T-EXoSuit
Textilbasiertes Exoskelett mit individuell einstellbarem graduellem Bewegungswiderstand und User Interface zur präventiven und rehabilitativen Unterstützung des Bewegungsapparats - TV 1: Entwicklung von textilen Strukturen mit variabler Steifigkeit

7. Interprofessioneller Gesundheitskongress 5.-7. April 2019, Dresden

Jens Mählmann und Michelle Vinke | STFI Chemnitz
Koordinator: Dr. Anja Winkler | ILK Dresden

Exoskelette – Stand der Technik

Orthesen: …extern (körperumschließend/-anliegend) anzuwendende, funktionssichernde Hilfsmittel,… zur Veränderung der Eigenschaften des neuromuskulären und skelettalen Systems durch:

- *Stabilisation*
- Immobilisation
- *Entlastung*
- Korrektur
- Fixation
- *Bewegungsbegrenzung*
- Rheologische Wirkung
- Propriozeptive Wirkung
- Schmerzdämpfende Wirkung

Exoskelette - Stand der Technik

Orthesen: …extern (körperumschließend/-anliegend) anzuwendende, funktionssichernde Hilfsmittel, …

Exoskelett: äußere Stützstrukturen eines Organismus

Natürliche Exoskelette
z.B. Insektenpanzer

Mahlmann, STFI

Exosuit: textiles Exoskelett

Künstliche Exoskelette

Passive Exoskelette

Mathiebe, HTW-Dresden

Aktive Exoskelette

Sensodrive GmbH

Stand der Technik - Anwendung

Anwendungsbereich	Anwendungszweck
Militär	Leistungs-/Produktivitätssteigerung
	Ergonomie/Belastungsminderung
Industrie	Reintegration
	Arbeitsschutz/haptische Interaktion
Medizin	Prävention
	Rehabilitation
Sport	Training

Kawasaki Kraft-Anzug 3

ReWalk

Hand-Exoskelett, Arata et al.

„Stuttgart Exo Jacket“

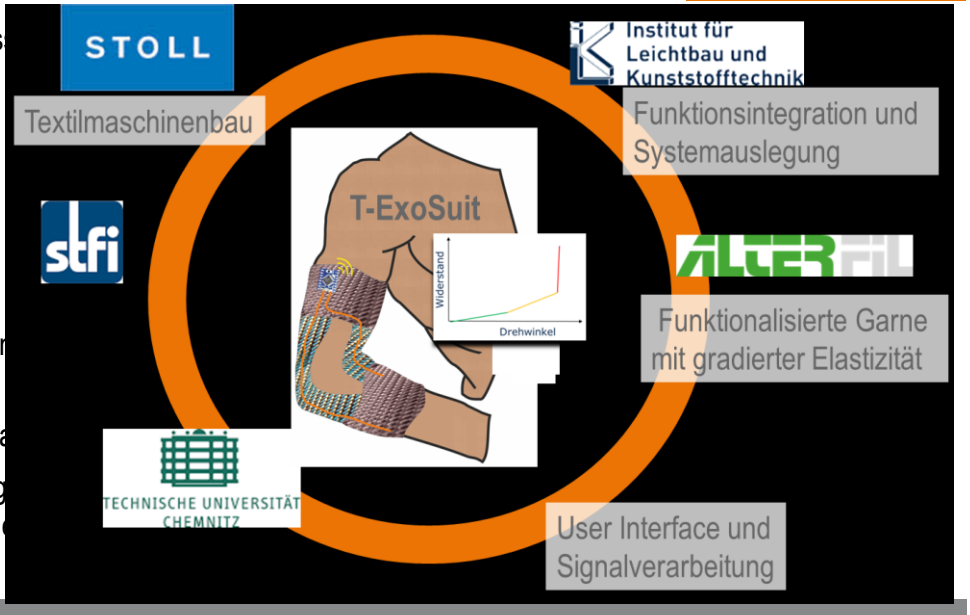
Exoskelette – Stand der Technik

Exoskelette

- Pro & Contra unter Betriebsärzten diskutiert (Unterstützung vs. Unterforderung)
- Unterschiedliche Exoskelette zur Stärkung/Unterstützung auf Markt und in Entwicklung (v.a. Über-Kopf-Arbeiten, Greifbewegung)
- Derzeitig in Betrieben genutzte E.: raumgreifend, unkomfortabel, schwer
- Trend eher zu aktiven, **leichten Exoskeletten**
- Exosuits - **textile Exoskelette -** noch in Entwicklung/Prototypenstatus
  - **T-EXoSuit**

T-EXoSuit – ein textilbasiertes Exoskelett

- Individuell angepas
- Individuell einstellbarer gradueller Bewegungs-widerstand
- Messung therapeutischer Ker
- Wearable mit visuellem Biofeedba
- Erstellung eines dig Schattens der textil Komponenten



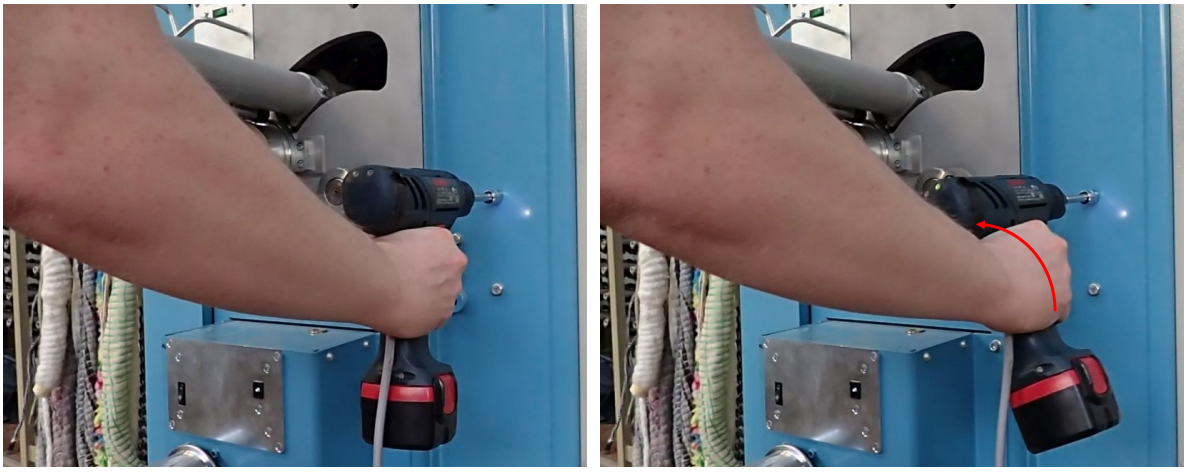
Bedarfs- und Anforderungsprofil

- Recherchen zu pathologischen, industriellen/wirtschaftlichen, normativen Erfordernissen sowie Expertenmeinungen:
- Größte Rolle: WRLUD (work-related upper limp disorders)

  = Beschreibungen von Funktionsstörungen mit Kraftverlust und Missempfindungen nach repetitiven Tätigkeiten, unergonomischen Haltungen und/oder Krafteinwirkungen

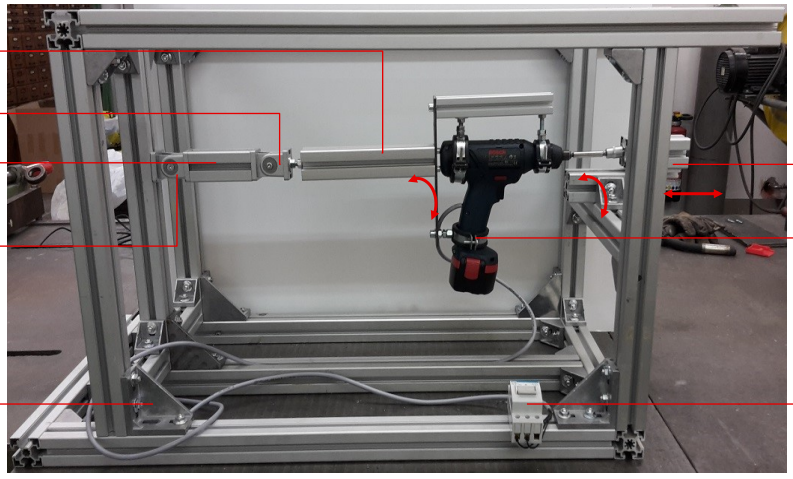
→ Überbelastung von Gewebe aus meist arbeitsbedingten Bewegungen/ Krafteinwirkungen

Industrielle Relevanz – hochrepetetive Tätigkeiten bei der Montage



Pronation als Folge aus dem Drehmoment-Abschaltimpuls eines Akkuschraubers

Versuchsstand zur Nachbildung der Pronation …



… ermöglicht reproduzierbare Messung des Rotationswinkels => Drehmoment.

Manschetten zu Minderung der Pronation

Textile Versuchsmuster

Orientierung: Verlauf der Supinatoren

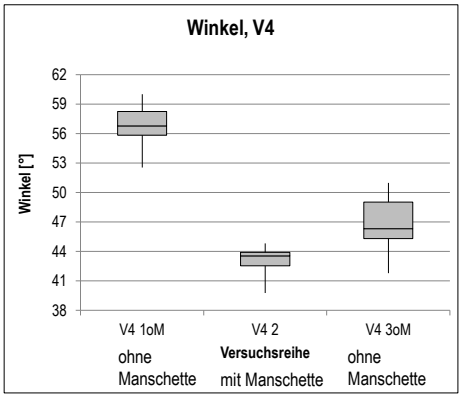
Arbeitshypothese:
Rotationswinkel ↓ und Rotationssteifigkeit ↑ von:

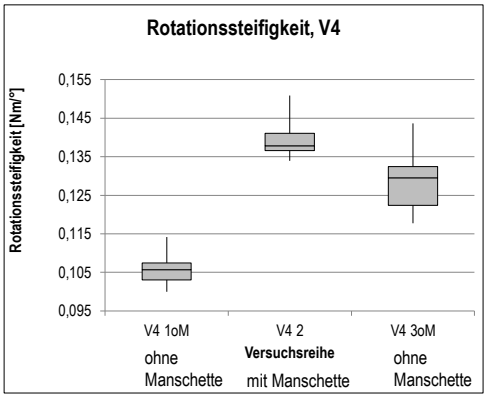
- V5 im Vergleich zu V4
- V6 im Vergleich zu V4
- V6 im Vergleich zu V5

Variation der Elastizität durch Materialkombination und -Einsatz

Deutliche Beeinflussung/Minderung des Rotationswinkels

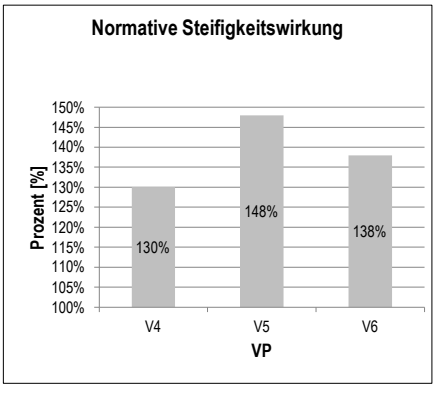
Boxplotdiagramme aller Versuchsreihen beispielhaft an V4

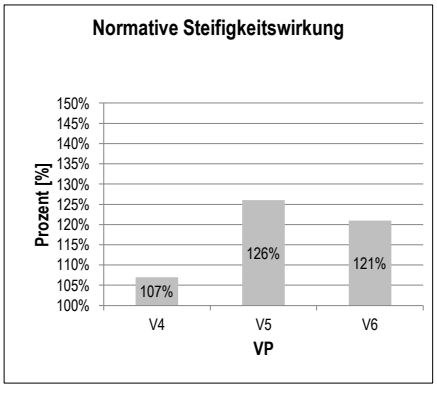




Rotationssteifigkeit Versuchsstand:
0,1 Nm/° - 0,15 Nm/°
→ ähnlich Werten von Lin et al. mit der Einstellung eines harten Gelenkes (männlich & hohe Steifigkeit)

Normative Vergleiche zur Aussage über die Steifigkeitswirkung der Manschetten

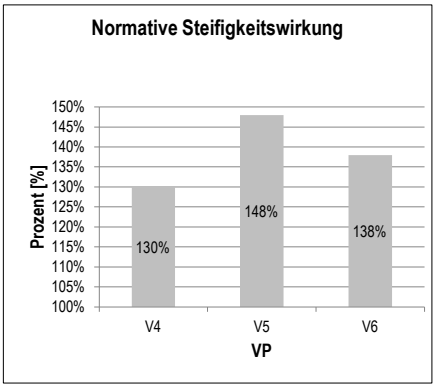




„ohne Manschette“ zu „Manschette“ „Manschette“ zu „ohne Manschette“

Ergebnisse

Normative Vergleiche zur Aussage über die Steifigkeitswirkung der Manschetten



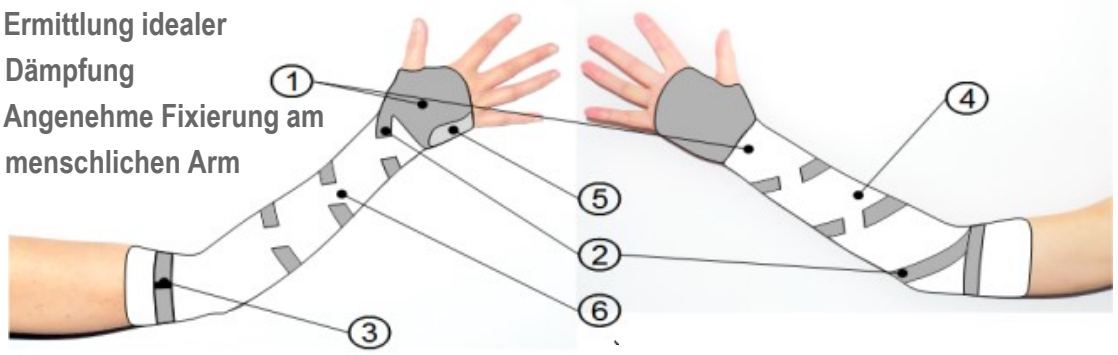
Arbeitshypothese:
Rotationswinkel ↓ und Rotationssteifigkeit ↑ von:

- ✓ V5 im Vergleich zu V4
- ✓ V6 im Vergleich zu V4
- ~~V6 im Vergleich zu V5~~

„ohne Manschette“ zu „Manschette“ **„Manschette“ zu „ohne Manschette“**

Ableitungen/Transfer

- Ermittlung idealer Dämpfung
- Angenehme Fixierung am menschlichen Arm



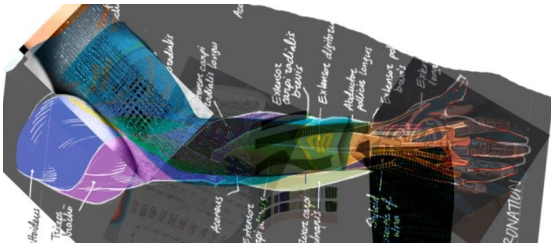
① Textil mit erhöhter Kompression für die Übertragung der Rotationsbewegung (Pronation) auf das Zugband
② Zugband mit variabler/nichtlinearer Steifigkeitskennlinie
③ Einstellung der Zugkraft des Zugbandes durch Klettverschluss.
④ Arm-Sleeve mit Kompressionswirkung für Positionierung von Sensorik (Goniometer etc.)
⑤ Rutschfeste Beschichtung an der Innenseite der Orthese (z.B. Silikon)
⑥ Führung Zugband

Ausblick

- Zweite Versuchsvariante mit zusätzlichen Freiheitsgraden – zusätzlicher Kippwinkel in der Hand
- Iterative Einstellung der Rotationssteifigkeit am Versuchsstand mittels Abgleich der Winkelgeschwindigkeitskurven
- Messung der Winkelgeschwindigkeit am menschlichen Arm/Probanden
- Textile Integration von Sensoren zur Übermittlung von relevanten Bewegungsdaten
- Entwicklung von neuartigen Materialien mit dehnungsabhängiger Steifigkeit
- Entwicklung von lokalen Materialanhäufungen zur gezielten sanften Bewegungseinschränkung

Zusammenfassung

- Bedarfs- und Anforderungsprofil an ein textiles Exoskelett für Montagetätigkeit
- Lastfall: Pronation/Supination nach Drehmomentabschaltung Akkuschrauber
- Versuchsstand zur Entwicklung und (Über-)Prüfung textiler Strukturen
- Textile Strukturen mit unterschiedlichen Materialeigenschaften und -Zusammensetzungen
- Positive Wirksamkeit der Versteifungsstruktur mit Verlauf der Supinatoren
  - Optimierung der Wirksamkeit
  - Entwicklung neuartiger Materialien
- Angenehme Fixierung am menschlichen Arm



Danke für Ihre Aufmerksamkeit …

… und an meine Kollegen und Mitarbeiter: Michelle Vinke, Stephan Neukirchner, Theresa Kretsch, Reinhard Helbig, Manuela Fritzsch, Prüfabteilung des STFI e.V., an das Projektteam vom ILK-Dresden, der TU-Chemnitz, Fa. Alterfil/Oederan, Fa. Born/Dingelstädt, Assoz. Partner Fa. Stoll/Reutlingen

zwanzig20 PARTNERSCHAFT FÜR INNOVATION

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Deutschland Land der Ideen
Ausgezeichneter Ort 2016
Nationaler Förderer Deutsche Bank

„Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung des Vorhabens im Rahmen des Programms Zwanzig20 - Partnerschaft für Innovation.“