



Steharbeit in der Produktion ergonomisch gestalten

Rudolf Wall



Gliederung

- **Einordnung** des Themas in die Arbeit des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung
- **Hintergrund** zu Gesundheitsrisiken durch Steharbeit
- **Handlungsempfehlungen (LASI)**
 - Einordnung in eigene Forschungsergebnisse
- **Risikobewertung mittels Modellbildung**
- **Ausblick**
- Exkurs Chairless Chair



Arbeitsbedingte
Belastungen -
Arbeitsgestaltung

Gesundheitsversor-
gung für Menschen
im Erwerbsalter

Arbeits-
medizinische
Ambulanz

Lehre

Gesundheitliche Auswirkungen und Gestaltung von Steharbeit

2014 - 2015

ab 2015

Einfluss von
langem Stehen
auf
Risikosurrogat-
parameter

präventive
Wirkung von
Gehen?

Methoden-
studien zur
Erfassung von
Risikosurrogat-
parametern?

Forschungs-
projekt
gefördert durch
die BGHW
2015 - 2018

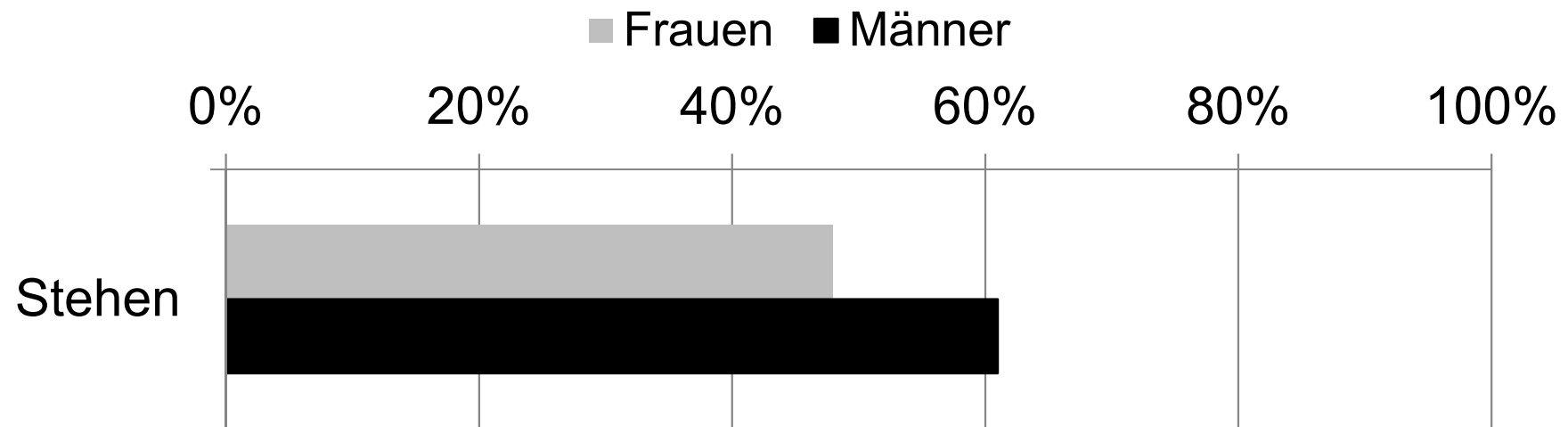
Einfluss von
Kompressions-
strümpfen bei
langem Stehen

- Haltungsänderung im Bereich der LWS
- Bewegungsverhalten im Bereich der LWS
- Unterschenkelödem
- Muskelermüdung
- Subj. Beschwerden
- ...

- Einfluss einer Antiermüdungsmatte
- **Entwicklung eines Vorhersagemodells bei Steharbeit**



1998 Quebec Health and Social Survey, N ≈ 10000



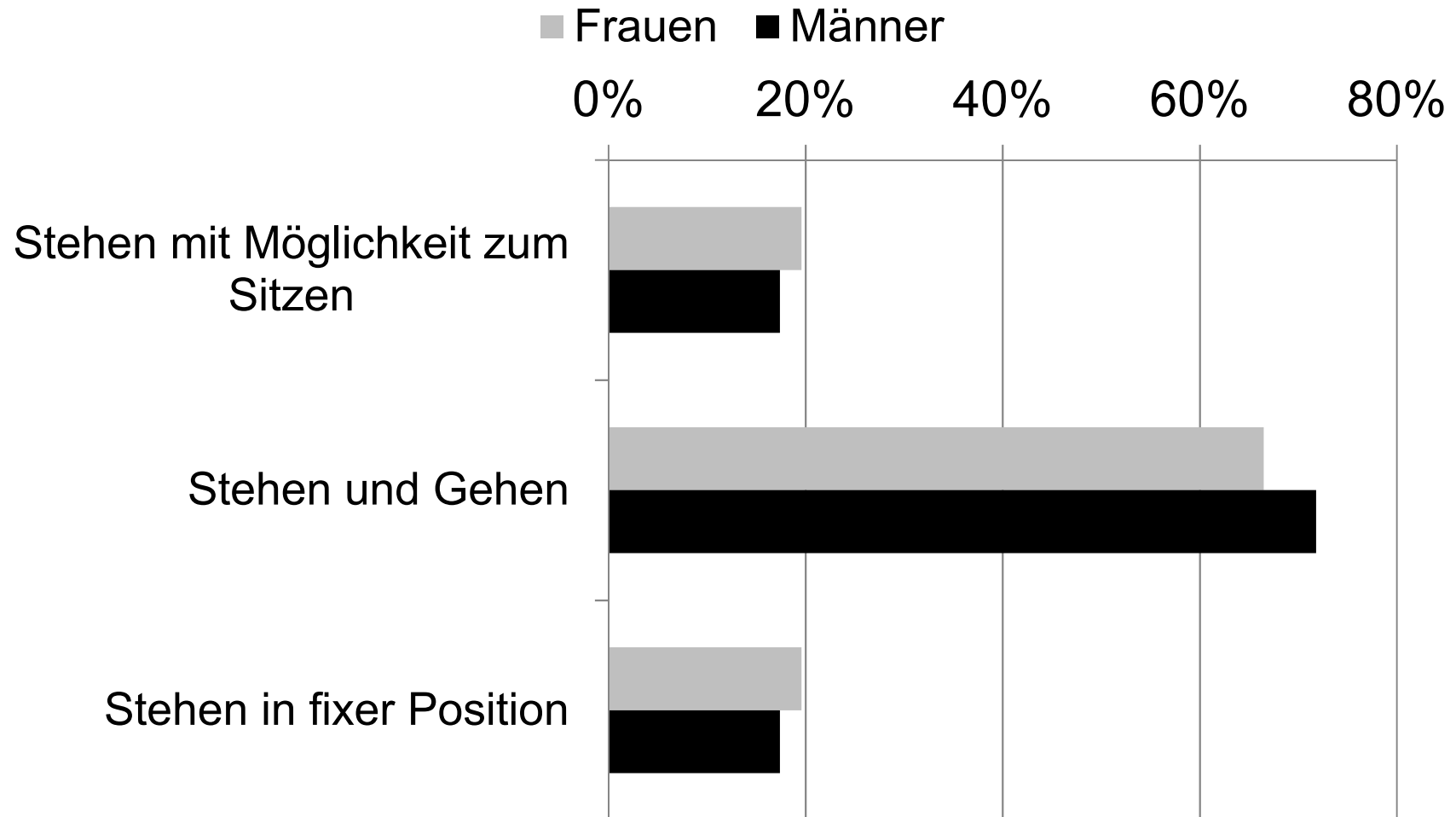
(Quelle: Tissot, Messing, Stock, 2009)

Fast die Hälfte der Beschäftigten steht während mehr als drei Viertel ihrer Arbeitszeit

[The European Working Conditions Survey 2010]



Stehen und Gehen bei der Arbeit (1998 Quebec Health and Social Survey, N ≈ 4500)





Gesundheitliche Risiken durch Stehen bei der Arbeit

Assoziierte Beschwerden / Erkrankungen

muskuloskelettale Beschwerden

- Rückenschmerz
- Schmerz in den Beinen
 - Plantarfasciitis
 - Achillessehne Entzündung

chronisch venöse Erkrankungen

- Varizen (Krampfadern)
- Chronisch-venöse Insuffizienz

[Wittig et al. 2013, Pensri et al., 2009; Werner et al., 2010, Edwards, 1988; Sjøgaard & Sjøgaard, 1998, King 2002, Sorensen 2015, Rannisto 2015; Tomei et al., 1999, Uda et al. 1997, Seo et al. 2001, Sancini et al., 2012; Sudol-Szopinska 2011, www.ohcow.de]

Frühgeburten und Fehlgeburt (unklare Datenlage)

- Frühgeburtsrisiko um 1,3-fache erhöht bei Stehdauer >8h/Tag [Klebanoff 1990] oder >3h/Tag [Mozurkewich 2000]
- Fehlgeburtsrisiko um 1,6-fache erhöht bei Stehdauer >8h/Tag, wenn bereits eine frühere Fehlgeburt vorlag [Eskenazi 1994]



Empfehlungen zu Steharbeit



LÄNDERAUSSCHUSS FÜR ARBEITSSCHUTZ UND SICHERHEITSTECHNIK

L A S I

Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit

Eine Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen



Begriffsdefinition

„**Andauernde Steharbeit**“ im Sinne dieser Handlungsanleitung ist Arbeit in der Körperhaltung Stehen,

die ohne die Möglichkeit, sich wenige 20 cm zur Seite, nach vorn, nach hinten zu bewegen /6/

oder ohne zeitweilige Entlastung durch Gehen oder Sitzen zur **Zwangshaltung** wird.

Wie bei allen statischen Haltungen ist die „**Dauer ohne Entlastung**“ das Kriterium für Beschwerden bzw. gesundheitliche Auswirkungen /28/, /32/, /33/, /39/.

Stehen mit der Möglichkeit sich frei zu bewegen, fällt nicht unter **andauernde Steharbeit**.



Tabelle zur Risikobeurteilung

Risikobereich 1	Bis 2,5 Stunden	<p>Geringe Stehbelastung keine Überlastung erwartbar Anteil Stehen: Sitzen/Gehen wie 1 : 2 Empfehlung: Anteil Sitzen : Stehen : Gehen wie 60 : 30 : 1</p>
Risikobereich 2	Mehr als 2,5 bis 4 Stunden	<p>Erhöhte Stehbelastung Für vermindert belastbare Personen¹ Überlastung möglich.</p> <p>Anteil Stehen: Sitzen/Gehen ca. 1 : 1</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind empfehlenswert.</p>
Risikobereich 3	Mehr als 4 bis 5,5 Stunden	<p>Wesentlich erhöhte Stehbelastung Für normal belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen möglich.</p> <p>Beschäftigungsverbot für Schwangere nach Ablauf des 5. Monats</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.</p>
Risikobereich 4	Mehr als 5,5 Stunden	<p>Hohe Stehbelastung Für normal belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen wahrscheinlich.</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind zwingend erforderlich.</p>

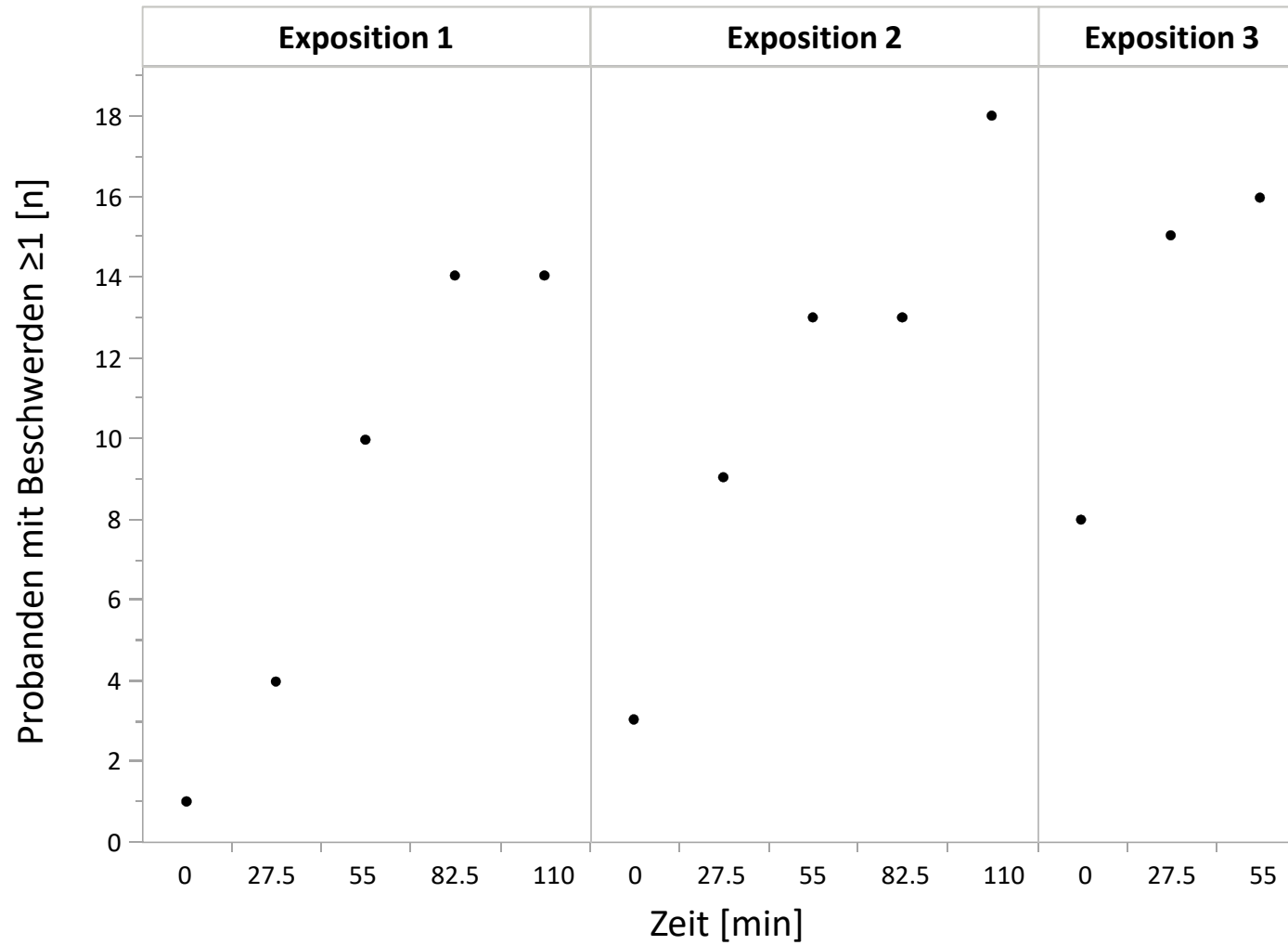
¹Vermindert belastbar sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die auf Grund individueller Faktoren wie z.B. vorbestehender Skoliosen oder Bindegewebsschwächen leistungsgemindert sind.

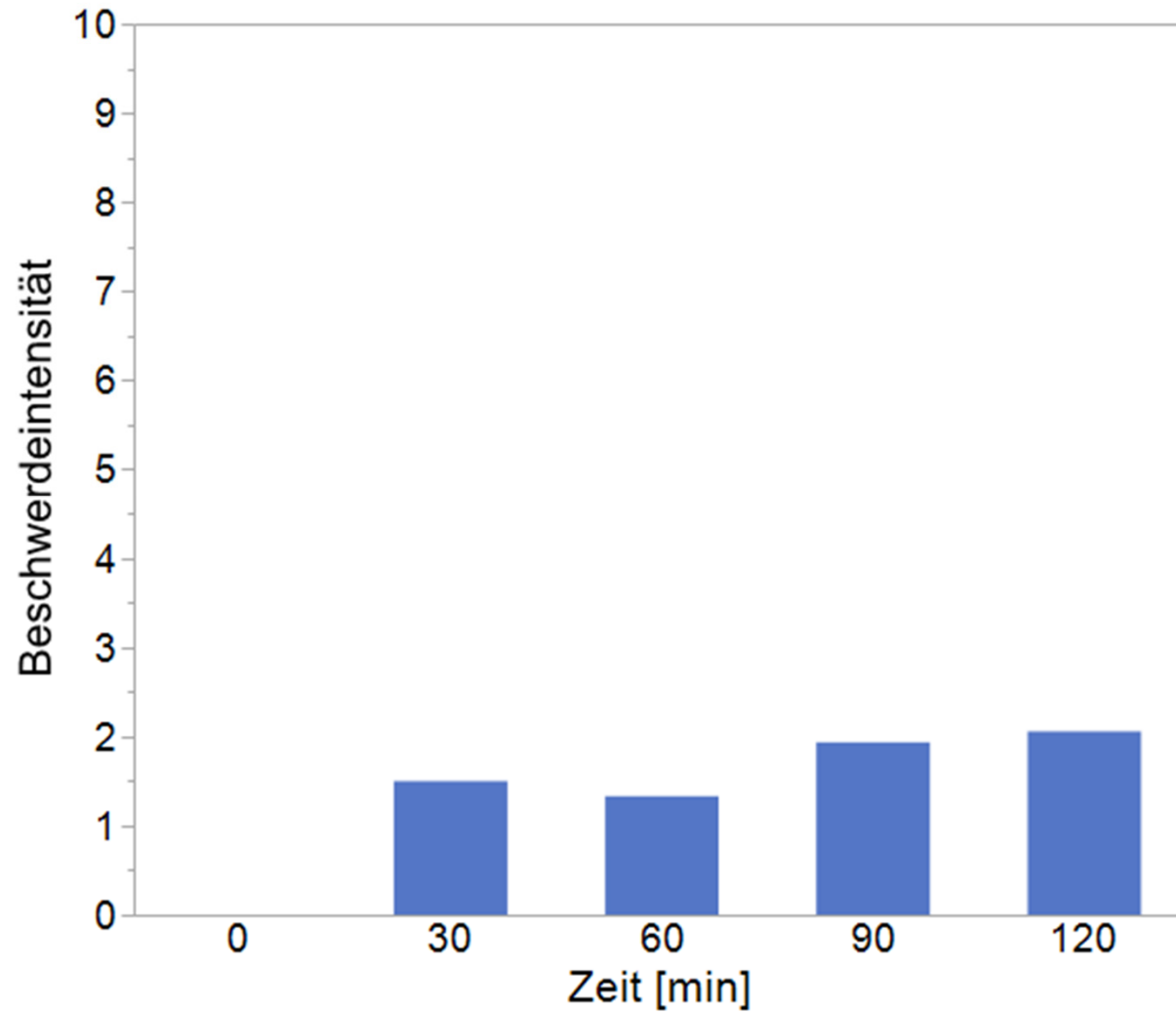


Tabelle zur Risikobeurteilung

Risikobereich 1	Bis 2,5 Stunden	<p>Geringe Stehbelastung keine Überlastung erwartbar Anteil Stehen: Sitzen/Gehen wie 1 : 2 Empfehlung: Anteil Sitzen : Stehen : Gehen wie 60 : 30 : 1</p>
Risikobereich 2	Mehr als 2,5 bis 4	<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Sitzen oder stehen? Ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen</p> <p style="text-align: center;">Informationen für Fachleute und Interessierte</p> <p style="text-align: center;">suvapro Sicher arbeiten</p>
Risikobereich 3	Mehr als 4 bis 5,5	
Risikobereich 4	Mehr als 5,5 Stunden	<p>Hohe Stehbelastung Für normal belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen wahrscheinlich.</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind zwingend erforderlich.</p>

¹Vermindert belastbar sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die auf Grund individueller Faktoren wie z.B. vorbestehender Skoliosen oder Bindegewebsschwächen leistungsgemindert sind.







ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Gait & Posture

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gaitpost



Review

Associations of prolonged standing with musculoskeletal symptoms—A systematic review of laboratory studies



Pieter Coenen^{a,b}, Sharon Parry^b, Lisa Willenberg^c, Joyce W. Shi^d, Lorena Romero^e,
Diana M. Blackwood^f, Genevieve N. Healy^{b,g,h}, David W Dunstan^{g,h,i,j,k,l,m}, Leon M. Straker^{b,*}

Untersuchung der Beschwerdeentwicklung im unteren Rücken

→ Statisches Stehen sollte nach 40min unterbrochen werden !



Hinweise auf allgemeine Gestaltungskriterien

- Wechsel zwischen Stehen, Gehen, Sitzen
 - Job Enrichment
 - Job Rotation
 - Mischarbeit
 - Bewegungspausen
- ➔ Empfehlungen ohne belastbare wissenschaftliche Basis



Tabelle zur Risikobeurteilung

Risikobereich 1	Bis 2,5 Stunden	<p>Geringe Stehbelastung keine Überlastung erwartbar Anteil Stehen: Sitzen/Gehen wie 1 : 2 Empfehlung: Anteil Sitzen : Stehen : Gehen wie 60 : 30 : 1</p>
Risikobereich 2	Mehr als 2,5 bis 4 Stunden	<p>Erhöhte Stehbelastung Für vermindert belastbare Personen¹ Überlastung möglich.</p> <p>Anteil Stehen: Sitzen/Gehen ca. 1 : 1</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind empfehlenswert.</p>
Risikobereich 3	Mehr als 4 bis 5,5 Stunden	<p>Wesentlich erhöhte Stehbelastung Für normal belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen möglich.</p> <p>Beschäftigungsverbot für Schwangere nach Ablauf des 5. Monats</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.</p>
Risikobereich 4	Mehr als 5,5 Stunden	<p>Hohe Stehbelastung Für normal belastbare Personen sind gesundheitliche Auswirkungen wahrscheinlich.</p> <p>Gestaltungsmaßnahmen sind zwingend erforderlich.</p>

¹Vermindert belastbar sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die auf Grund individueller Faktoren wie z.B. vorbestehender Skoliosen oder Bindegewebsschwächen leistungsgemindert sind.



Gesundheitliche Risiken durch Stehen bei der Arbeit

Assoziierte Beschwerden / Erkrankungen

muskuloskelettale Beschwerden

- Rückenschmerz
- Schmerz in den Beinen
 - Plantarfasziitis
 - Achillessehne Entzündung

chronisch venöse Erkrankungen

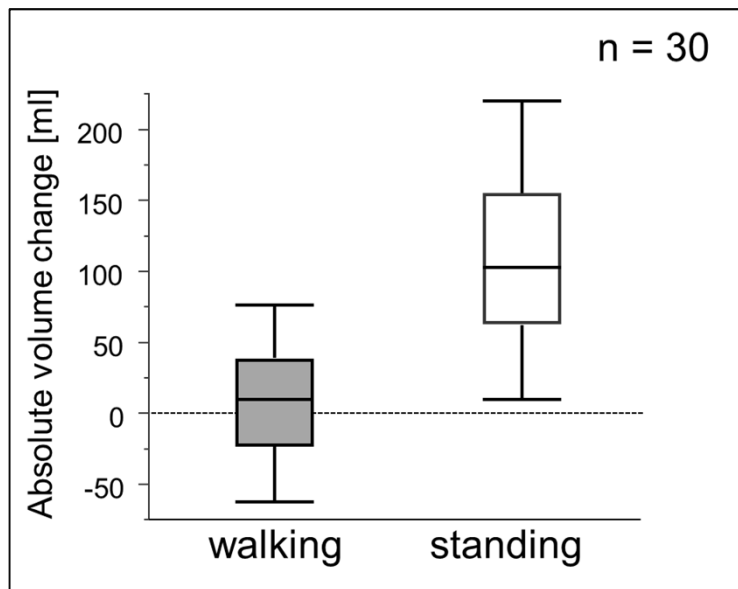
- Varizen (Krampfadern)
- Chronisch-venöse Insuffizienz

[Wittig et al. 2013, Pensri et al., 2009; Werner et al., 2010, Edwards, 1988; Sjogaard & Sogaard, 1998, King 2002, Sorensen 2015, Rannisto 2015; Tomei et al., 1999, Uda et al. 1997, Seo et al. 2001, Sancini et al., 2012; Sudol-Szopinska 2011, www.ohcow.de]

**Vorhersagemodell für das
Risiko von venösen
Erkrankungen**



- Orthostatischer Druck erhöht die Belastung der Venenwände [Pfisterer et al. 2014]
- Ödem aussichtsreicher Surrogat-Parameter für ein erhöhtes Gesundheitsrisiko



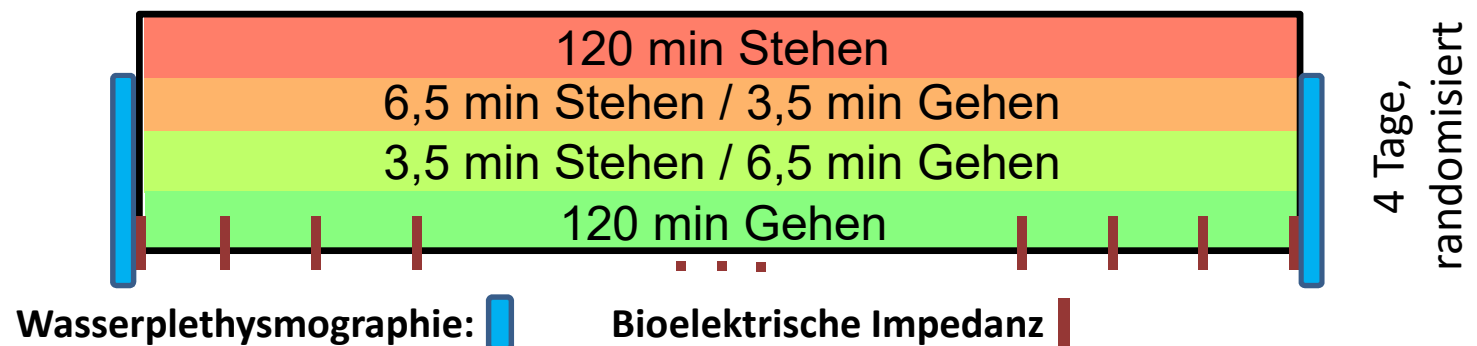
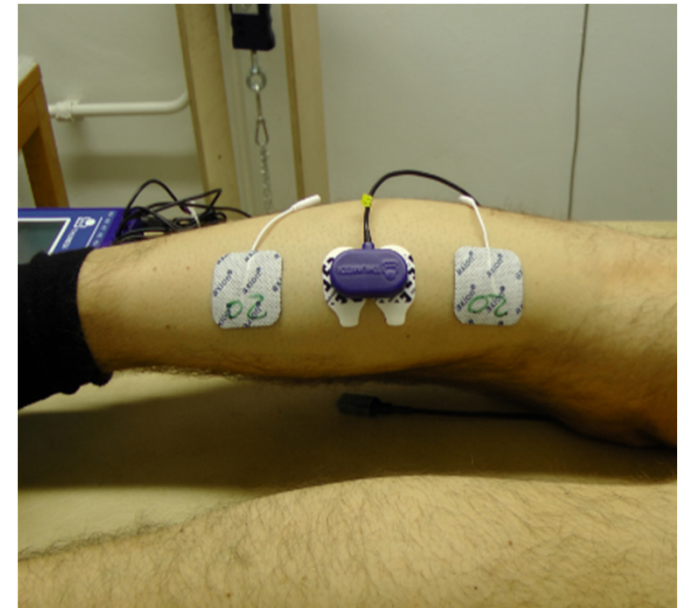
- Gehen verhindert Unterschenkelödem [Wall et al. 2016]
- ➔ Aktivierung der Muskel-Venen-Pumpe
- ➔ (Berufsbedingter) Gehanteil und Gehhäufigkeit können modifiziert werden!

Ziel:

Entwicklung eines Modells zur Vorhersage des Unterschenkelödems in Abhängigkeit der Stehdauer und des relativen Geh-/Stehanteils.

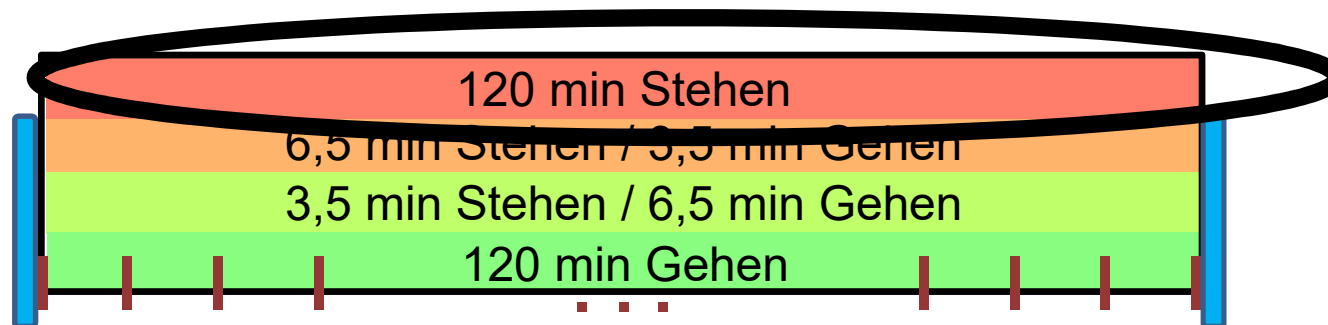


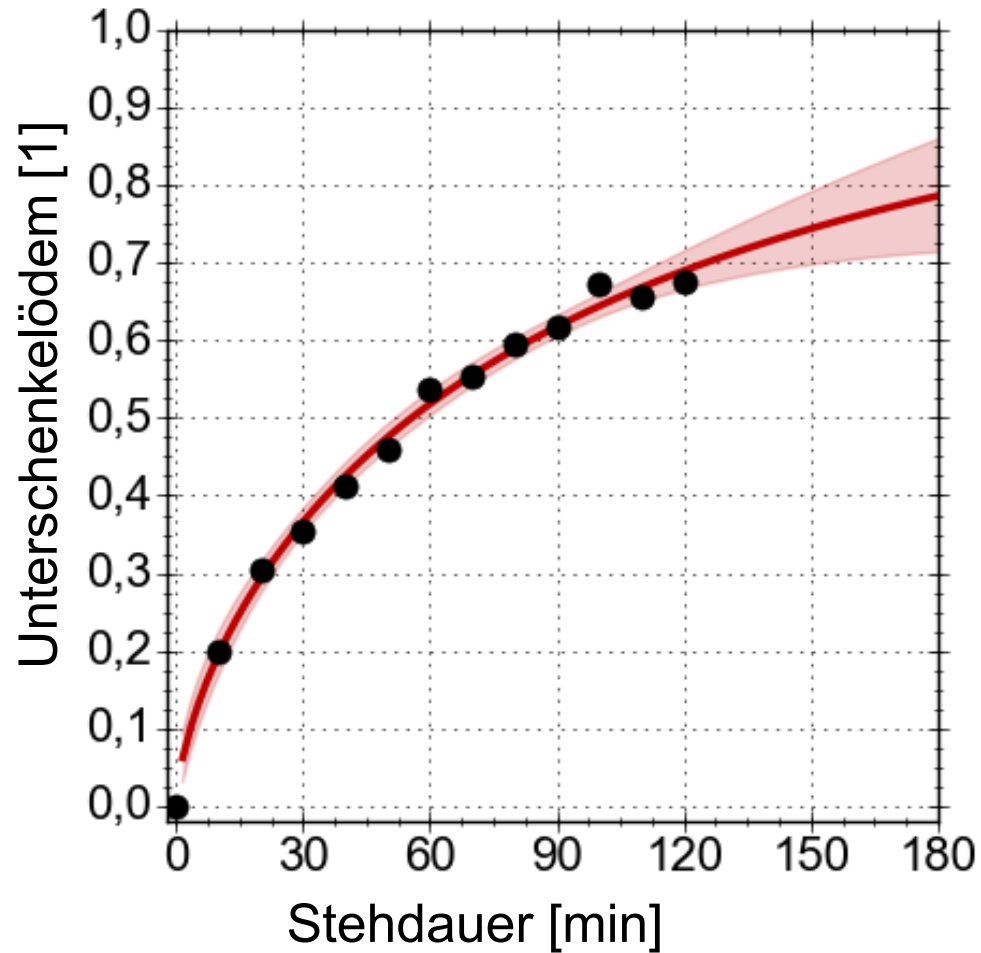
- 47 gesunde Personen (23 Frauen, Alter: 18-67)
- 4 Tage mit je 2 h Steh-/Gehexposition
- Experimentelle Bedingungen:
 - Stehen (=100% Stehen)
 - 6,5 min Stehen / 3,5 min Gehen (= 65% Stehen)
 - 3,5 min Stehen / 6,5 min Gehen (= 35% Stehen)
 - Gehen (= 0% Stehen)
- Wasserplethysmographie (Unterschenkelvolumen)
- Bioelektrische Impedanz (2ms Rechteckimpuls, 6 Hz Wiederholungsrate, Frequenzbereich 0.8 – 1.2 kHz)
 - alle 10 min und bei jedem Wechsel von Stehen zu Gehen





Zusammenhang zwischen Stehdauer und Unterschenkelödem

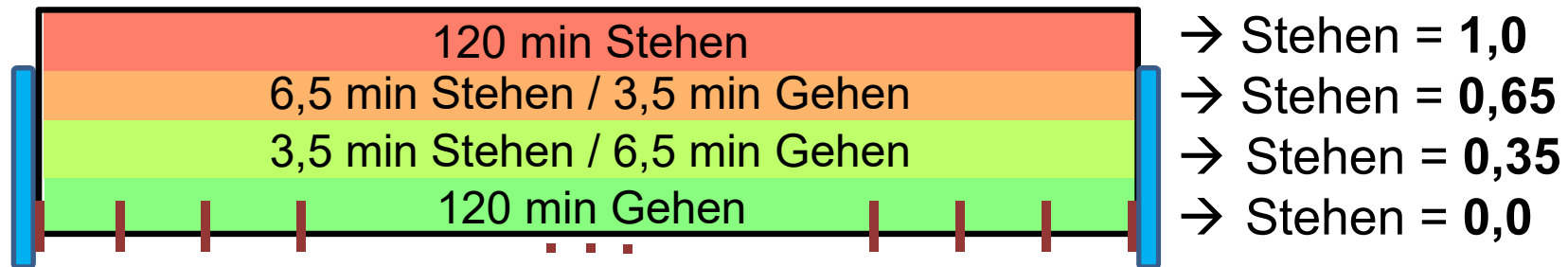


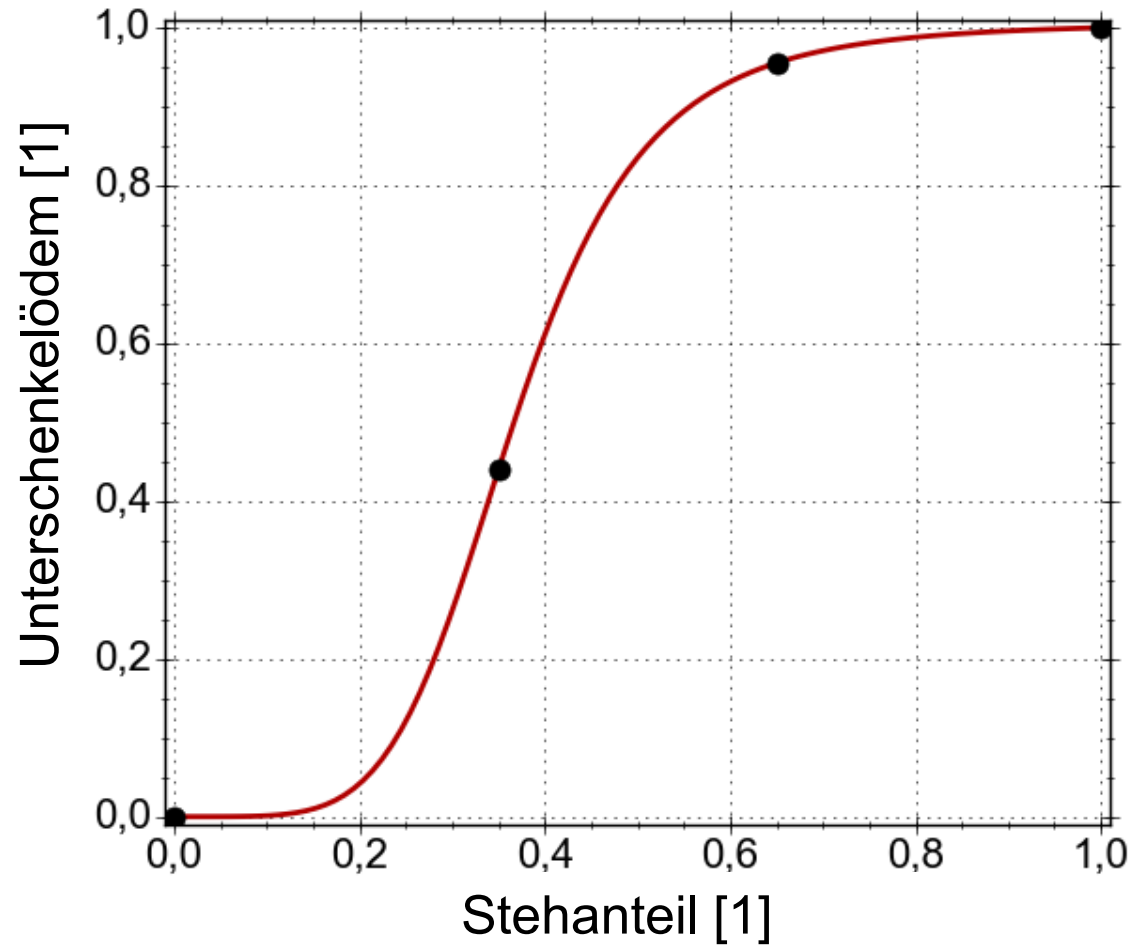


Zusammenhang zwischen
Stehdauer (**t**) und
Unterschenkelödem (**Ö**)



Zusammenhang zwischen relativem Stehanteil (**S**) und Unterschenkelödem (**Ö**)

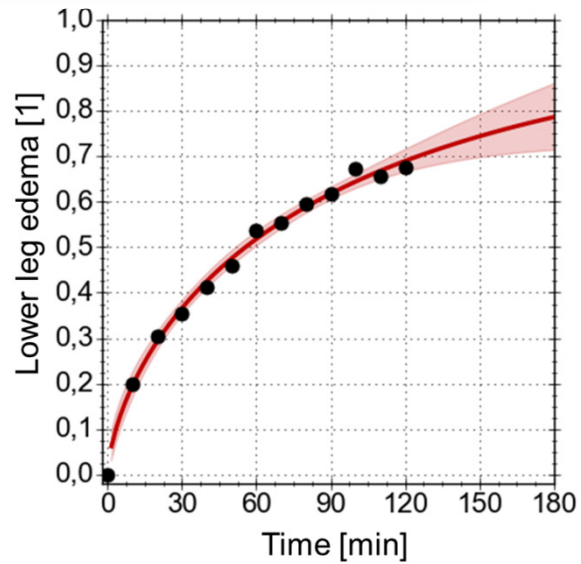




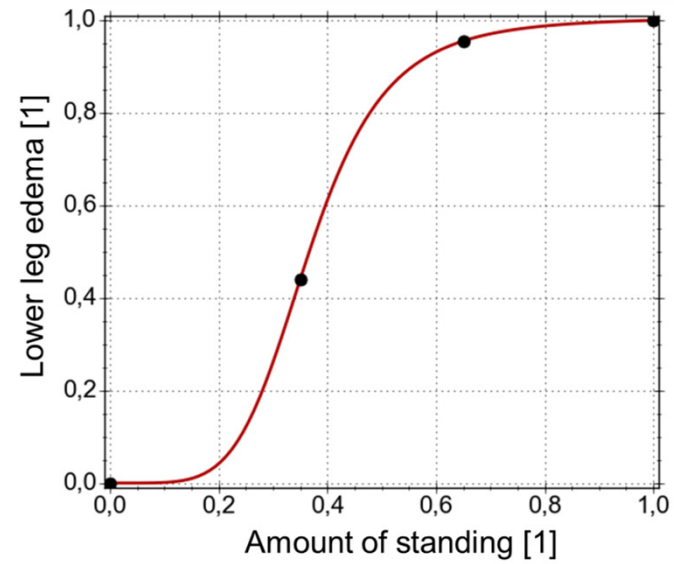
Zusammenhang
zwischen relativem
Stehanteil (**S**) und
Unterschenkelödem (**Ö**)



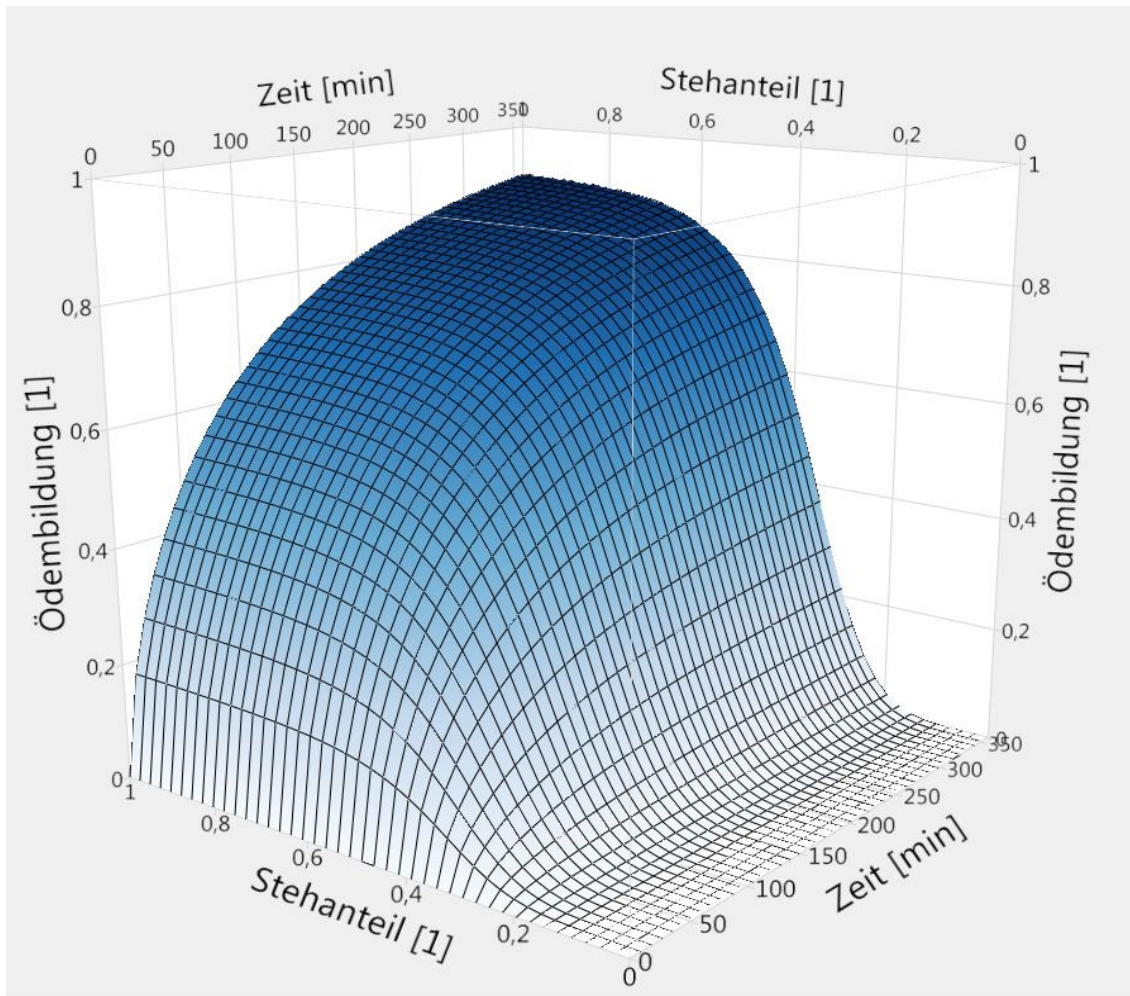
Parameter
Stehdauer (t)



Parameter
relativer Stehanteil (S)



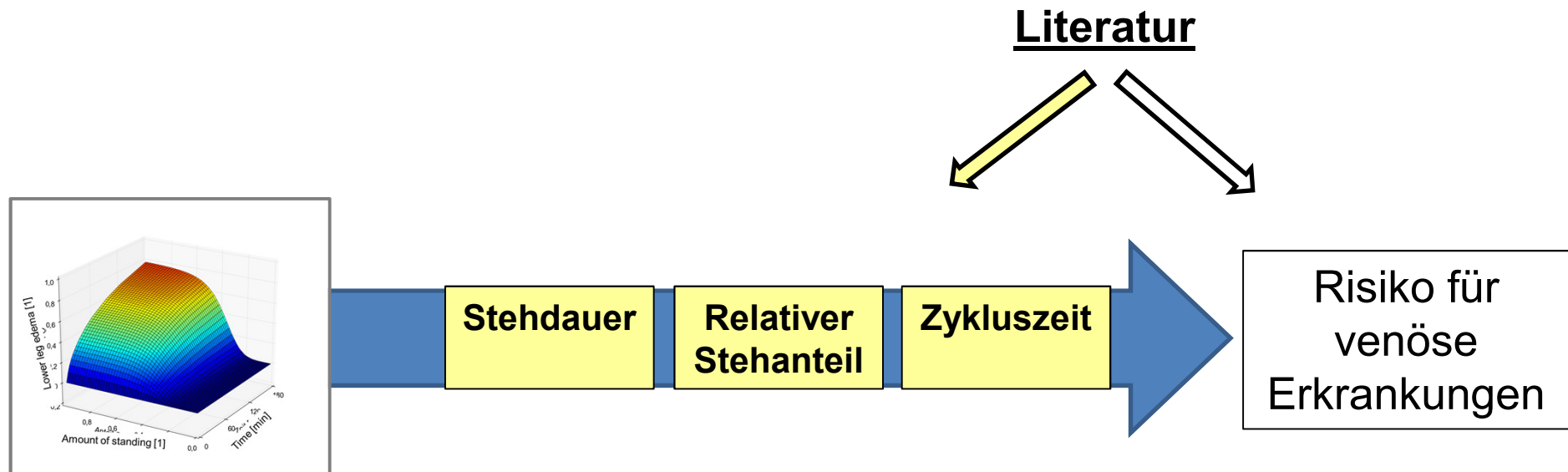
$\ddot{O}(t, S)$



3D-Modell
Unterschenkelödem
(**Ö**) in Abhängigkeit
der Stehdauer (**t**) und
dem relativen
Stehanteil (**S**)



Übersetzung in Gesundheitsrisiko





Beobachtungsdaten - Schätzung - Bewegungsdaten (Wearables)

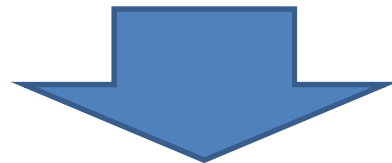
Stehdauer

Relativer
Stehanteil

Zykluszeit



Software mit Vorhersagemodell



Risikobewertung



gering

mittel

hoch



Ausblick

- ➔ **Weiteres Modell für Beschwerden im unteren Rücken und den unteren Extremitäten**
- ➔ **Validierungsstudie - Querschnittstudie**
 - Risikoeinstufung von Beschäftigten mittels Risikoindex
 - Ärztliche Untersuchung (Rückenbeschwerden, Venengesundheit,...)
- ➔ **Optimierung des Modells:
Berücksichtigung weiterer Faktoren**
Geschlecht, familiäre Vorbelastung, Gesundheitsstatus,...



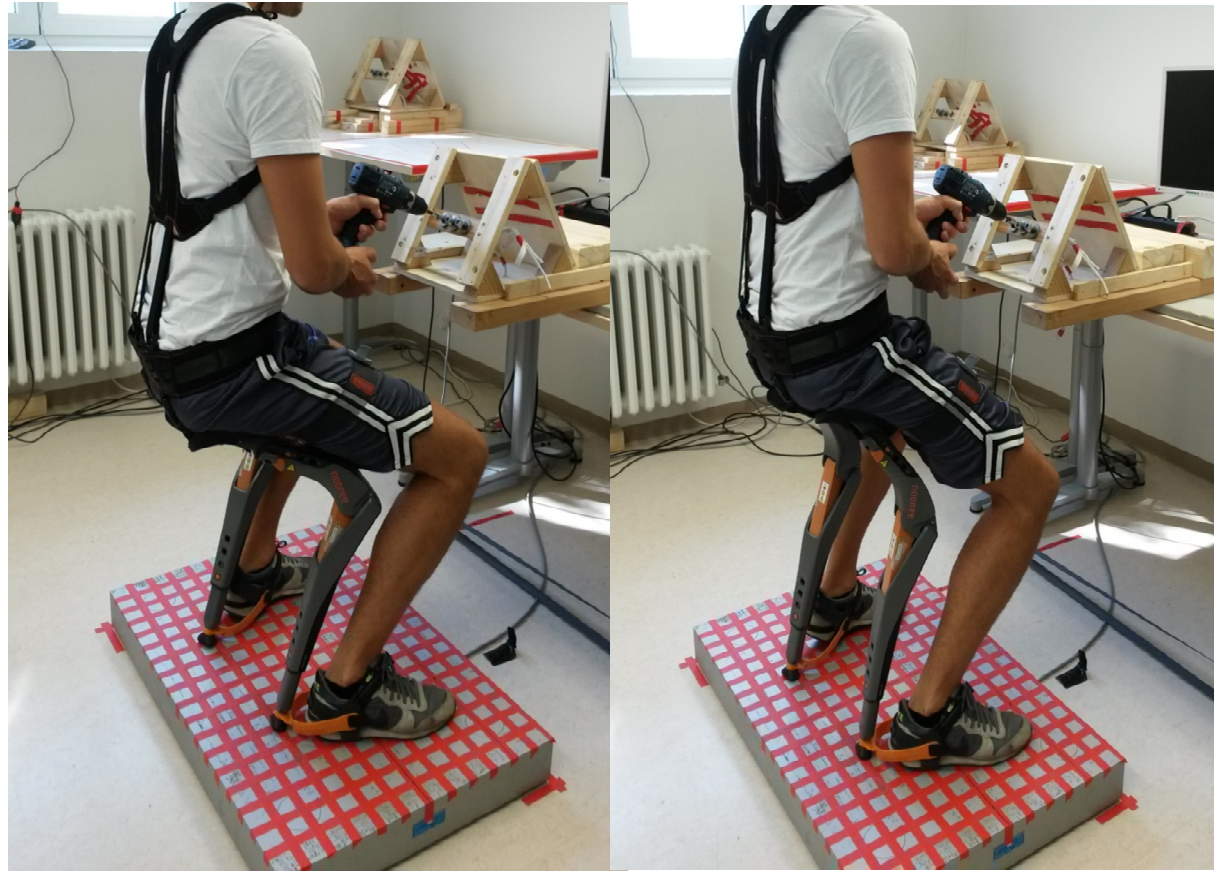
Take Home Masseges

- Bei statischem Stehen:
 - Beschwerden bereits nach 40min zu erwarten
 - >4h/ Arbeitsschicht → erhöhtes Risiko für venöse Erkrankungen und Muskel-Skelett-Beschwerden
 - Gehen wirkt protektiv
- Bewertungstool auf objektiver Basis in Arbeit

Exkurs – „Chairless Chair“

Was ist der
Chairless Chair?

- Flexibilität
- Arbeitsunterstützung
- Bewegungsfreiheit
- Platzeffizienz





Arbeitsphysiologische und biomechanische Analyse des Exoskeletts

- Entlastung des Muskel-Skelett Apparats?
- Umverteilung der Beanspruchung?
- Bewertung durch arbeitsphysiologische Laborparameter



Studiendesign

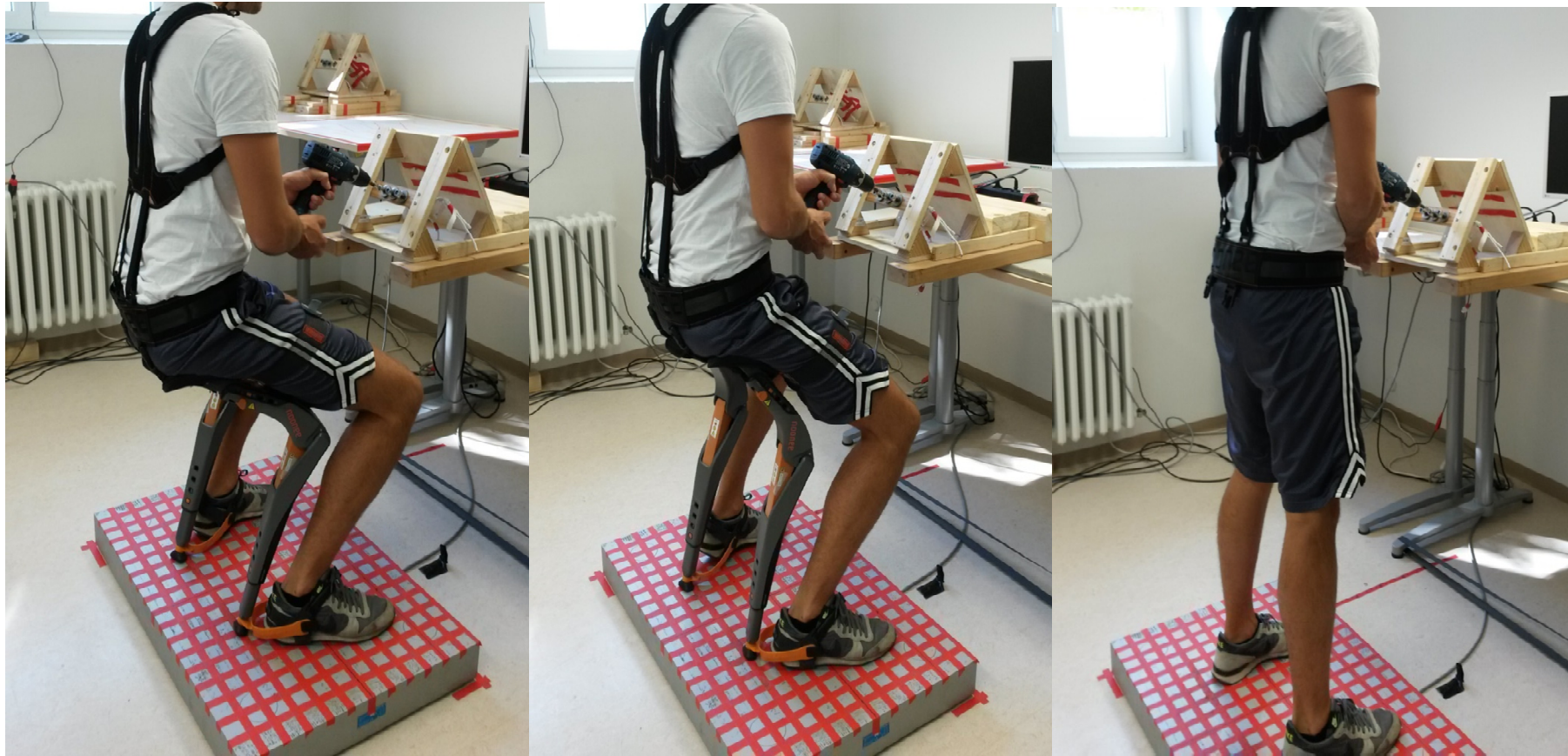
42 Probanden, 18-40, männlich

• Tag 1

- Gewöhnung an das Exoskelett
- Erproben des Versuchsaufbaus
- Berechnung der individuellen Arbeitsraummaße

• Tag 2

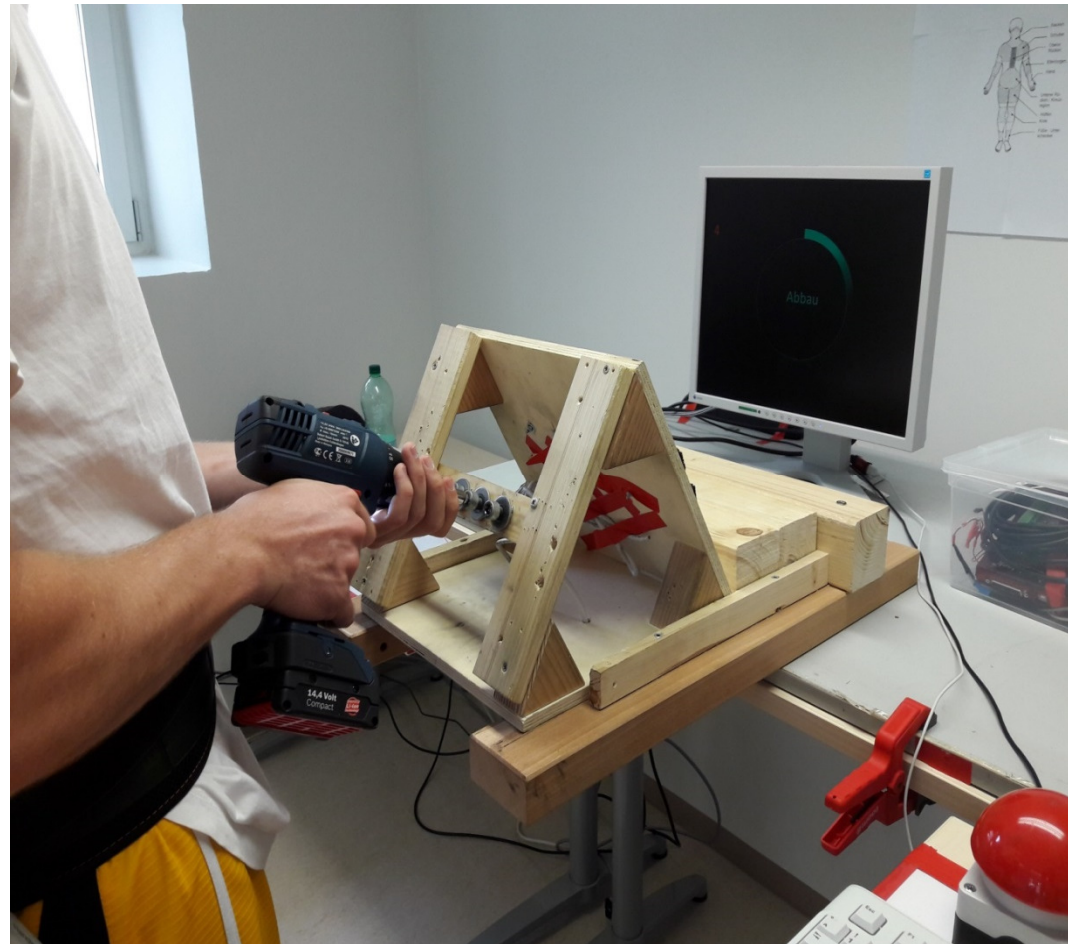
- Vorbereitung der Messung
- **Exposition und Messung objektiver Kennwerte (2,5 Stunden)**
- Standardisierte Probandenbefragung



- randomisierte Reihenfolge

Versuchsaufbau

- Modellaufgabe mit Tätigkeitscharakteristika der Automobilfertigung
- Wechselnde Arbeitspositionen
- Industriennahe Arbeitsgeschwindigkeit (MTM 100)





Welche Methoden wurden verwendet?

Objektiv

- Muskuläre Beanspruchung
(Oberflächen-Elektromyographie)
- Haltung der Wirbelsäule
(Lagesensoren)
- Standsicherheit
(Kraftmessplatte)

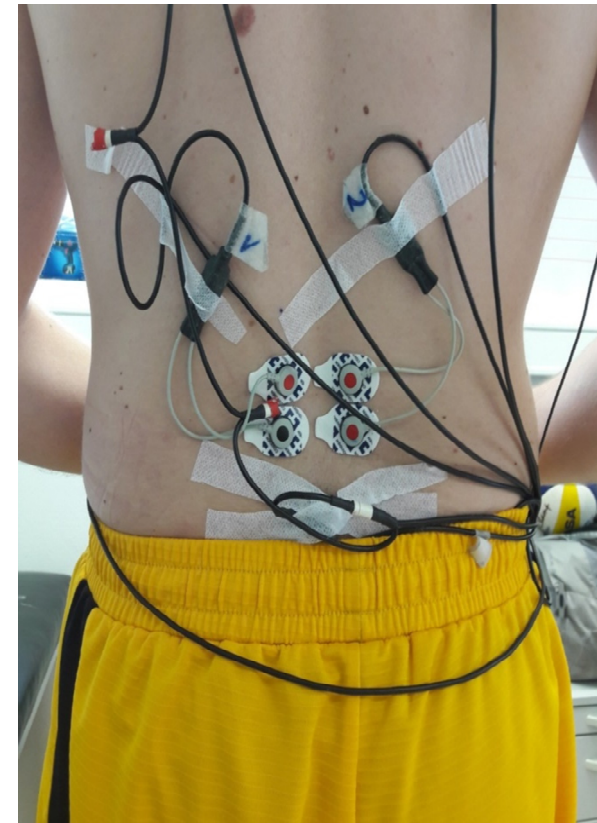
Subjektiv

- Fragebogen
- Beschwerden
- Tragekomfort
- Benutzerfreundlichkeit



Oberflächen-Elektromyographie

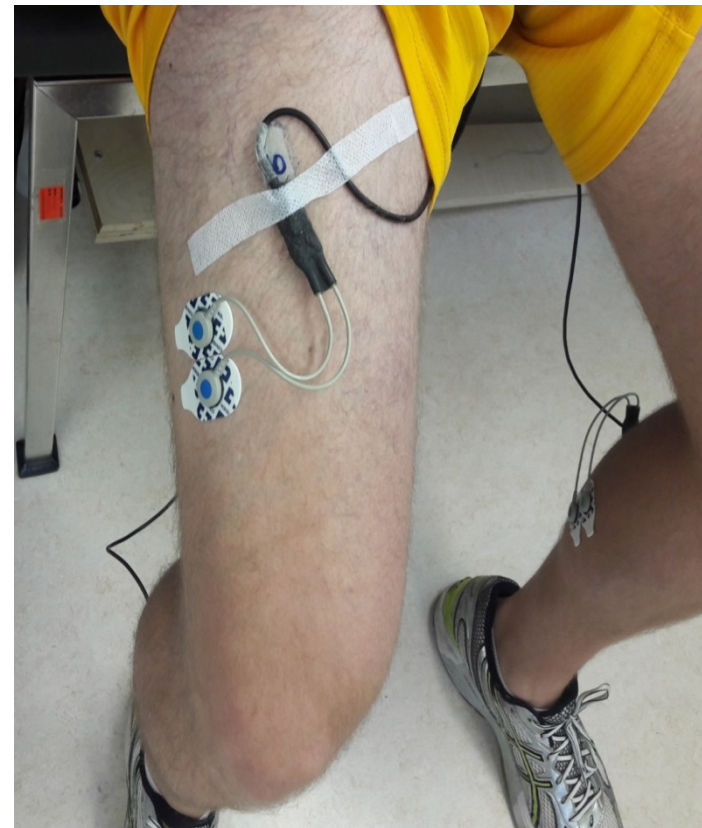
- **M. erector spinae**
- M. vastus lateralis
- M. gastrocnemius
- M. trapezius





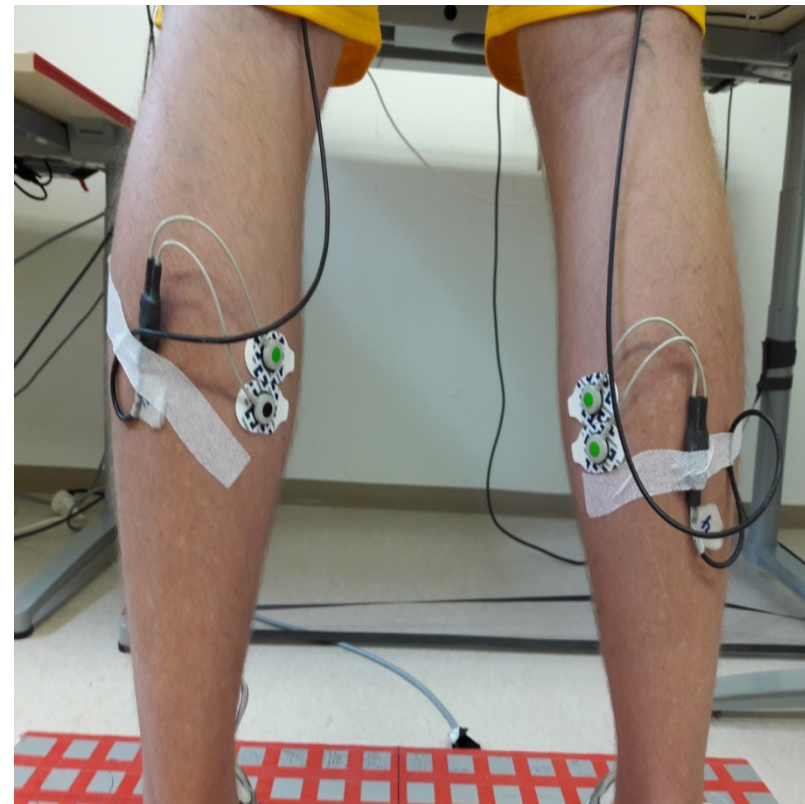
Oberflächen-Elektromyographie

- M. erector spinae
- **M. vastus lateralis**
- M. gastrocnemius
- M. trapezius



Oberflächen-Elektromyographie

- M. erector spinae
- M. vastus lateralis
- **M. gastrocnemius**
- M. trapezius





Oberflächen-Elektromyographie

- M. erector spinae
- M. vastus lateralis
- M. gastrocnemius
- M. trapezius

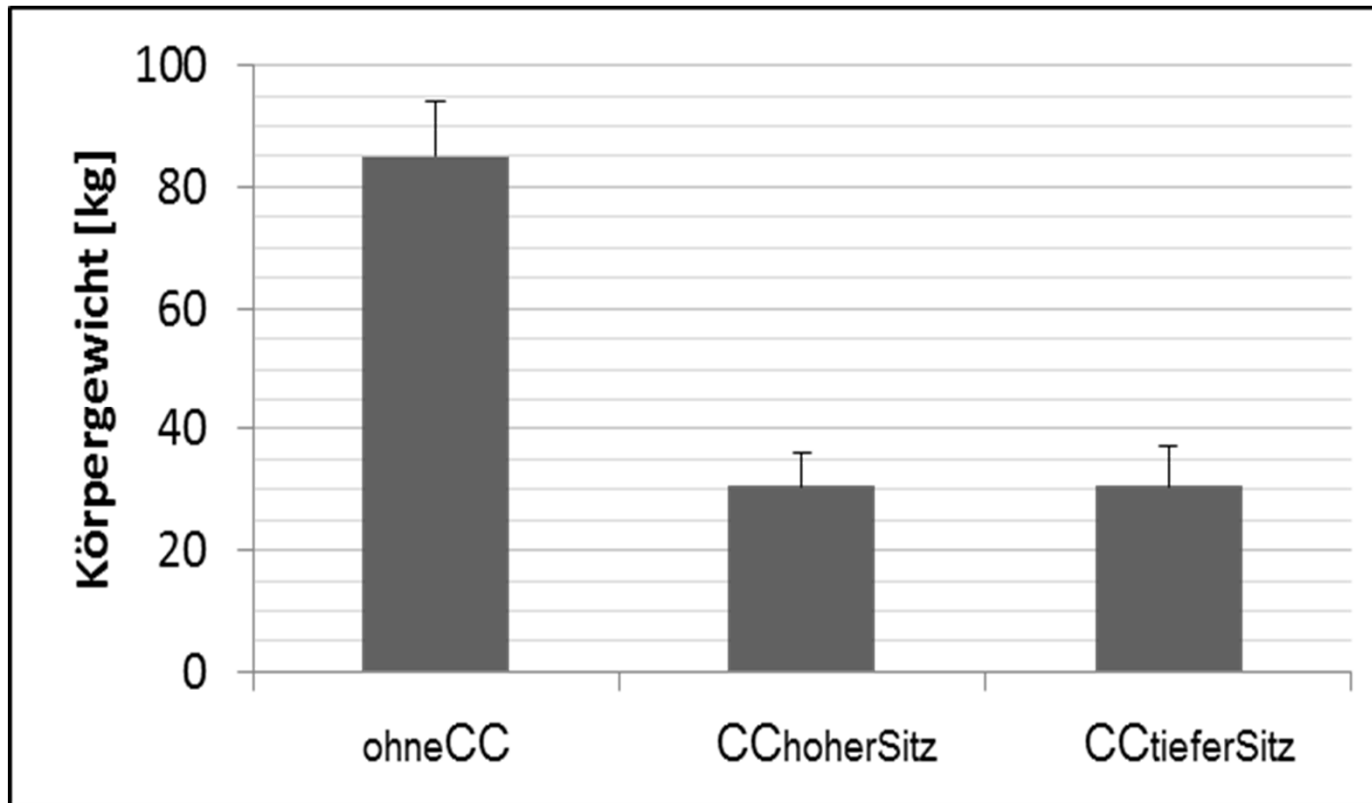




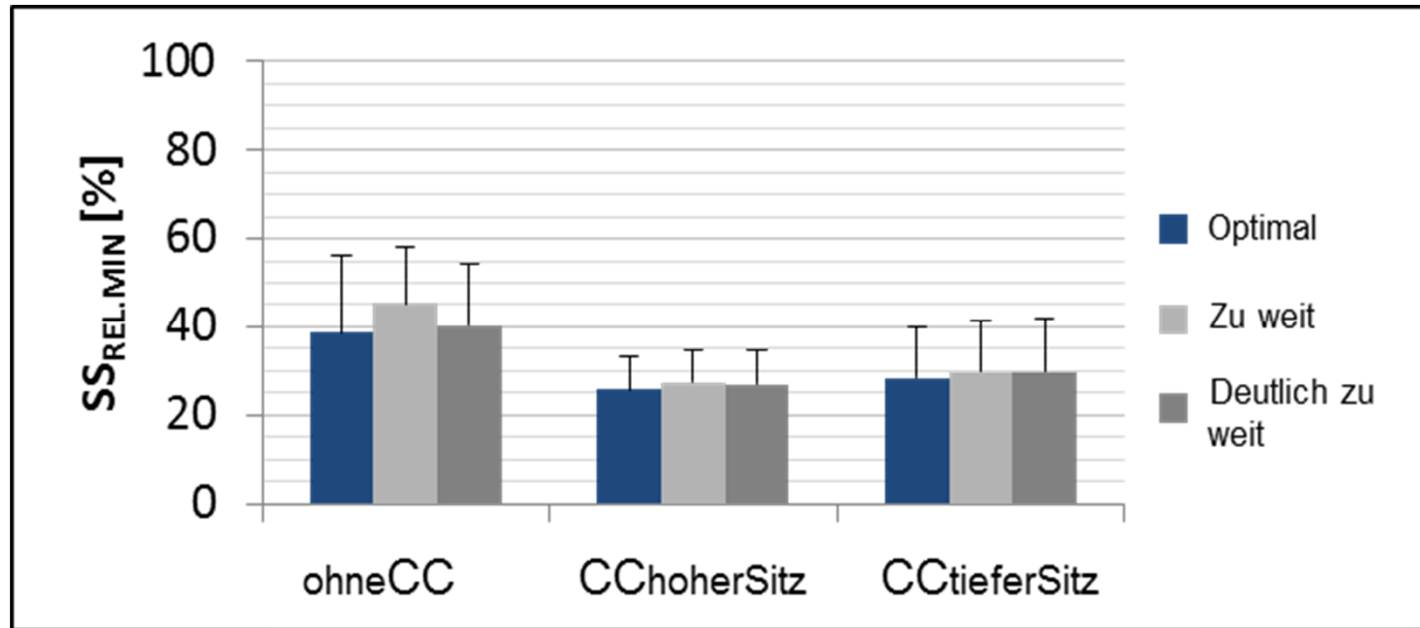
Standardisierter Fragebogen

Subjektive Probandenbewertung

- Tragekomfort
- Benutzerfreundlichkeit
- Beschwerden (11-Punkte numerische Rating Skala)



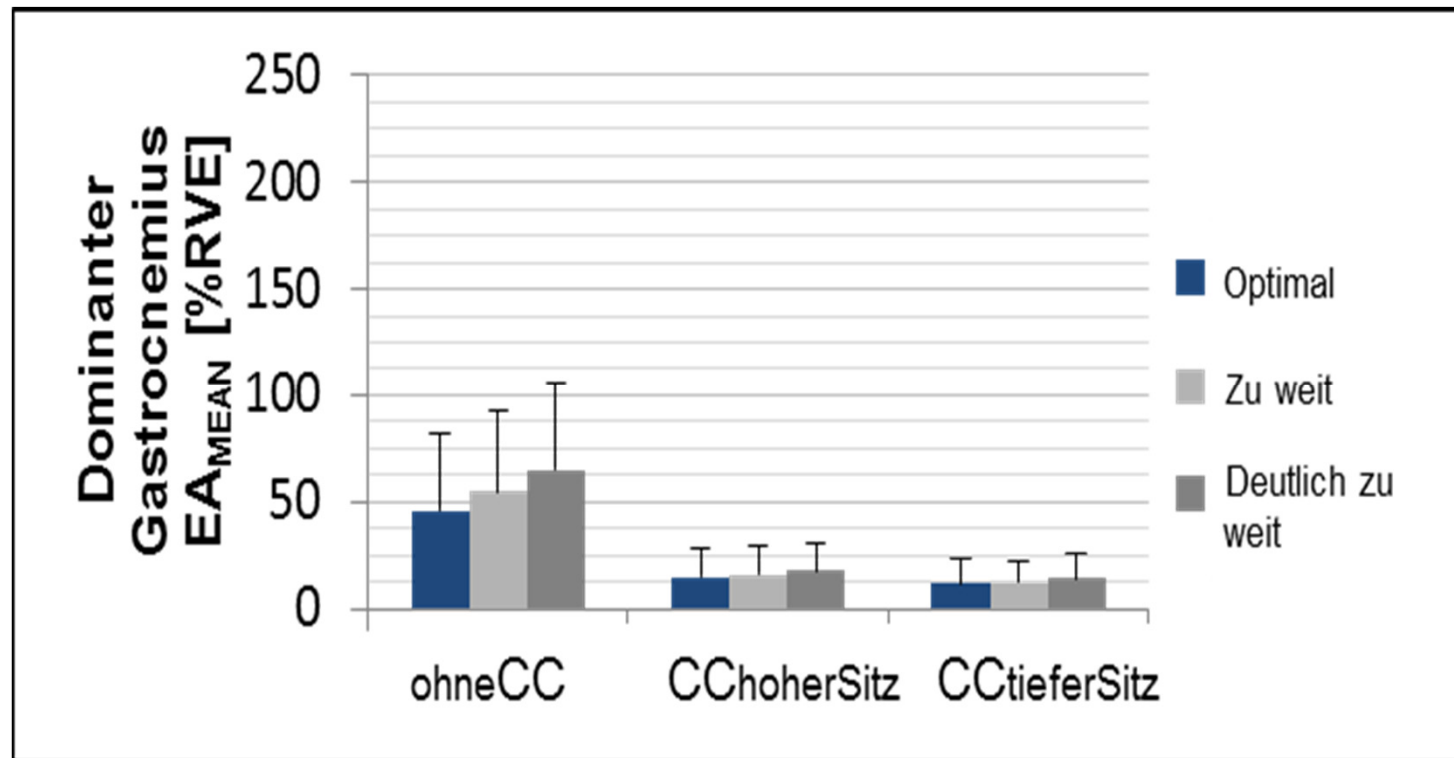
Körpergewicht wird zum großen Teil an das
Exoskelett abgegeben (ca. 64%)



Verringerte Standstabilität im Vergleich zu Stehen

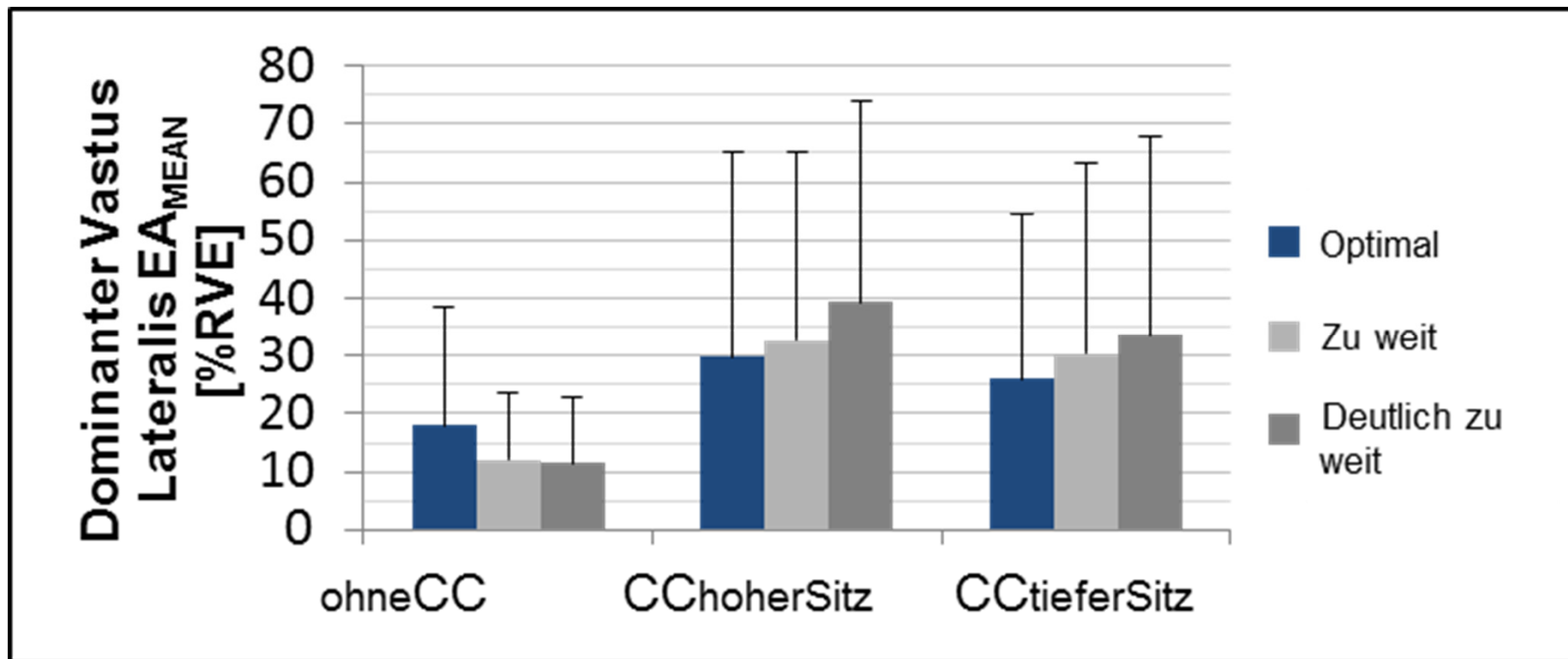


Unterschenkelmuskulatur



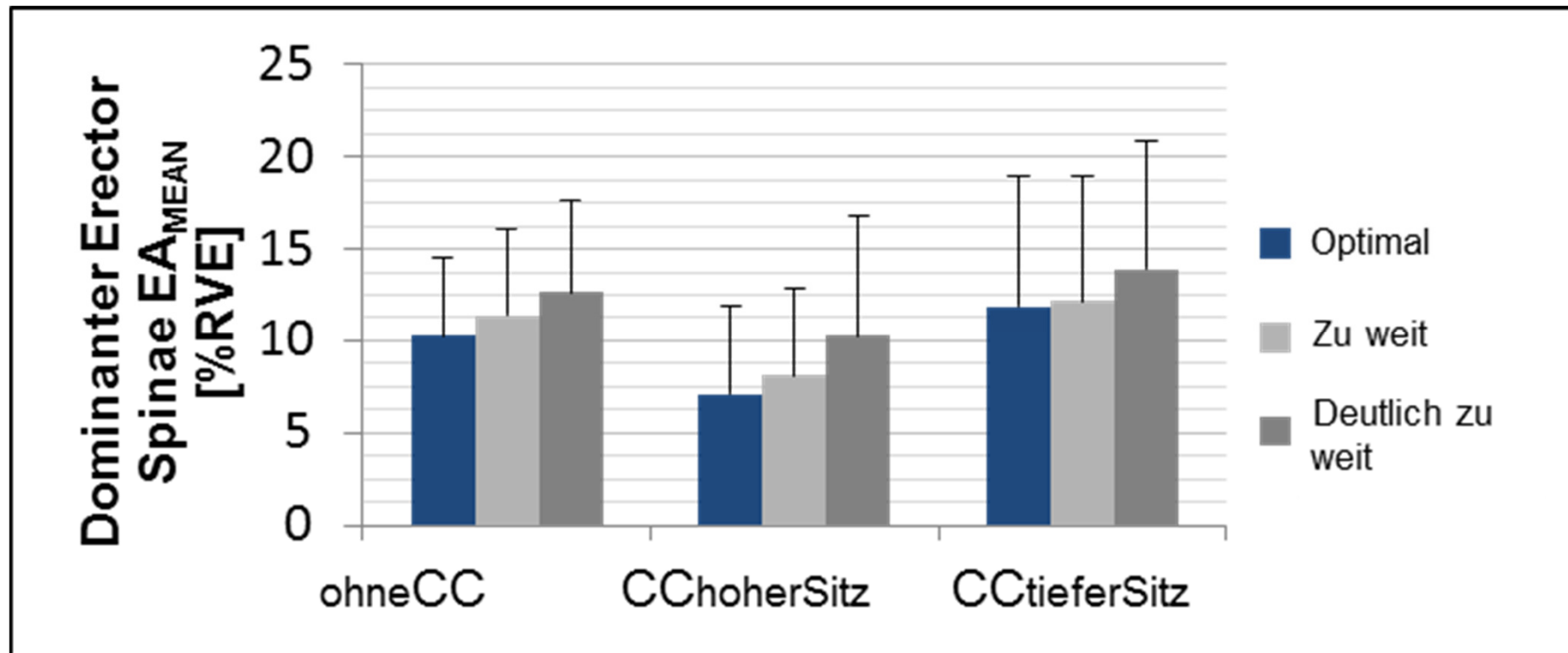


Oberschenkelmuskulatur



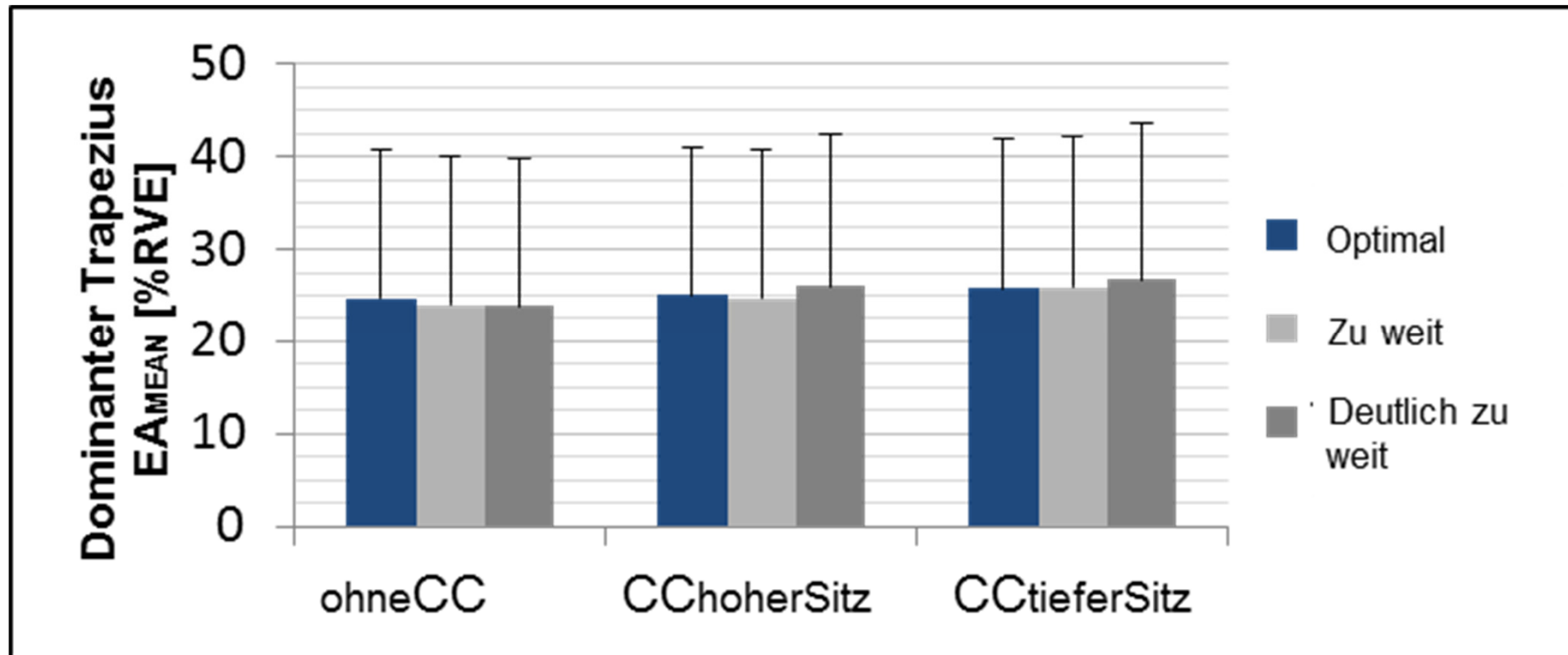


Untere Rückenmuskulatur



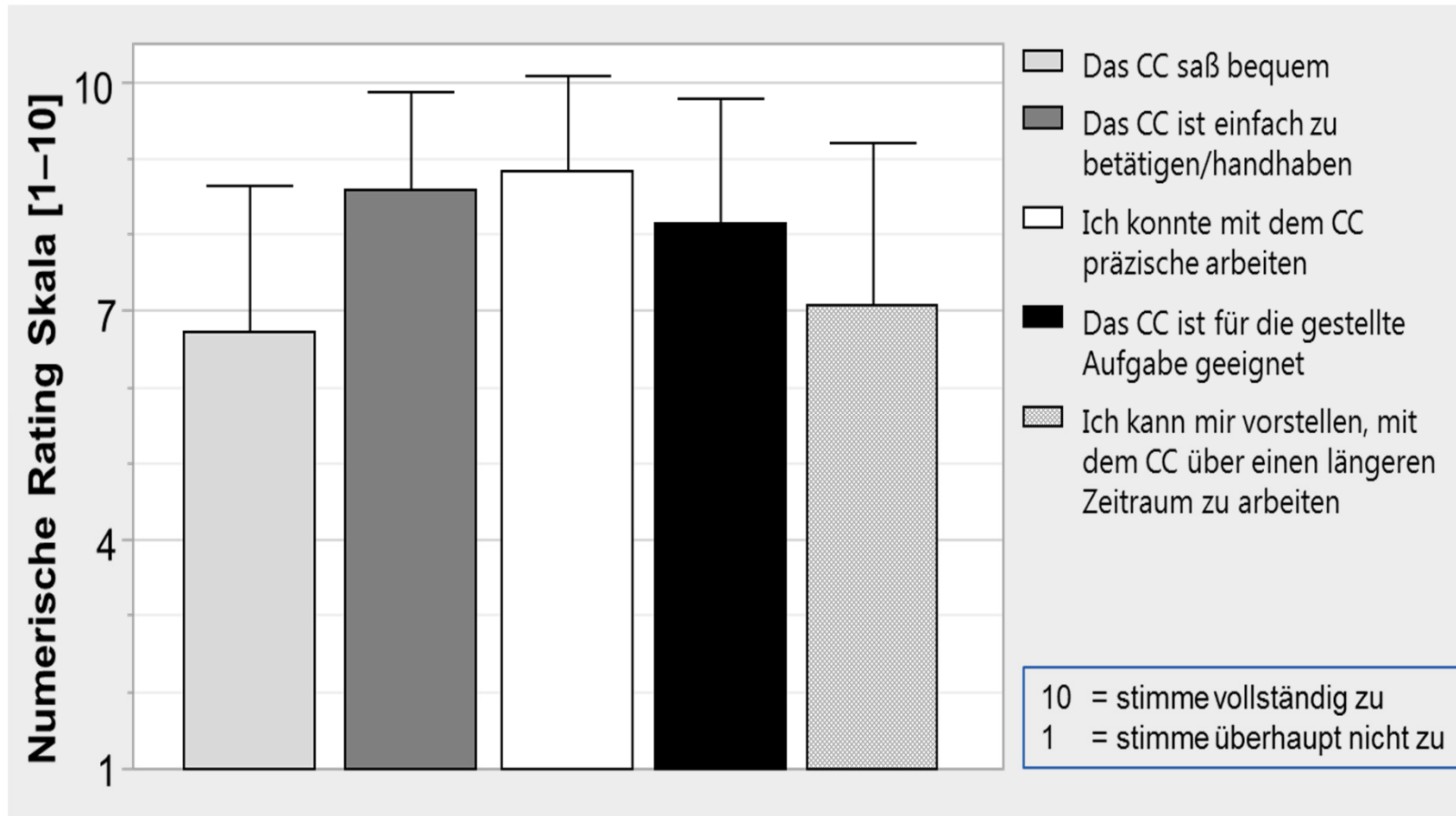


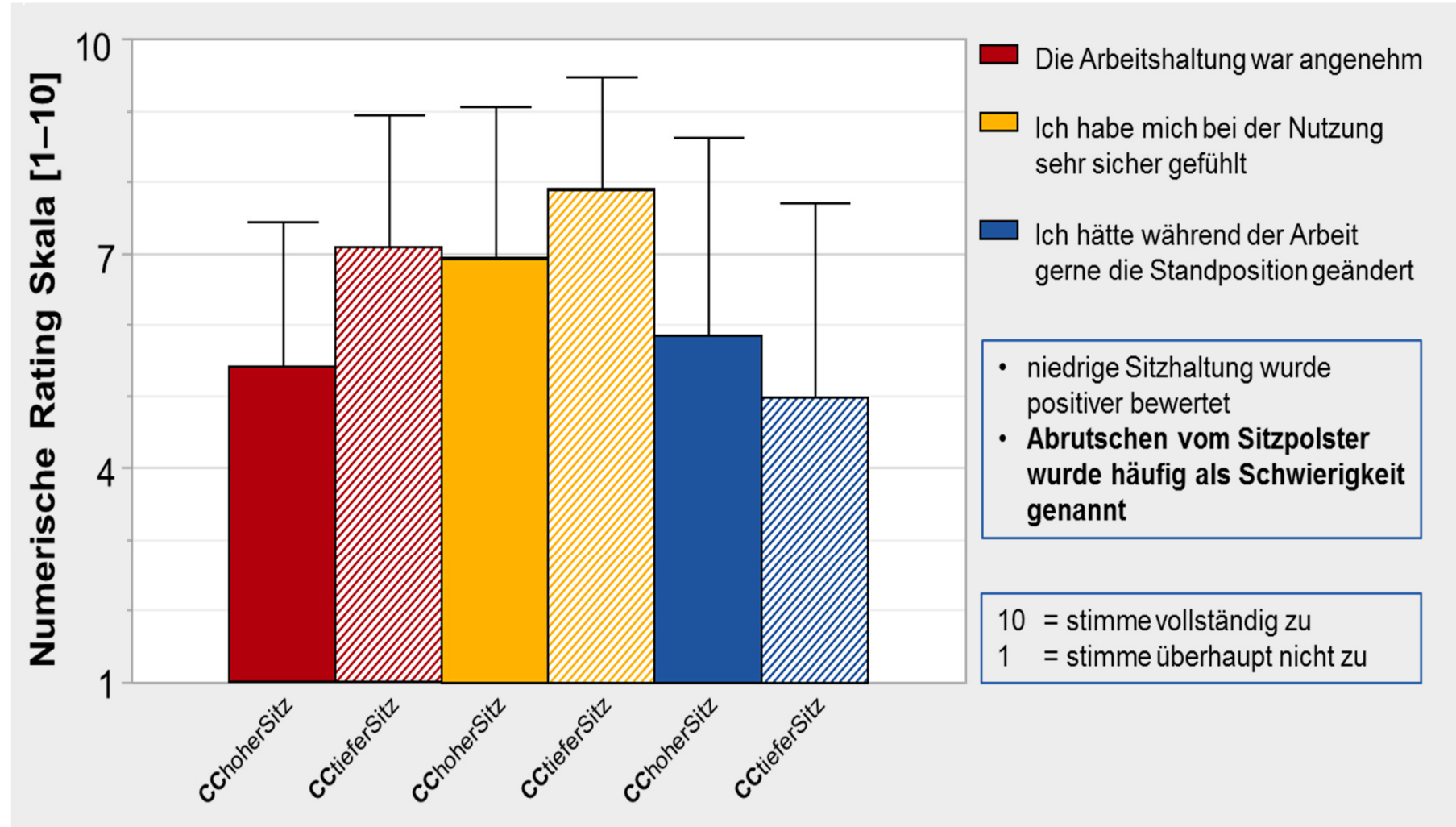
Schulter-Nacken-Muskulatur





Tragekomfort







Zusammenfassung/Diskussion

- Entlastung der unteren Extremitäten
- Umverteilung der muskulären Beanspruchung innerhalb der unteren Extremitäten
 - Mehrbelastung Oberschenkelmuskulatur
 - Entlastung Unterschenkelmuskulatur
 - Kaum Unterschiede im unteren Rücken und Schulter-Nacken

Grundsätzlich positives Rating - Verbesserungswünsche bestehen

➔ Was sind konkrete Einsatzgebiete?

➔ Was sind Langzeitwirkungen?

➔ Arbeitssicherheitsaspekte!?



Zusammenfassung/Diskussion

- Entlastung der unteren Extremitäten
- Umverteilung der muskulären Beanspruchung innerhalb der unteren Extremitäten
 - Mehrbelastung Oberschenkelmuskulatur
 - Entlastung Unterschenkelmuskulatur
 - Kaum Unterschiede im unteren Rücken und Schulter-Nacken

Grundsätzlich positives Rating - Verbesserungswünsche bestehen

➔ Was sind konkrete Einsatzgebiete?

➔ Was sind Langzeitwirkungen?

➔ Arbeitssicherheitsaspekte!?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Rudolf Wall

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung, Universitätsklinikum Tübingen

rudolf.wall@med.uni-tuebingen.de