

Schwellungsmessung mit Textilsensor für Sitz- und Steharbeit

Sabrina GAHR¹, Wolfgang KURZ², Bernhard KURZ¹

¹ Hochschule für angewandte Wissenschaften München Fk09
Lothstr. 64, 80335 München

² Technische Universität München
Arcisstr. 21, 80333 München

Kurzfassung: Mit dem Ziel einer kontinuierlichen und ortsunabhängigen Schwellungsmessung im Beinbereich wurde eine textiler Dehnungssensor mit portabler Signaleinheit zum StrainTex-System weiterentwickelt. In umfangreichen Analysen konnten die technischen Merkmale an die gestellten Anforderungen unter realen Einsatzbedingungen angepasst werden. Damit können sowohl Kurzzeiteffekte durch Muskelanspannungen wie auch Langzeiteffekte infolge von Anschwellungen durch Lymph- oder Blutstau diagnostiziert werden. Aktuell befindet sich das Messsystem in ersten Feldtests, um Usability und Auswertelgorithmik weiter zu entwickeln und das letztendliche Ziel der Forschungsarbeit in Form einer in Alltagskleidung integrierten, nutzerfreundlichen Schwellungsdiagnostik mit Handlungsempfehlung via App-Kopplung zu erreichen.

Schlüsselwörter: Steh- und Sitzarbeit, Beinschwellung, Schwellungsmessung, Textilsensor, Dehnungssensor

1. Ausgangssituation

In der heutigen Arbeitswelt ist es die Regel, die Arbeit über einen längeren Zeitraum im Sitzen oder Stehen oder in Kombination beider Arbeitshaltungen zu verrichten [1]. Die andauernde Belastung in überwiegend einer Körperhaltung stellt eine Gefahr für die Gesundheit dar, da dadurch Druckverhältnisse im Körper beeinflusst werden, bei denen die jeweiligen Flüssigkeiten gleichmäßig durch den Körper über das Blutkreislaufsystem sowie das Lymphsystem transportiert werden können. Eine Schwächung dieser Systeme [2,3] kann dazu führen, dass der Flüssigkeitsaustausch nur noch eingeschränkt funktioniert und somit Flüssigkeit im Gewebe zurückbleibt. Häufige Folgen sind Beinschwellungen (Ödeme), Krampfadern oder in extremen Fällen eine tiefe Venenthrombose.

Zur Vermeidung der mit Sitzen und Stehen korrelierten Gesundheitsgefährdung sind folglich geeignete diagnostische Methoden angezeigt, die Indikationen zu Schwellungen im Knöchel- oder Fußbereich bereits in Vorstadien liefern können und den Betroffenen Hinweise zur Handlungsänderung oder Bewegungsaufforderung geben. Gesundheitliche Folgen in Form von Ödemen, Thrombose oder chronischen Venenerkrankungen könnten damit verhindert werden. Aktuelle Versuche hierzu finden sich in den Arbeiten von Gehin et al. [4]

2. Methodik

Bei arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen zur Schwellungsmessung werden derzeit Tauchverfahren und vereinzelt 3D-Scanner eingesetzt. Jedoch stören beide die Arbeitsabläufe und setzen unbedeckte Beine mit Referenzmarkierungen voraus. Der Forschungs- und Entwicklungsansatz zur Schwellungsmessung mit textilem Dehnungssensor basiert auf dem MOTEX-Sensor der AMOHR GmbH und des Fraunhofer-IZM zur Bestimmung von Kniegelenkwinkeln [6]. In der Weiterentwicklung zur kontinuierlichen und ortsunabhängigen Schwellungsmessung bei Sitz- und Steharbeit sind Anforderungen hinsichtlich Messbereich, Auflösung und Reproduzierbarkeit sowie für den Einsatz in realen Arbeitsfeld, bspw. mit Integration in einen Strumpf, zu erfüllen.

Ausgehend von einem mittleren Beinvolumen, d.h. Unterschenkel mit Fuß bis Höhe Kniegelenk, mit etwa 3-4 Liter berichtet die wissenschaftliche Fachliteratur Volumenänderungen von 3-5% unterhalb des Kniegelenks [3,5] ohne krankheitsbedingte Einflüsse. Unter der Annahme einer gleichverteilten Schwellung bedingt dies eine Umfangsänderung von bis zu 5mm. Unabhängig von der Messmethode ist eine Auflösung der Schwellung in 8-10 Stufen, entsprechend 0,5mm Umfangsänderung bzw. 10ml Volumenänderung, für eine grobe Diagnostik erforderlich.

2.1 Aufbau und Prinzip des StrainTex-Sensors

Der weiterentwickelte Sensor besteht aus drei Komponenten (vgl. Abb.1). Mess- und Kompensationssensor sind auf einem dehnbaren bzw. dehnungssteifen Textilband (1) aufgebracht und werden über eine Signalverarbeitungseinheit (2) angesteuert. Die davon abgesetzte Energie- und Übertragungseinheit (3) realisiert die Steuerung der Messungen sowie die Datenübermittlung an ein Endgerät via Bluetooth.

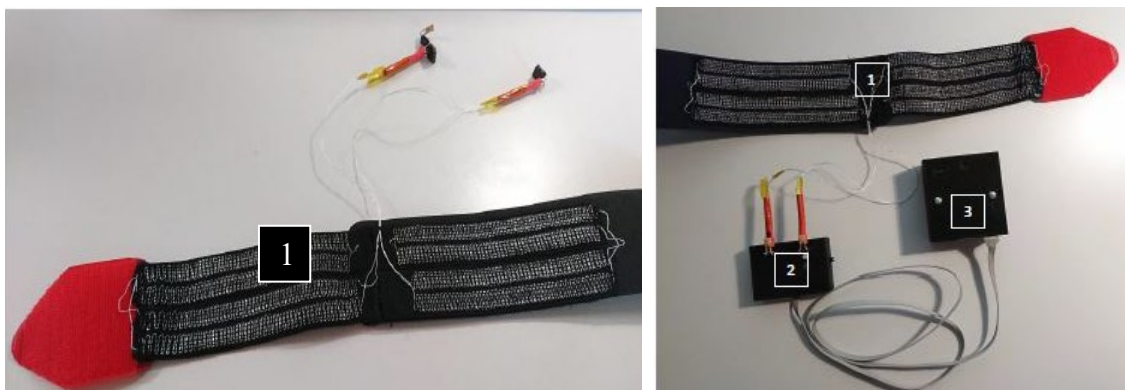


Abbildung 1: Prototyp des StrainTex-Sensor(1: Sensor, 2: Signalgenerierung, 3: Übertragungseinheit)

Die eigentliche Messung einer Schwellung wird über die dadurch auftretende Umfangsänderung mit dem dehnungsaktiven Sensor erfasst. Der zusätzlich aufgebrachte Kompensationssensor ist aufgrund des starren Materials nicht von der Umfangsänderung beeinflusst, unterliegt aber denselben Störeinflüssen wie der Dehnungssensor und ermöglicht so deren Kompensation im Messsignal. Das Messprinzip ähnelt dem eines Dehnungsmessstreifens (DMS), basiert aber nicht auf Änderung des elektrischen Widerstands sondern auf einer Induktivitätsänderung. Ein neuartiger In-

ductance to Digital Converter (LDC) von Texas Instruments ermöglicht die direkte Auswertung der dehnungsproportionalen Induktivitätsänderung aus Schwingkreisgrößen [7]. Die Induktivität auf dem flexiblen Material ist durch ein spezielles Drahtgeflecht realisiert und kann stick- oder webtechnisch auch in andere Textilien wie z.B. Strümpfe integriert werden.

In umfangreichen Kalibrier- und Evaluationsmessungen konnten Funktionsweise, Auflösung, Reproduzierbarkeit und Störungskompensation des StrainTex-Sensors nachgewiesen werden. Beispielhaft sind in Abbildung 2 die ermittelten Rohwerte (ohne Einheit) von Mess- und Kompensationssensor aus einem Zugversuch mit jeweils 5 mm Längenzunahmen dargestellt. Aus den Ergebnissen lassen sich Kompensationsprinzip bspw. für Temperaturdrift sowie geforderte Auflösungen von bis zu 0,5 mm bestätigen.

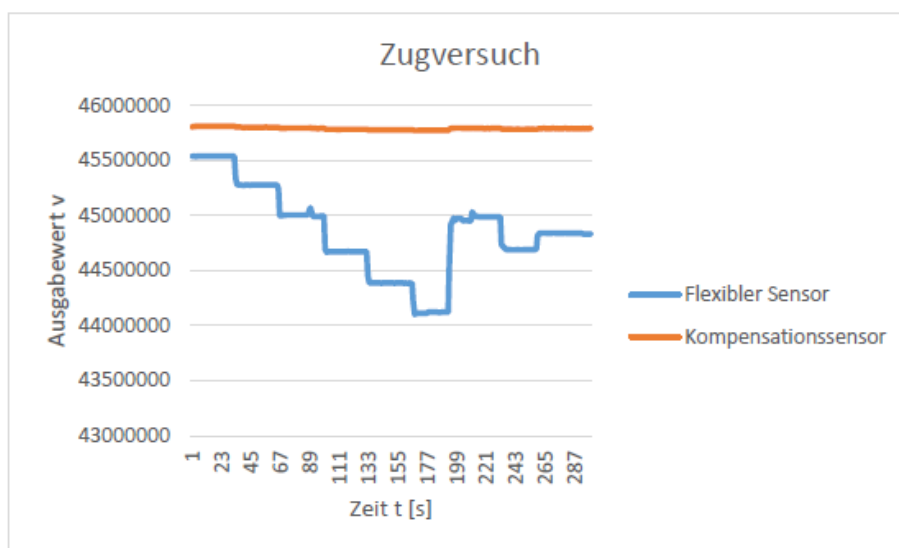


Abbildung 2: Zugversuch mit 5mm-Dehnungssprüngen

2.2 Case Studies

Zur Prüfung von Einsatztauglichkeit und Praktikabilität des StrainTex-Messsystems sowie zur Festlegung geeigneter Auswertelgorithmen für Kurz- (Muskelanspannungen) oder Langzeiteffekte (Schwellung) dienen zunächst Labormessungen unter Realbedingungen an Testpersonen.

Beispielhaft sind in Abbildung 3/links die Messergebnisse eines Versuches dargestellt, bei dem der Proband in stabiler Sitzposition regelmäßig die Zehen anhebt und so für eine Anspannung der Wadenmuskulatur mit einer Umfangsänderung von 2-3mm sorgt. Deutlich erkennbar sind die Phasen der Muskelanspannungen sowie die zwischenliegenden Ruhephasen mit jeweils vergleichbaren Werten.

Die rechte Grafik der Abbildung 3 zeigt die Schwellungszunahme nach induzierter Stauung im Bereich des Kniegelenks über 10 Minuten und bestätigt die geforderte Merkmale bezüglich Auflösung und Signalqualität sowie letztlich auch die Einsetzeignung des Messsystems für die anstehenden Felduntersuchungen.

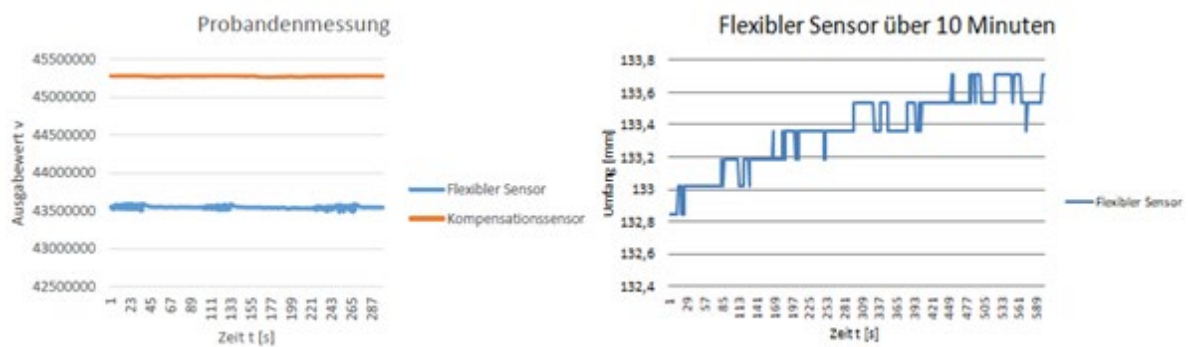


Abbildung 3: Probandenversuche mit Muskelanspannungsphasen (links) und Schwellungsaufbau nach induzierter Stauung (rechts), gemessen am Wadenmuskel mittig.

3. Feldeinsatz und Produktrealisierung

Den technischen Vorentwicklungen folgend wird aktuell in verschiedenen Feldstudien mit unterschiedlichen Arbeitsszenarien der Forschungsansatz zur Schwellungsdiagnostik mit dem Straintex-System verfolgt. Dabei steht zunächst die Mess- und Ergebnisvalidierung im Vordergrund bevor geeignete Auswertelgorithmen zur Verhaltensprävention abgeleitet werden.

Im Zuge der vorgesehenen Produktrealisierung werden die Sensorintegration in normale Kleidung (bspw. Strümpfe) sowie die Modularisierung und Miniaturisierung der Elektronik angestrebt. Abgerundet wird die Systemintegration durch eine App-Entwicklung, die einerseits den Benutzern Empfehlungen zur Haltungsänderung bei erkennbarer Schwellungsindikation bietet und andererseits durch die bei den Arbeitsszenarien ermittelten Schwellungsprofile zur verbesserten Arbeitsgestaltung verhilft.

Erste Ergebnisse aus den Felduntersuchungen werden vorgestellt.

4. Literatur

- Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (2018): Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit. http://lasi-info.com/uploads/media/lv50_01.pdf (Stand: 07.Mai. 2018)
- Andrea Blank-Koppenleitner (2018): Geschwollene Beine und Füße: Wie Schwellungen entstehen. https://www.apotheken-umschau.de/Beine/Geschwollene-Beine-und-Fuesse-Wie-Schwellungen-entstehen-53776_2.html (Stand: 05. Mai. 2018)
- Herpertz Ulrich (2009): Ödeme und Lymphdrainage. 3. Auflage, Schattauer Stuttgart, New York.
- Claudine Gehin, Etienne Grenier, Cyril Chaigneau, Bertrand Massot, Arthur Claude, Amalric Montalibet, Eric McAdams (2018): Ambulatory sensor for monitoring of the edema circumference in lower limbs. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 7/2018, 5922-5925
- Adalbert Rieck. Tagesrhythmische Veränderungen des Beinvolumens bei orthostatischer Belastung unter Berücksichtigung von Blutdruck und Pulsfrequenzverhalten. Med. Diss., Univ. Marburg 1973
- Fraunhofer IZM:
https://www.izm.fraunhofer.de/de/abteilungen/system_integrationsinterconnectionstechnologies/arbeitsgebiete/motex-bandage.html (Stand: 08.Mai.2018)
- Wolfgang Demtröder (2009): Experimentalphysik 2 Elektrizität und Optik, Springer Berlin Heidelberg, 173-174



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de