige Stehphase. Vor und im Anschluss an diese Stehphase wird Ihr Unterschenkelvolumen gemessen, um herauszufinden in welchem Maß Ihre Beine anschwellen. Zusätzlich wird im Verlauf der Stehphase mehrfach erfasst, ob es zu Flüssigkeitsverschiebungen in Ihren Beinen kommt, die auf eine Volumenänderung hindeuten. An einem Tag tragen Sie während der Stehphase keine Kompressionsstrümpfe, an einem weiteren Tag tragen Sie Kompressionsstrümpfe mit leichter Kompressionsklasse (Klasse I) und an einem dritten Tag tragen Sie Kompressionsstrümpfe mit mittlerer Kompressionsklasse (Klasse II). Die Reihenfolge der Testbedingungen an den drei Tagen erfolgt per Zufall (Losverfahren).

An einem zusätzlichen Termin (separater Tag) werden Sie in der Hautklinik Tübingen hinsichtlich Ihrer Venengesundheit untersucht. Dabei kommen keine invasiven Untersuchungen oder Untersuchungen des Blutes zur Anwendung. Lediglich bildgebende Verfahren wie Ultraschall werden eingesetzt, um den Gesundheitszustand Ihrer Venen in den unteren Extremitäten zu untersuchen.

2.1 Studiendauer

Gesamtstudiendauer

Die Dauer der Studie beträgt etwa 10 Monate. Darin sind 4 Monate als Messphase eingeplant, in denen sämtliche Untersuchungen durchgeführt und Daten erhoben werden. Danach folgt die Auswertephase und Publikation der Ergebnisse, die den größten Teil der Gesamtstudiendauer einnehmen.

Studiendauer pro Studienteilnehmerin und Studienteilnehmer

Für Sie als einzelnen Studienteilnehmenden beträgt die Studiendauer drei Tage mit einem zeitlichen Aufwand von etwa 3,5 Stunden pro Tag. Zwischen den Tagen sollte ein Abstand von etwa 2-7 Tagen liegen. Insgesamt sollen 60 Studienteilnehmer an dieser Pilotstudie teilnehmen. Zusätzlich erfolgt eine ca. 30-minütige Untersuchung in der Hautklinik des Universitätsklinikums Tübingen.

2.2 Studienort

Die Messungen der Studie finden im Arbeitsphysiologischen Labor des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung statt.

Das Labor befindet sich im Untergeschoss des Gebäudes (Wilhelmstraße 27, 72076 Tübingen) in Raum U38.

2.3 Untersuchungen an einem „exemplarischen“ Messtag

In Tabelle 1 sind die einzelnen Untersuchungsteile eines Tages dargestellt.

Tabelle 1: zeitlicher Ablauf eines Tag

Dauer	Untersuchung
15 min	<ul style="list-style-type: none">• Prüfen der Ein- und Ausschlusskriterien / Erfragung der Krankengeschichte• Probandenfragebogen
25 min	<i>Vorbereitung der Messungen: Hautvorbereitung / Elektrodenanbringung</i>
Vortest	
25 min	<ul style="list-style-type: none">• Beinumfangsmessung mittels Maßband• Volumenmessung des Unterschenkels mittels Wasserbad• Bioelektrische Impedanzmessung mittels Hautelektroden
120 min	Expositionsphase Stehen mit oder ohne Kompressionsstrumpf
Nachuntersuchung	
25 min	<ul style="list-style-type: none">• Volumenmessung des Unterschenkels• Bioelektrische Impedanzmessung

Die Tage 2 und 3 laufen nach demselben Schema ab, jedoch finden die Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien, die Erfragung der Krankengeschichte sowie die allgemeine Befragung nur am ersten Tag statt.

2.4 Detaillierte Darstellung der einzelnen Messungen

Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien:

Anamnese (Krankengeschichte): Nachdem Sie sich schriftlich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen, wird Ihnen am ersten Tag ein/e Mitarbeiter / Mitarbeiterin des Instituts Fragen zu Ihrer Krankengeschichte stellen und dabei die genauen Ein- und Ausschlusskriterien prüfen.

Funktionsprüfung: Nach der Anamnese, wird der/dieselbe Mitarbeiter/in verschiedene Funktionstests im Bereich Ihrer Beine durchführen, um zu prüfen, ob mögliche

Beeinträchtigungen vorliegen, die in der späteren Datenauswertung berücksichtigt werden sollten oder sogar einen Studienausschluss bedingen. Außerdem erfolgt die Messung von Herzfrequenz und Blutdruck. Wenn keinerlei Bedenken bezüglich Ihrer Studienteilnahme vorliegen, werden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen bei Ihnen durchgeführt.

Probandenfragebogen

Es wird Ihnen ein Probandenfragebogen ausgehändigt, mit dem Angaben zu Ihrer Person, Ihrer beruflichen Tätigkeit und sportlichen Aktivität abgefragt werden. Die Anamnese, Funktionsprüfung und die Befragung mit dem Probandenfragebogen finden ausschließlich am ersten Tag statt.

Beschwerdewahrnehmung

Zur subjektiven Einschätzung von möglichen Beschwerden während der Stehphase sollen Sie alle 30 min Ihre empfundene Beschwerden auf einer Skala von 0-10 einschätzen (0=keine Beschwerden, 10 = maximale Beschwerden).

Umfang und Volumen des Unterschenkels

Um die Veränderung des Umfangs Ihres Unterschenkels zu messen, wird das Volumen an einem Ihrer beiden Unterschenkel mittels Wasserbad und dabei auftretender Wasserverdrängung gemessen. Dazu stellen Sie Ihren Unterschenkel in ein Gefäß mit warmem Wasser (ca. 25-30°C). Zusätzlich wird das Volumen beider Unterschenkel mittels Umfangsmessungen, die mit einem Maßband durchgeführt werden, erfasst. Ergänzend wird eine bioelektrische Impedanzmessung durchgeführt. Dabei wird eine in die Wade eingeleitete geringe (nicht spürbare) Spannung mittels Oberflächenelektroden alle 10 min gemessen. Spannungsänderungen basieren auf einer veränderten Impedanz in der unteren Extremität infolge von Flüssigkeitsverschiebungen. Die Impedanzänderung wiederum hängt stark mit einer Änderung des Unterschenkelvolumens zusammen. Dieses Vorgehen ermöglicht es Volumenänderung im Unterschenkel im zeitlichen Verlauf zu messen.

2.5 Anforderungen und Vorgaben

- Bitte bringen Sie zu den Untersuchungen eine kurze Sporthose und bequeme Schuhe, mit denen Sie zwei Stunden stehen können, mit.
- Bitte treiben Sie 24 Stunden vor einem Tag **keinen** Sport und versuchen Sie, körperliche Anstrengungen zu vermeiden.
- Bitte nehmen Sie an beiden Tagen möglichst dieselbe Art und Menge an Frühstück und Flüssigkeit zu sich. Starke Unterschiede in der Nahrungsaufnahme können die Signale der bioelektrischen Impedanzmessung beeinflussen.
- An den Untersuchungstagen erhalten Sie etwas zu Trinken.

3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie voraussichtlich keinen direkten persönlichen Gesundheitsnutzen haben.

4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Durch das lange Stehen kann es in seltenen Fällen zu Schwindelzuständen und Blutdruckabfällen mit kurzer Bewusstlosigkeit kommen. Bei ersten Anzeichen dafür können Sie auf einer Liege (in unmittelbarer Nähe zum Steharbeitsplatz) platznehmen.

Durch die Elektroden und die dazu notwendige Hautvorbereitung, kann es zu Hautirritation oder -rötungen kommen; in seltenen Fällen zu allergischen Reaktionen. Durch das lange Stehen kann ein Gefühl der Muskelverspannung und -ermüdung auftreten. Evtl. spüren Sie in den Tagen nach einer Untersuchung einen Muskelkater.

Alle in der Studie verwendeten technischen Geräte sind CE-zertifiziert und werden ausschließlich wie vom Hersteller vorgesehen verwendet. Die Messungen werden teilweise mit Photographien dokumentiert, um mögliche Störungen in den Messsignalen hinterher nachvollziehen zu können. Auf Ihren Wunsch kann die Teilnahme an der Studie jederzeit abgebrochen werden. Sie können Ihr Einverständnis zur Studienteilnahme ohne Angabe von Gründen jederzeit widerrufen. Daraus entstehen Ihnen keinerlei Nachteile. Eine Wegeunfallversicherung oder eine

Studienteilnehmendenversicherung ist nach Auskunft der Rechtsabteilung des UKT nicht erforderlich und wurde entsprechend nicht abgeschlossen.

5. Wer darf an dieser Studie nicht teilnehmen?

In dieser Studie werden Probanden untersucht, die ein erwerbsfähiges Alter haben und prinzipiell vollschichtig arbeitsfähig sind. Es sollen insgesamt 60 Personen (40 Personen ohne Venenbeschwerden und 20 Personen mit leichter venöser Insuffizienz) eingeschlossen werden.

Einschlusskriterien:

- Alter 18 – 35 und 45 – 67
- gesunde Personen
- der Proband gibt nach Erhalt der mündlichen und schriftlichen Erläuterung der Studieninhalte und -ziele sein freiwilliges Einverständnis

Ausschlusskriterien:

- Menschen unter Rauschmitteleinfluss, Analgetika oder Muskelrelaxantien, Antihypertensiva oder gefäßerweiternde Medikamente (z.B. Kalziumantagonisten, ACE-Hemmer)
- Alkoholabusus
- leistungseingeschränkte Personen, die aufgrund ihrer Einschränkung an einem derartig beschaffenen Arbeitsplatz nicht vollschichtig einsetzbar wären
- Menschen mit akuten Erkrankungen oder Schmerzen
- nicht einwilligungsfähige Personen
- Je nach Schweregrad müssen Probanden mit Erkrankungen der Wirbelsäule, des Hand-Arm-Systems, Muskelerkrankungen, symptomatischen neurologisch-psychiatrischen Erkrankungen, ggf. mit regelmäßigen Medikationen, akuten Schmerzsymptomatik, Fehl- und Schonhaltungen oder anderen aktuellen Erkrankungen ausgeschlossen werden.

6. Finanzierung der Studie?

Die Studie wird aus Eigenmitteln des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung und Mitteln der Firma BSN medical durchgeführt.

7. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der Studie? Erhalte ich eine Aufwandsentschädigung?

Sie erhalten bei einer vollständigen Studienteilnahme (Teilnahme an allen drei Tagen) eine Probandenprämie in Höhe von 100,- €. Sollten Sie nur an einem Tag teilnehmen können, erhalten Sie 15,- €, bei Teilnahme an zwei Tagen sind es 30,- €. Reisekosten werden nicht übernommen.

7. Werden mir neue Erkenntnisse der Studie mitgeteilt?

Bei Interesse werden Sie nach Studienabschluss über Erkenntnisse dieser Studie informiert.

8. Wer entscheidet, ob ich aus der Studie ausscheide?

Es ist gewährleistet, dass Sie sich jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne, dass ein Nachteil für Sie entsteht, von der Teilnahme zurücktreten können.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Studienleiter entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z. B. sein:

- Ihre weitere Teilnahme an der Studie ist aus medizinischen Gründen nicht mehr vertretbar

9. Was geschieht mit meinen Daten?

Im Rahmen der Studie wird mit pseudonymisierten Daten gearbeitet. Dies bedeutet, dass nicht Ihr Name, sondern eine Kennnummer verwendet wird. Die Pseudonymisierung erfolgt durch Zuordnung einer zufällig generierten, fünfstelligen Kennnummer zum untersuchten Probanden. Ein Rückschluss von der Probandennummer auf die untersuchte natürliche Person ist nur durch Einsicht der Decodierungsliste möglich, welche getrennt von den Messdaten in einem Schrank verschlossen am hiesigen Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung aufbewahrt wird. Neben der Decodierungsliste werden dort die Einwilligungserklärungen aufbewahrt. Ihre persönlichen Daten (d.h. Name, Adresse etc.) werden spätestens ein Jahr nach Ihrer Teilnahme an der Studie vernichtet, außer Sie stimmen gesondert der Aufnahme in eine Probandendatenbank zu. Die im Rahmen der vorliegenden Studie pseudonymisiert erhobenen Befragungs- und Messdaten werden über einen Zeitraum von 10 Jahren nach der Veröffentlichung der Ergebnisse aufbewahrt bzw. gespeichert. Die Vernichtung der Daten in Papierform erfolgt über die am Universitätsklinikum bereitgestellten Entsorgungsboxen für Datenschutzmüll, in

elektronischer Form gespeicherte Daten durch Überspielen (Speicherkarten der Geräte und Kamera). Die Aufzeichnung der bioelektrischen Impedanz Daten (Messung von Flüssigkeitsverschiebungen im Bein) erfolgt auf einem Rechensystem (Notebook) in einem nur mittels Passwort zugänglichen Bereich. Dieses Notebook ist keinem Netzwerk zugänglich. Die Verarbeitung der pseudonymisierten Messwerte erfolgt innerhalb des UKT-Intranets, für das strenge Datenschutzregeln gelten.

Die Messgeräte werden für alle Messungen in identischer Weise konfiguriert, um eine mögliche Assoziation zwischen Messkonfiguration und Studienteilnehmendem auszuschließen.

Während Sie stehen erfolgt eine Fotodokumentation anhand der Ihre Körperhaltung bei der Datenauswertung nachvollzogen werden kann. Diese Fotodokumentation erfasst lediglich Ihren Körper bis zum Hals, so dass Sie für die auswertende Person nicht erkennbar sind.

10. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Bei Fragen oder auftretenden Schwierigkeiten können Sie jederzeit, d.h. auch im Nachgang Ihrer Studienteilnahme, Kontakt mit der Studienleitung (Seite 1 der Probandeninformation oben) aufnehmen.

A.2 Einwilligungserklärung Probanden

Studienleitung

Dr. Benjamin Steinhilber

Tel.: 07071-29-86805

Fax: 07071-29-4362

Benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung

Wilhelmstrasse 27

72076 Tübingen

Ärztliche Direktorin: Prof. Dr. M. A. Rieger

Information zum Datenschutz und Einwilligungserklärung zur Studie – gesunde
Studienteilnehmende

„Pilotstudie - Einfluss der Kompressionsklasse von
Kompressionsstrümpfen auf das Unterschenkelödem und
Beschwerden bei Stehexposition“

Information zum Datenschutz

Ihre im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und ausschließlich in verschlüsselter Form weitergegeben. Die für die wissenschaftliche Untersuchung wichtigen Daten werden in verschlüsselter (pseudonymisiert, ohne Namensnennung) Form in einen gesonderten Dokumentationsbogen eingetragen.

Die Zuordnung der verschlüsselten Daten zu Ihrer Person ist nur anhand einer Reidentifikationsliste möglich, die in einem verschlossenen Schrank, getrennt von den Studienunterlagen aufbewahrt wird und nur dem Studienleiter und der Ärztlichen Direktorin der Abteilung zugänglich ist. Nach Veröffentlichung der Studienergebnisse werden die Daten für die Dauer von 10 Jahren im Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung aufbewahrt. Sollten Sie von der Studie zurücktreten, können Sie entscheiden, ob die bereits vorliegenden Daten vernichtet werden müssen oder weiterverwendet werden dürfen.

Einwilligungserklärung

Ich wurde heute von _____ (Name des Studienbetreuers) über die Ziele und den Ablauf des Untersuchungsprogramms, die Impedanzmessung mittels Elektrostimulation am Bein, der Blutdruckmessung, der Volumenmessung des Unterschenkels informiert. Ich weiß, dass die Untersuchungen teilweise mit Fotos dokumentiert werden und bin bereit, an diesen Untersuchungen teilzunehmen.

Den Fragebogen zu Beschwerden und Erkrankungen werde ich nach bestem Wissen beantworten. Akute Erkrankungen wie Schmerzen, Fieber, Übelkeit o. ä. liegen bei mir heute nicht vor.

Ich wurde über folgende Nebenwirkungen oder Risiken dieser Untersuchung informiert:

- Hautirritation oder -rötungen durch die Klebeelektroden und die dazu notwendige Hautvorbereitung; in seltenen Fällen allergische Reaktionen
- Kribbel- oder Spannungsgefühle im Bereich der abgeleiteten Elektroden durch Klebeelektroden und Kabelzug
- Gefühl der Verspannung und Muskelermüdung im Rahmen des Untersuchungsprogramms
- Möglichkeit von Schwindelzuständen, Blutdruckabfällen und geringe Gefahr einer Ohnmacht durch das lange Stehen.

Die Untersuchungen können jederzeit auf meinen Wunsch abgebrochen und mein Einverständnis ohne Angabe von Gründen widerrufen werden. Daraus entstehen mir keinerlei Nachteile.

Ich erkläre mich mit der Verwendung der im Rahmen der Studie „Pilotstudie - Einfluss der Kompressionsklasse von Kompressionsstrümpfen auf das Unterschenkelödem und Beschwerden bei Stehexposition“ erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden.

Außerdem bin ich damit einverstanden, dass die erhobenen Daten in weiteren Studien des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und

Versorgungsforschung verwendet werden dürfen* (*falls nicht, diesen Abschnitt bitte streichen).

Ich kann jeder Zeit meine Daten beim Studienleiter einsehen.

Proband / Probandin

Tübingen, den

Unterschrift

Name des Probanden/der
Probandin in Blockschrift

Studienbetreuer

Tübingen, den

Unterschrift

Name des Studienbetreuers
(Mitarbeiter/-in des Instituts für
Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung

A.3 CRF

CRF Allgemeine Angaben

Geschlecht	weiblich <input type="checkbox"/>	männlich <input type="checkbox"/>	
Alter	_____ (Jahre)		
Körpergröße (ohne Schuhe)	_____ (cm)		
Körpergewicht (ohne Schuhe)	_____ (kg)		
Randomisierung: IMP Bein	<input type="checkbox"/> IMP rechtes Bein <input type="checkbox"/> IMP linkes Bein		
Randomisierung:	Experimentelle Bedingung	Tag (1-3)	
	Ohne Kompression		
	Kompressionsklasse I		
	Kompressionsklasse II		

CRF Ein- und Ausschlusskriterien

Studienabschnitt	Datum	Check	Anmerkungen
Ein- und Ausschlusskriterien		<input type="checkbox"/>	
Untersucher	_____ <input type="checkbox"/>		
Studieneinschluss	Ja <input type="checkbox"/>		Nein <input type="checkbox"/>

Bemerkung:

1. Ein- und Ausschlusskriterien

Allgemein		
	Ja	nein
Deutschsprachig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einverständniserklärung unterschrieben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausschluss	<input type="checkbox"/>	

Wirbelsäule		
	nein	Ja
Bandscheibenvorfall (-fälle)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehlstellungen der Wirbelsäule (mit mehr als altersüblicher Bewegungseinschränkung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Versteifung der Wirbelsäule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erkrankungen des Rückenmarks		
Ausschluss		<input type="checkbox"/>

Untere Extremitäten		
	nein	Ja
Plegien		
Bewegungseinschränkungen über die Hälfte des normalen Bewegungsumfangs der Gelenke		<input type="checkbox"/>
Sensibilitätsstörungen		
Muskel- oder Gefäßerkrankungen		
Ausschluss		

Systemische Erkrankungen		
	nein	Ja
Diabetes Mellitus (anamnestisch)		
Ausschluss		

Symptomatische neurologische Erkrankungen		
	nein	Ja
Parkinson (anamnestisch)		
Symptomatische sensorische und/oder motorische Polyneuropathie (anamnestisch)		
Ausschluss		<input type="checkbox"/>

Grob orientierende Untersuchung		
	ja	nein
Hüftextension über Neutral- Null- Stellung möglich		
Kniestreckung bis Neutral- Null- Stellung möglich		
Beugung des Oberen Sprunggelenkes bis 10° über Neutral- Null- Stellung möglich		
Gangbild unauffällig		
LWS- Stellung im Normbereich (keine extreme Kyphose, Lordose oder Skoliose)		
Blutdruck systolisch (RR \leq 139 / \geq 100 mmHg)		
<p>Cor: HF _____ /min,</p> <p>RR _____ mmHG (links), wenn nicht ok, dann andere Seite auch messen</p> <p>RR _____ mmHG (rechts)</p>		
Ausschluss:	<input type="checkbox"/>	

2.Vorausgehende Operation an Wirbelsäule oder unterer Extremitäten

Art der OP	Datum	Komplikationen (Dropout)

Medikation

Vollständige regelmäßige Medikation	
1. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
2. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
3. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>
4. Präparat _____ Dosierung _____	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen :

A.4 Nordischer Fragebogen

Fragebogen über Beschwerden am Bewegungsapparat
(Nordischer Fragebogen)



1. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an!

1 weiblich 2 männlich

2. Welche Nationalität haben Sie?

0 Deutsch 1 andere

.....

4. Wie alt sind Sie?

Lebensalt Jahre

5. Wie wird Ihre jetzige Tätigkeit bezeichnet?

.....
...

5. Wie lange haben Sie diese Tätigkeit bei Ihrem derzeitigen Arbeitgeber ausgeübt?

ca. Jahre Monate

6. Wie lange haben Sie diese Tätigkeit insgesamt, also auch bei anderen Arbeitgebern ausgeübt?

ca. Jahre Monate

7. Wieviele Stunden arbeiten Sie im Durchschnitt in der Woche (Regelarbeitszeit + Überstunden)?

..... Stunden

8. Welche anderen Tätigkeiten haben Sie in Ihrem Leben bisher ausgeübt (Lehre, Studium, Wehrdienst, Berufstätigkeiten usw.)? Wie lange dauerten diese? Falls der vorgesehene Platz in der Tabelle nicht ausreicht, verwenden Sie bitte die Rückseite dieses Bogens.

Zeitraum von - bis	Bezeichnung der Tätigkeit

Ihre Bemerkungen:

Fragebogen zu Beschwerden am Stütz- und Bewegungsapparat

1. Gab es bisher einen Arbeitsplatzwechsel aus gesundheitlichen Gründen ?

- 0 Nein 1 Ja

2. Wieviel wiegen Sie ?

Ihr Körpergewicht: ca. kg

3. Wie groß sind Sie?

Ihre Körpergröße : ca. cm:

4. Sind Sie Rechts- oder Linkshänder?

- 1 Linkshänder 2 Rechtshänder

5. Treiben Sie regelmäßig Sport? Wenn ja, welchen?

- 0 Nein 1 Ja

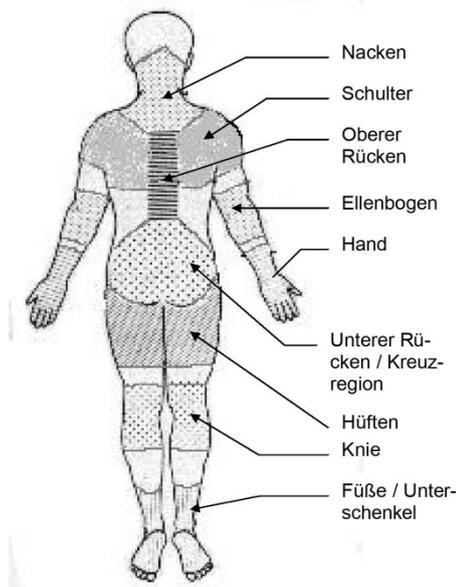
Sportart

.....

ca. Stunden pro Woche

6. Rauchen Sie?

- 0 Nein 1 Ja



In den nächsten Fragen sollen Sie angeben, ob Sie in einem bestimmten Körperbereich schon einmal Schmerzen oder Beschwerden hatten. Die Körperregionen, die auf den nächsten Seiten abgefragt werden, wurden in der links abgebildeten kleinen Figur eingezeichnet.

Die Grenzen zwischen den Körperregionen können auch ineinander übergehen. Sie entscheiden bitte selbst, welche Körperbereiche betroffen sind.

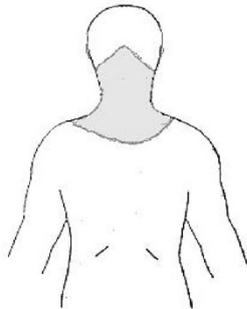
Unter Schmerzen sind sowohl punktförmige und eng begrenzte Schmerzen bis hin zu nicht genau lokalisierbaren und nicht genau beschreibbaren Schmerzempfindungen in den angegebenen Körperregionen zu verstehen.

Bitte berücksichtigen Sie auch Schmerzen, wenn Sie in einen anderen Körperbereich (z.B. ein Ischias-Schmerz) ausstrahlen! In Zweifelsfällen versuchen Sie bitte die am meisten zutreffende Antwort zu geben!

Allgemeine Angaben zu Beschwerden im Muskel-Skelett-System

Hatten Sie während der letzten 12 Monate zu irgend einer Zeit Beschwerden oder Schmerzen in folgenden Körperregionen?	Diese beiden Spalten sind nur zu beantworten, wenn die Fragen in der 1. Spalte (links) mit „Ja“ beantwortet wurden.	
	Waren sie wegen der Beschwerden in den letzten <u>12 Monaten</u> irgendwann nicht in der Lage, ihre normale Arbeit zu tun (beruflich, zu Hause oder Freizeitbeschäftigungen)?	Hatten Sie während der letzten <u>7 Tage</u> irgendwann Beschwerden?
1. Nackenregion		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
2. Schulterregion		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
3. Ellenbogenregion		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
4. Handgelenke / Hände		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja, rechts <input type="checkbox"/> 2 Ja, links <input type="checkbox"/> 3 Ja, beidseits	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
5. Oberer Rücken / Brustwirbelsäule		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
6. Unterer Rücken (Kreuz)		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
7. Ein oder beide Hüften / Oberschenkel		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
8. Ein oder beide Knie		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja
9. Ein oder beide Knöchel / Füße		
<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja	<input type="checkbox"/> 0 Nein <input type="checkbox"/> 1 Ja

**Fragen zu Beschwerden in der Nackenregion /
Halswirbelsäule**



Unter **Nackenschmerzen** werden Stechen, Schmerzen und Mißempfindungen in dem schraffierten Gebiet zusammengefaßt.

Bitte konzentrieren Sie sich ausschließlich auf diesen Bereich, berücksichtigen Sie nicht Beschwerden, die in benachbarten Körperteilen auftreten. Solche Beschwerden, z.B. im Schultergebiet, werden gesondert erfragt.

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - ein Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden im Nacken bzw. im Bereich der Halswirbelsäule (schraffierter Bereich)?

- 0 Nein
Falls Sie keine Beschwerden hatten, fahren Sie bitte mit der Beantwortung auf der folgenden Seite bei Frage 1 fort.

1 Ja

2. Waren Sie jemals wegen dieser Nackenschmerzen im Krankenhaus?

- 0 Nein 1 Ja

3. Wurden Sie im Bereich des Nackens während eines Unfalles verletzt?

- 0 Nein 1 Ja

4. Mußten Sie aufgrund von Nackenschmerzen irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

- 0 Nein 1 Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten insgesamt Nackenschmerzen verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte.

Beschwerden im Nacken hatte ich in den letzten 12 Monaten...

- 0 niemals (bzw. 0 Tage).
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tage, jedoch nicht täglich.
 4 jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr keine Nackenschmerzen hatten, fahren Sie bitte bei Frage 1 auf der nächsten Seite fort.

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Nackenschmerzen hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen!

6. Haben die Nackenschmerzen Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

- 0 Nein 1 Ja

B. Freizeitaktivitäten

- 0 Nein 1 Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Nackenschmerzen Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

- 0 So stark waren die Beschwerden nicht.
 1 an 1-7 Tagen.
 2 an 8-30 Tagen.
 3 an mehr als 30 Tagen.

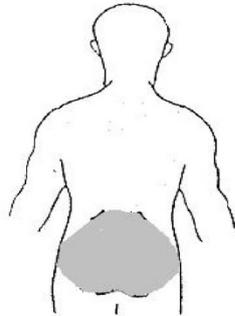
8. Haben Sie wegen Ihrer Nackenschmerzen einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

- 0 Nein 1 Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Beschwerden in der Nackenregion?

- 0 Nein 1 Ja

**Fragen zu Beschwerden im unteren Rücken
(Kreuz / Lendenwirbelsäule)**



Die folgenden Fragen beziehen sich auf den schraffierten Körperteil. Bei Beschwerden im Kreuz sind z.B. gemeint: lokaler punktförmiger Schmerzen, nicht genau lokalisierbare Schmerzen oder nicht genau zu beschreibende Schmerzempfindungen in dem schraffierten Gebiet, unabhängig davon, ob der Schmerz in ein Bein oder beide Beine ausstrahlt (Ischias).

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - ein Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden im Kreuz bzw. im Bereich der Lendenwirbelsäule (schraffierter Bereich)?

◦ Nein
Falls Sie keine Beschwerden hatten, fahren Sie bitte auf der folgenden Seite bei Frage 1 fort.

1 Ja

2. Waren Sie jemals wegen Ihrer Rückenbeschwerden im Krankenhaus?

◦ Nein 1 Ja

3. Wurden Sie im Bereich der Lendenwirbelsäule während eines Unfalles verletzt?

◦ Nein 1 Ja

4. Mußten Sie aufgrund von Rückenbeschwerden irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

◦ Nein 1 Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten insgesamt Rückenbeschwerden verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte!

Beschwerden im Rücken hatte ich in den letzten 12 Monaten...

- niemals (bzw. 0 Tage).
- 1 an 1-7 Tagen.
- 2 an 8-30 Tagen.
- 3 an mehr als 30 Tage, jedoch nicht täglich.
- 4 jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr keine Rückenbeschwerden hatten, fahren Sie bitte bei Frage 1 auf der nächsten Seite fort.

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Rückenbeschwerden hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen!

6. Haben die Rückenbeschwerden Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

◦ Nein 1 Ja

B. Freizeitaktivitäten

◦ Nein 1 Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Rückenbeschwerden Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

- So stark waren die Beschwerden nicht.
- 1 an 1-7 Tagen.
- 2 an 8-30 Tagen.
- 3 an mehr als 30 Tagen.

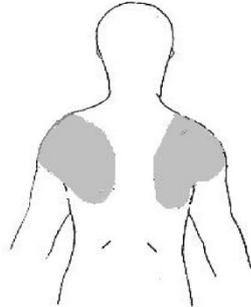
8. Haben Sie wegen Ihrer Rückenbeschwerden einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

◦ Nein 1 Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Rückenbeschwerden?

◦ Nein 1 Ja

Fragen zu Beschwerden in den Schultern



Unter **Schulterbeschwerden** werden Stechen, Schmerzen und Mißempfindungen in dem oben gekennzeichneten Bereich zusammengefaßt.

Bitte konzentrieren Sie sich hier ausschließlich auf diesen Bereich, berücksichtigen Sie nicht Beschwerden, die in benachbarten Bereichen (z.B. Nacken) auftreten.

Bitte beantworten Sie die Fragen durch Einsetzen von Kreuzen in die Antwortfelder - ein Kreuz für jede Frage. In Zweifelsfällen versuchen Sie die am meisten zutreffende Antwort zu geben.

1. Hatten Sie irgendwann in Ihrem Leben Beschwerden in den Schultern (schraffierter Bereich) ?

₀ Nein
Falls Sie **keine** Beschwerden hatten, entfällt die Beantwortung der folgenden Fragen.

₁ Ja, links ₂ Ja, rechts ₃ Ja, beidseitig



2. Waren Sie jemals wegen Ihrer Schulterbeschwerden im Krankenhaus?

₀ Nein ₁ Ja

3. Wurden Sie im Bereich der Schultern während eines Unfalles verletzt?

₀ Nein ₁ Ja, links
 ₂ Ja, rechts
 ₃ Ja, beidseitig

4. Mußten Sie aufgrund von Schulterbeschwerden irgendwann einmal Ihre Arbeitsstelle oder berufliche Tätigkeit wechseln?

₀ Nein ₁ Ja

5. Bitte geben Sie an, wie lange Sie in den letzten 12 Monaten Schulterbeschwerden verspürt haben! Falls Sie mehrfach krank waren, addieren Sie bitte alle Zeitabschnitte!

Beschwerden in den Schultern hatte ich in den letzten 12 Monaten...

- ₀ niemals (bzw. 0 Tage).
- ₁ an 1-7 Tagen.
- ₂ an 8-30 Tagen.
- ₃ an mehr als 30 Tage, jedoch nicht täglich.
- ₄ jeden Tag.

Falls Sie im letzten Jahr **keine** Schulterbeschwerden hatten, entfällt die Beantwortung der folgenden Fragen.

Falls Sie jedoch im letzten Jahr Schulterbeschwerden hatten, beantworten Sie bitte auch die folgenden Fragen!



6. Haben die Schulterbeschwerden Sie veranlaßt, Ihre Aktivitäten während der letzten 12 Monate einzuschränken?

A. Arbeitsaktivitäten (Berufstätigkeit oder Hausarbeit)

₀ Nein ₁ Ja

B. Freizeitaktivitäten

₀ Nein ₁ Ja

7. Über welche Zeitspanne haben die Schulterbeschwerden Ihre normale Arbeit (beruflich oder Hausarbeit) während der letzten 12 Monate behindert?

- ₀ So stark waren die Beschwerden nicht.
- ₁ an 1-7 Tagen.
- ₂ an 8-30 Tagen.
- ₃ an mehr als 30 Tagen.

8. Haben Sie wegen Ihrer Schulterbeschwerden einen Arzt, einen Chiropraktiker oder Physiotherapeuten o.ä. aufgesucht?

₀ Nein ₁ Ja

9. Hatten Sie in der letzten Woche bzw. in den letzten 7 Tagen irgendwann Schulterbeschwerden?

₀ Nein ₁ Ja

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

A.5 Kontrollformular

Kontrollformular - Ablauf der Messungen

Studie: Kompression

Wasserplethysmografie		
Sitzhöhe		cm
Temperatur vor 1.Messung		°C
1.Messung		ml
Temperatur 2. Messung		°C
2. Messung		ml

Randomisierung		Check	Bemerkung
1. _____		<input type="checkbox"/>	
2. _____			
3. _____			
Bein	links	<input type="checkbox"/>	
	rechts	<input type="checkbox"/>	
Schuhmodell _____		<input type="checkbox"/>	
gegessen _____			

--	--	--	--

Aufklärung 1. Messtag		Check	Bemerkung
Unterschrift		<input type="checkbox"/>	

Vorbereitung	Dauer	Check	Bemerkung
Proband umziehen lassen		<input type="checkbox"/>	
Proband auf Liege	15 min	<input type="checkbox"/>	
Strumpfgösse ermitteln (nur 1. Messtag)		<input type="checkbox"/>	
Markierung für Umfangmessung			
Beine hochlagern		<input type="checkbox"/>	
Umfangvermessung nach Kuhnke beidseits		<input type="checkbox"/>	
Elektroden kleben			

Messung

Test	Dauer	Check	Bemerkung
Proband an PS11/ Strom anschließen <ul style="list-style-type: none"> • Kabel fixieren Stromstärke ermitteln _____ Messung starten Impedanzmessung sofort 2 Minuten stehen Impedanzmessung 30 sec vorher ruhig auf beiden Beinen stehen Umfangmessung (Position 4 cm an Bein mit Elektroden)	22s 2 min 22s	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Wasserplethysmografie <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fuß komplett auf den Boden stellen</i> • Sitzposition • Wäscheklammer setzen, Zahl notieren • <i>Strümpfe bereitlegen</i> 	5 min	<input type="checkbox"/>	Position Wäscheklammer_____

Strümpfe anziehen im Liegen <ul style="list-style-type: none"> kleines Loch auf Elektrodenhöhe 		<input type="checkbox"/>	
Elektroden anschließen Impedanz sofort 2 Minuten stehen		<input type="checkbox"/>	
0.Minute Impedanzmessung Umfangmessung (s.o) Beschwerden	22s	<input type="checkbox"/>	
Impedanzmessung: 5. Minute 10.Minute <ul style="list-style-type: none"> Komfort 15.Minute	22 s	<input type="checkbox"/>	

20.Minute			
30.Minute			
<ul style="list-style-type: none"> • Beschwerden 			
45. Minute			
60.Minute			
<ul style="list-style-type: none"> • Beschwerden • <i>Wasser richten</i> 			
75. Minute			
90. Minute			
<ul style="list-style-type: none"> • Beschwerden 			
105. Minute			
<ul style="list-style-type: none"> • 110. Minute Komfort 			
120. Minute			
<ul style="list-style-type: none"> • Beschwerden • Umfangmessung (s.o) 			
Strümpfe aus im Liegen		<input type="checkbox"/>	max. 4 Minuten
sofort Impedanz		<input type="checkbox"/>	
Umfangmessung (s.o)		<input type="checkbox"/>	

<p>2 Minuten stehen</p> <p>122. Minute Impedanz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umfangmessung (s.o) <p>Wasserplethysmografie</p> <p>(entfällt bei Messung ohne Strümpfe)</p> <p>Proband anschließen an PS11</p> <p>Impedanzmessung</p> <p>0.Minute</p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>5 min</p> <p>22s</p>	
---	---	--

<ul style="list-style-type: none">• Beschwerden <p>5.Minute</p> <p>10.Minute</p> <p>15. Minute</p> <p>20. Minute</p>		
--	--	--

A.6 Unterschenkelvermessung

Proband S19P_ _ _

Datum:

Bedingung: _____

Messung Kompressionsstrumpf: (nur an 1. Messtag ausfüllen)

cD (Umfang am Fibulaköpfchen) _____ cm

cC (Wadenumfang) _____ cm

cB1(Umfang Wadenansatz) _____ cm

cB (Beinumfang Fessel) _____ cm

LD (Höhe Fibulaköpfchen) _____ cm

ermittelte Größe:

A.7 Fragebogen Tragekomfort

Anlage 7: Fragebogen zum Tragekomfort von Kompressionsstrümpfen

T0 - Erhebungszeitpunkt: 10. Minute Stehen

1. Haben Sie schon einmal Kompressionsstrümpfe getragen (außerhalb dieser Studie) ?

Ja nein

2. Bitte bewerten Sie folgende Aussagen:

2.1. Ich kann mir vorstellen, die Kompressionsstrümpfe über eine Arbeitsschicht (Arbeit in stehender Körperhaltung) von 8 Stunden zu tragen.

Ja nein

2.2. Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend/unangenehm.

trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

2.3. Ich habe müde/schwere Beine.

trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

T1 – Erhebungszeitpunkt: 110. Minute Stehen

1. Bitte bewerten Sie folgende Aussagen:

1.1. Ich kann mir vorstellen, die Kompressionsstrümpfe über eine Arbeitsschicht (Arbeit in stehender Körperhaltung) von 8 Stunden zu tragen.

Ja nein

1.2. Ich empfinde das Tragen der Strümpfe als störend/unangenehm.

trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

1.3. Ich habe müde/schwere Beine.

trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

2. Bitte bewerten Sie die folgenden Eindrücke im Zusammenhang mit dem Kompressionsstrumpf.

	1=stimme gar nicht zu									10=stimme vollständig zu
1. Der Strumpf gab Halt	<input type="checkbox"/>									
2. Der Strumpf saß bequem	<input type="checkbox"/>									
3. Die Haut juckt unter dem Strumpf	<input type="checkbox"/>									
4. Der Strumpf bewirkte ein Schwitzen auf der Haut	<input type="checkbox"/>									
5. Der Strumpf war zu eng	<input type="checkbox"/>									
6. Der Strumpf schnürte die Haut am Bündchen ein	<input type="checkbox"/>									

7. Der Strumpf schnürte die Haut am Fuß ein ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

8. Die Feuchtigkeit staute sich unter dem Strumpf ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

9. Die Wärme staute sich unter dem Strumpf im Wadenbereich ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

10. Die Wärme staute sich unter dem Strumpf im Fußbereich ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

11. Durch den Strumpf entstanden kalte Füße ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

12. Der Strumpf rutschte ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇ ₈ ₉ ₁₀

3. **Bitte mit Ihren eigenen Worten:** Was war besonders positiv, was besonders negativ beim Tragen des Strumpfes?

4. **Haben Sie sonst noch Anmerkungen?**

Fragebogen

T0 – Erhebungszeitpunkt: 10. Minute Stehen

1.1 Ich habe müde/schwere Beine.

- trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

T1 – Erhebungszeitpunkt: 110. Minute Stehen

1.2 Ich habe müde/schwere Beine.

- trifft vollständig zu trifft eher zu trifft eher nicht zu
 trifft nicht zu

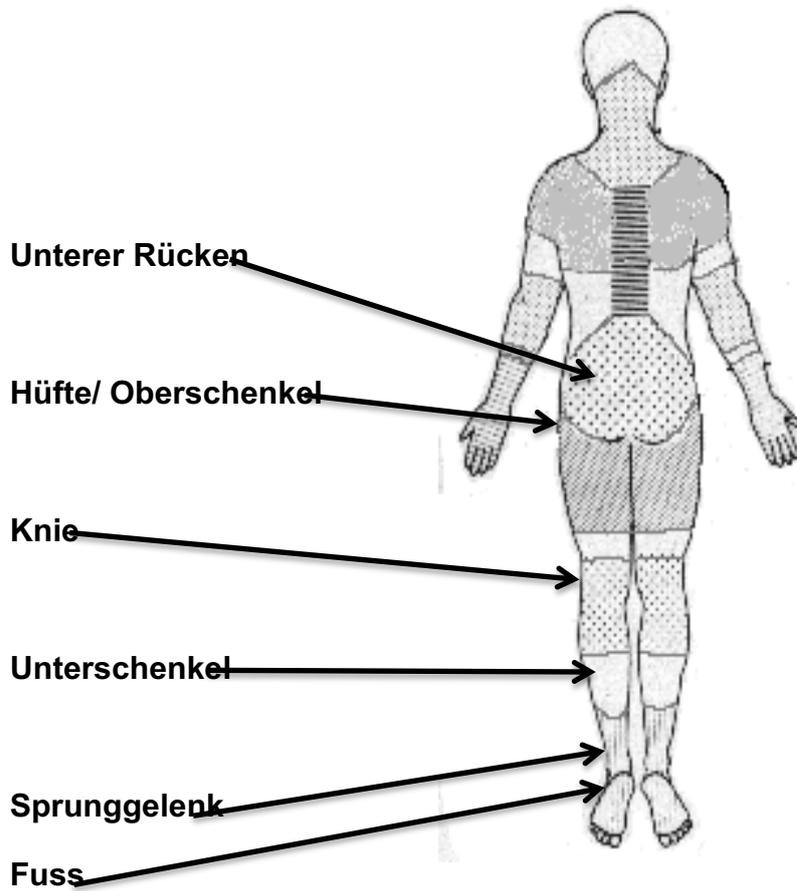
A.8 Abfrage Beschwerden

Anlage 3: Selbsteinschätzung von Beschwerden während der Expositionsphase

Studienabschnitt		Datum	Check	Anmerkungen						
Untersucher:										
Abfrage: Haben Sie Beschwerden/Schmerzen? → Wo? → Wie stark, wenn „0=nichts spürbar“ und „10=nicht auszuhalten“?										
Zeit	Miss-empfindung	Kein Schmerz/Missempfindung 0  10 unerträgliche(r)Schmerz/Missempfindung								
		Wo?	Unterer Rücken	Hüfte/Oberschenkel	Knie	Unterschenkel	Sprunggelenk	Fuß		
0	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									
30 min	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									
60 min	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									
90 min	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									
120min	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									
-0 min	<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja:									

Studie: Kompression

Beschwerden



keine-
stärkste

Beschwerden 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

7 Erklärung zum Eigenanteil

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen sind als solche gekennzeichnet und keine anderen als die angegebenen Quellen sind verwendet worden. Die der Dissertation zugrunde liegende Studie wurde in Zusammenarbeit mit Frau Prof. Dr. med. Monika A. Rieger und PD Dr. rer. nat. Benjamin Steinhilber konzipiert und von Frau Prof. Dr. med. Monika A. Rieger und PD Dr. rer. nat. Benjamin Steinhilber betreut. Die Durchführung der Versuche erfolgte, nach Anleitung durch PD Dr. rer. nat. Benjamin Steinhilber und Robert Seibt, durch mich. Wenige Messungen wurden unterstützend durch die wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts Angelika Marx durchgeführt. Die Auswertungen der Impedanzwerte wurde, nach Einführung durch Robert Seibt, durch mich durchgeführt, ebenfalls die Auswertung der restlichen erhobenen Daten. Die Literaturrecherche erfolgte durch mich. Die statistische Auswertung erfolgte, nach Einführung in die Statistik durch PD Dr. rer. nat. Benjamin Steinhilber, durch mich.

Ich versichere zudem, dass ich die vorliegende Dissertation nur in diesem und in keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe. Dem aktuellen Promotionsverfahren gehen keine gescheiterten Promotionsverfahren voraus.

_____, den _____

8 Liste der Veröffentlichungen

Teilergebnisse dieser Studie wurden bereits veröffentlicht unter den Titeln:

Steinhilber B, Enghofer A, Wall R, Lips O, Seibt R, Schmeltzpfenning T, Rieger MA. Reduktion des Unterschenkelvolumens während einer Stehexposition durch Kompressionsstümpfe – Einfluss der Kompressionsklasse.

57. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., 15.-17. März 2017, Hamburg.

S.147 ¹²⁸

Seibt R, Enghofer A, Rieger MA, Steinhilber B. Development of edema and its reduction by compression stockings during prolonged standing – a laboratory study. IEA, 26.- 30. August 2018, Florenz, Italien. Nr. 2438 ¹²⁹

Steinhilber B, Enghofer A, Seibt R, Rieger MA. Einfluss von Kompressionsstrümpfen auf die Volumenänderung im Unterschenkel bei einer zweistündigen Stehexposition – Bedeutung der Kompressionsklasse.

64. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., 21.- 23.

Februar 2018, Frankfurt am Main. S.30 ¹³⁰

Steinhilber B, Enghofer A, Seibt R, Rieger MA. Reduction of leg swelling by compression stockings with different compression intensities during a two hour standing exposure – a pilot study.ICOH 2018, 29. April-04. Mai 2018, Dublin,

Irland. OEM 75(2), <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2018-ICOHabstracts.792> ¹³¹

Außerdem wurden die erhobenen Messwerte und Ergebnisse der älteren Probandengruppe der Masterstudentin des Labors A. Griese für ihre Forschungsfrage: „Einfluss der Kompressionsklasse von Kompressionsstrümpfen auf die Ödembildung und Beschwerden bei zweistündiger Stehexposition: Ein Vergleich zwischen Personen mit und ohne chronisch venöse Insuffizienz“, zur Verfügung gestellt.

Danksagung

Ihnen, Frau Prof. Dr. med. Monika A. Rieger, meiner Doktormutter, danke ich für die Überlassung des Themas, dem entgegengebrachten Vertrauen und die unendliche Geduld und Verständnis für die lange Dauer der Fertigstellung dieser Dissertation.

Benjamin Steinhilber, ich kann nicht in Worte fassen wie dankbar ich dir bin. Danke für die herzliche Aufnahme in deinem Labor, die herausragende Betreuung während der ganzen Zeit. Danke für die Einarbeitung in die Statistik und die wertvollen Tipps und Tricks. Danke für deine Geduld, die tollen Gespräche und deine positive Art.

Rudolf Wall und Robert Seibt, danke für die kollegiale Aufnahme. Danke für die Einführung in die Impedanzmessung, für das Probestehen und die Tipps für die statistische Auswertung.

Prof. Dr. med. A. Strölin und ihrem Team der Universitäts-Hautklinik Tübingen danke ich für die freundliche Zusammenarbeit und die Untersuchung der Probandinnen und Probanden auf deren Venengesundheit. Besonders danken möchte ich Herrn Dr. med. Toni Silber für die freundlichen Gespräche und die Befundübermittlung.

Ich danke allen Probandinnen und Probanden, für die Teilnahme an meiner Studie.

Alexandra Köhler, danke, dass ich dich seit dem Kindergarten Freundin nennen darf. Danke, dass du immer für mich da bist und mich bei der langen Fertigstellung dieser Dissertation ermutigt hast, nicht aufzugeben. Danke, dass du Teil meines Lebens bist.

Ganz besonders möchte ich meinen Eltern danken, die mir mein Studium und diese Dissertation ermöglicht haben und immer hinter mir standen und an mich geglaubt haben.