

Biomechanische Analyse von Exoskeletten mit dem AnyBody Modeling System



Simon Auer, M.Sc.

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Labor für Biomechanik

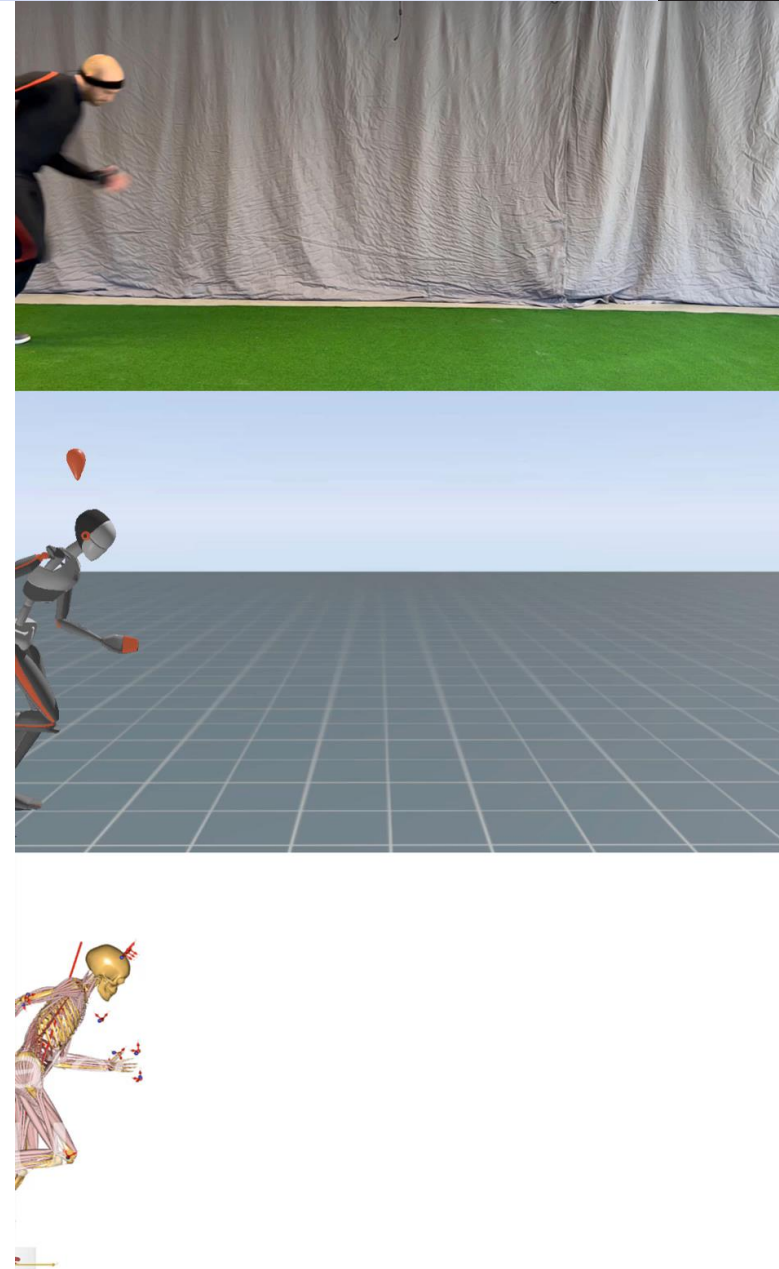
Mark Tröster, M.Sc.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart
Abteilung Biomechatronische Systeme

GfA-Herbstkongress, 23.09.2022

- Anwendungsbereiche muskuloskelettaler Modelle
- Herausforderungen muskuloskelettaler Modelle
- Anwendung eines generischen Exoskelett-Modells
- Forschungsprojekt DigitalExonomics

- Analyse von von Reaktionen im menschlichen Körper oder des menschlichen Körpers mit der Umgebung
- Starrkörperdynamik: Segmente, Gelenke, Kräfte
- Inverse Dynamik: Rückrechnen von Bewegung auf Kräfte

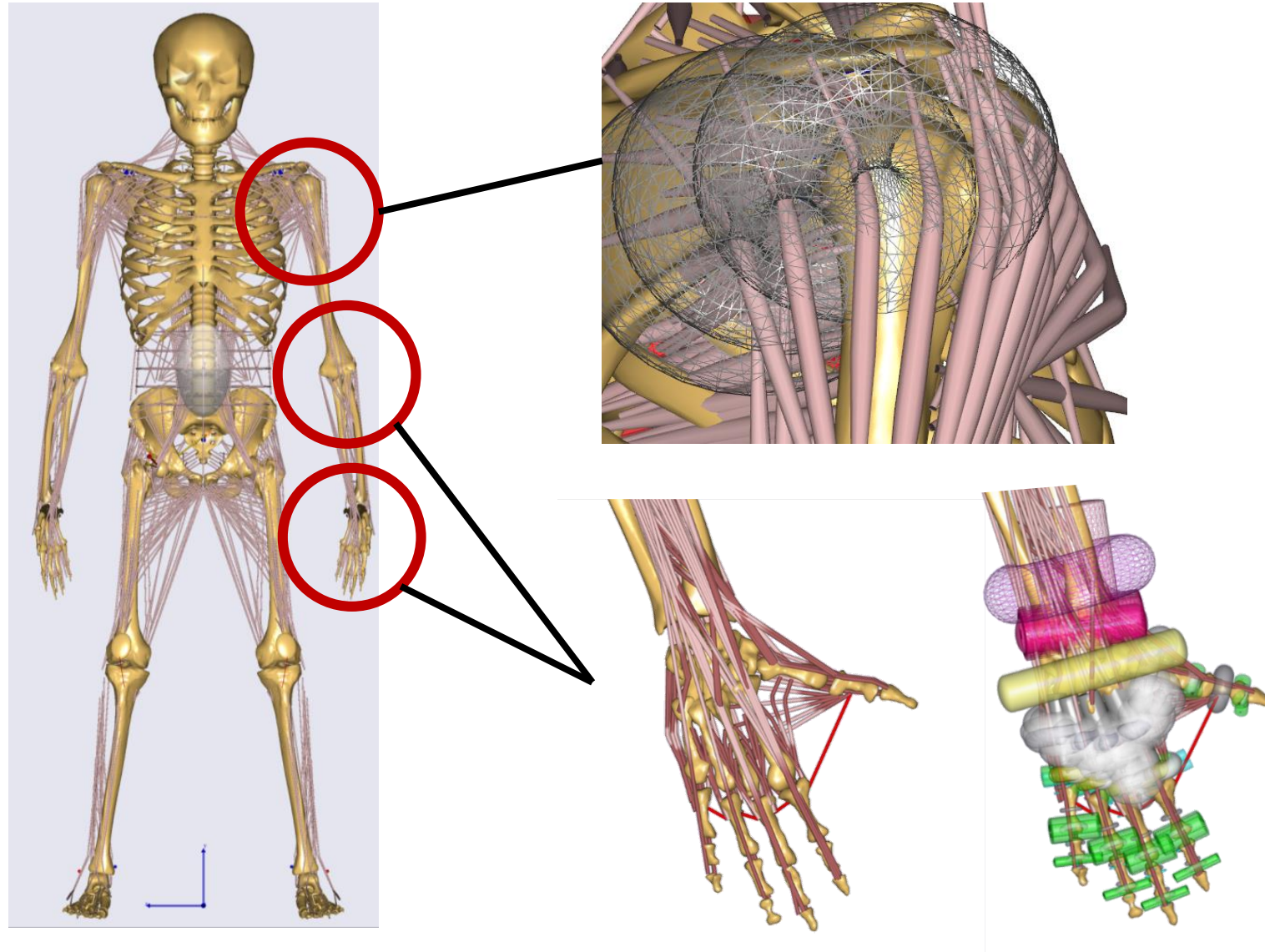




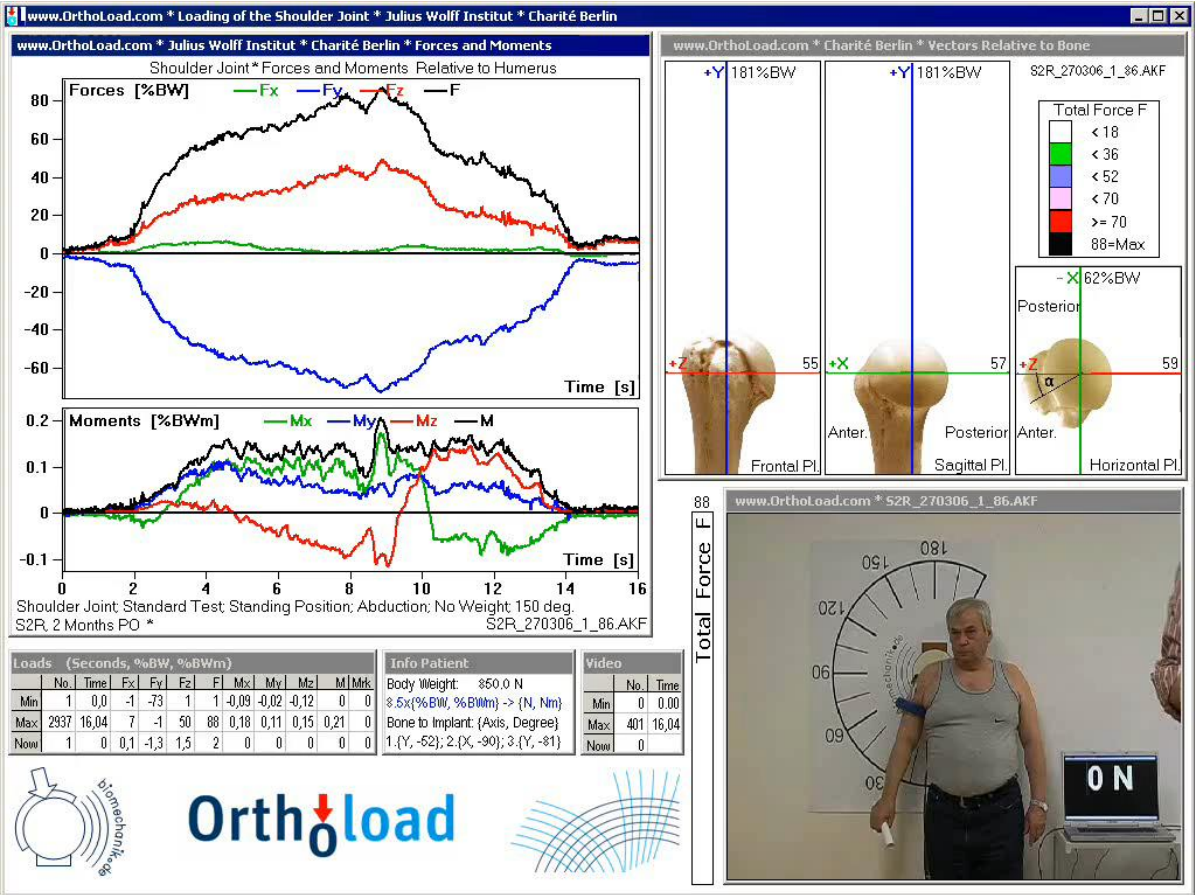
Anwendungsgebiete

- Orthopädie
- Sport Biomechanik
- Mentaler Stress
- Geburtshilfe
- Ergonomie
- ...

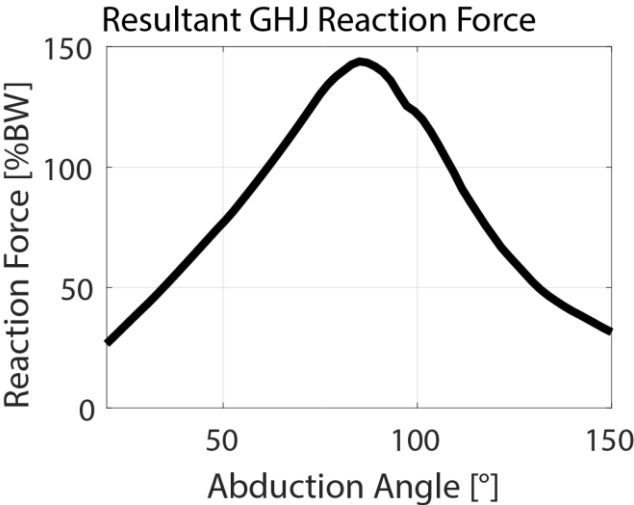
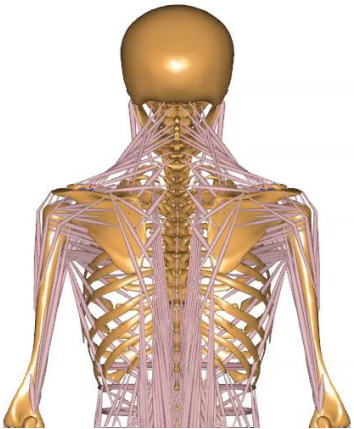


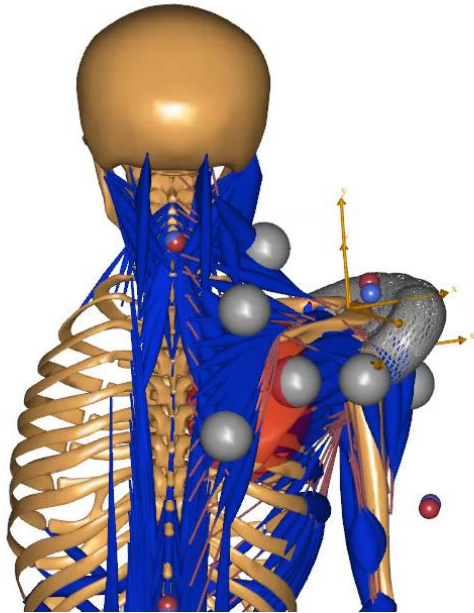


Problemstellung: In vivo



Modell

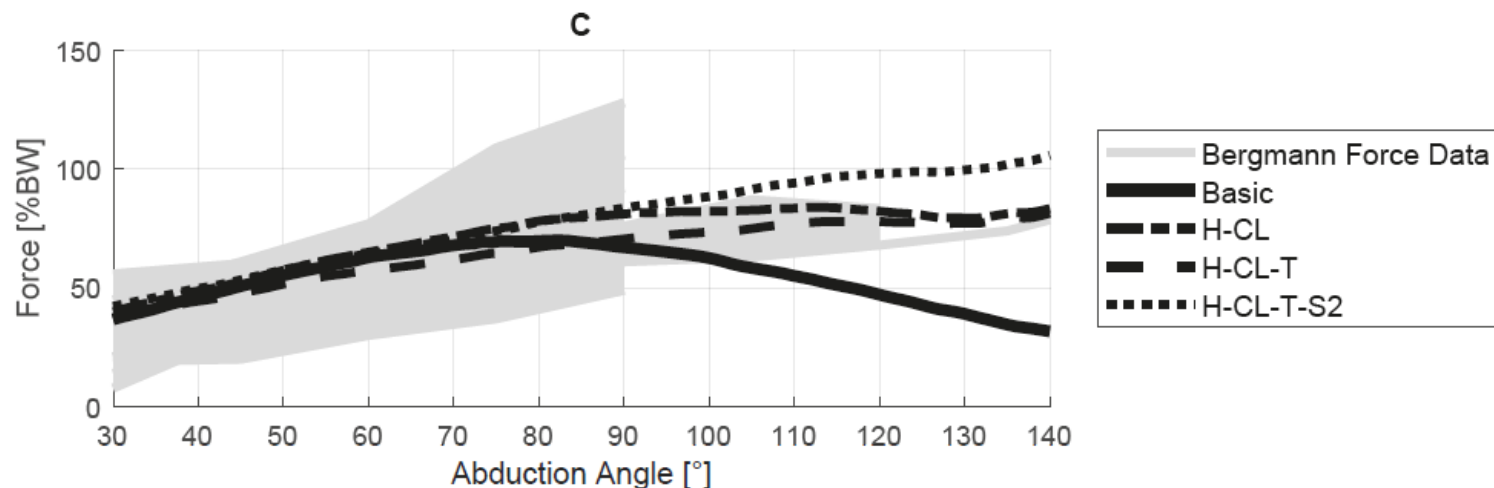




- Neuer Scapula/Clavicula-Rhythmus
- Torus-Wrapping für Deltoiden
- Anpassung des Trapezius-Wrappings
- Kraftskalierung
- Zusätzliche Muskelemente
- 3-Element-Hill Muskelmodell

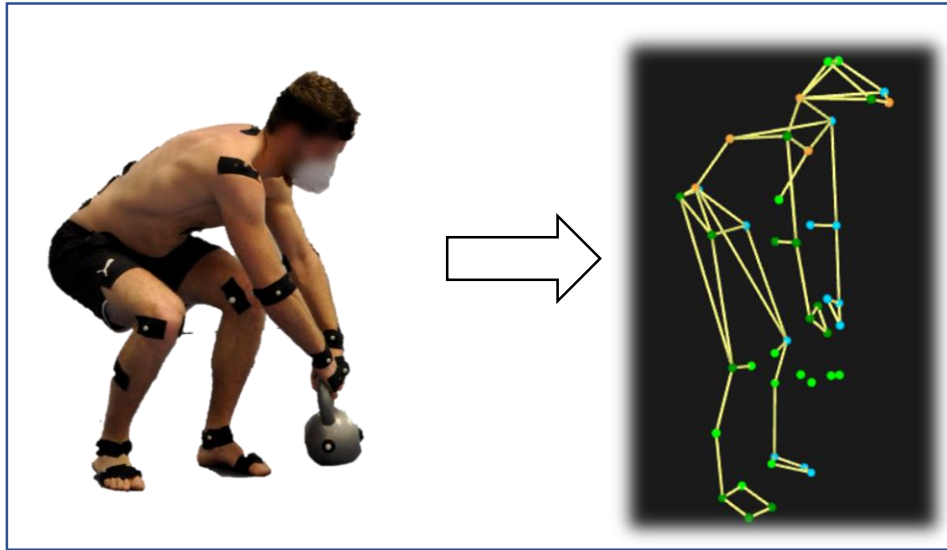


- Einzelne Änderungen haben oft keinen Effekt
- Änderungen haben in Kombination mit dem Hill-Modell größeren Einfluss
- Weitere Verbesserungen sind möglich

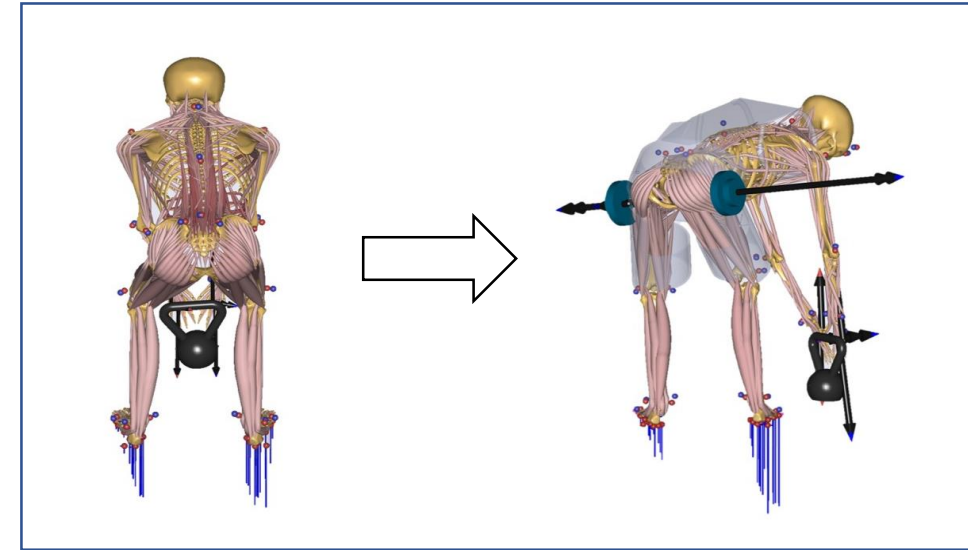


- Methodik
 - Vorgehen
 - Bewegungsdesign
 - Generische Exoskelett-Modellierung
- Ergebnisse
 - L4L5 Kompressionskräfte und metabolischer Energieumsatz
- Erkenntnisse und Limitierungen

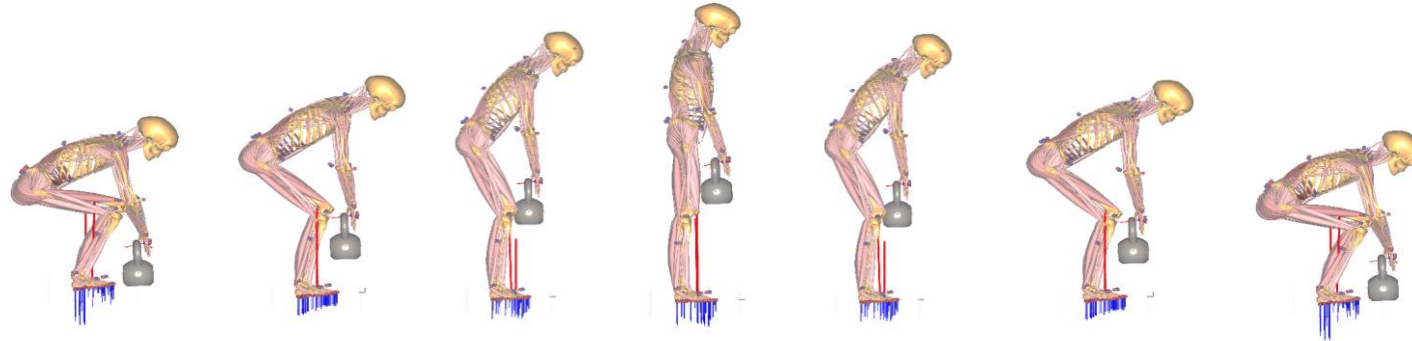
Bewegungserfassung



Biomechanische Modellierung



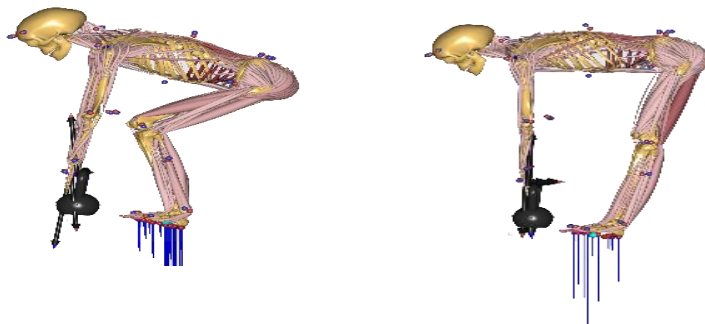
Anheben und Ablegen als Bewegungssequenz



Symmetrisch

Free-Squat

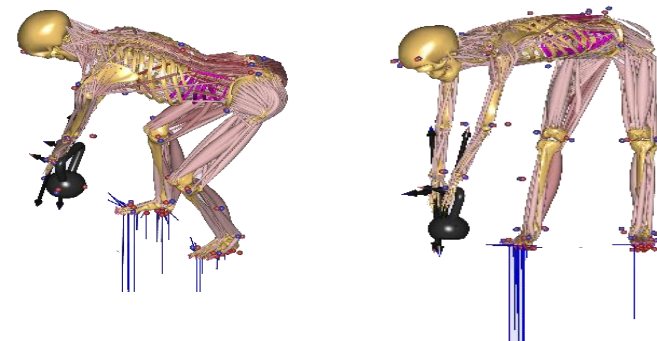
Stoop



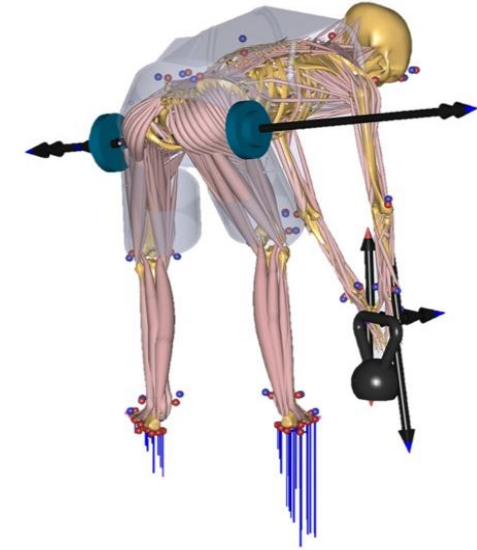
Asymmetrisch

Free-Squat

Stoop



- **Generische Modellierung** von hüftunterstützenden Exoskeletten, die Drehmoment an Hüftgelenken einbringen
 - Mechanische Topologie abstrahiert angelehnt an markt-verfügbare Systeme
 - Drehmomentcharakteristika generisch modelliert für zwei passive (schwach und stark) und eine aktive Systemvariante (WPM, SPM, AM)
 - Gewichts- und Trägheitseigenschaften der Exoskelettsegmente auf realistisches Gesamtgewicht angepasst (WPM: 1 kg; SPM: 3 kg; AM: 6 kg)
 - Optimaler Unterstützungsmodus (OM: 0 kg) ergänzend modelliert als theoretisch maximal mögliche Unterstützung in gegebener Mechanik-Topologie



Passives Ottobock Back



© Ottobock SE & Co. KGaA. 2021.

Passives V3 BACKX



© suitx. 2021.

Passives Laevo V2 and FLEX 3.0



© Laevo B.V.. 2020.

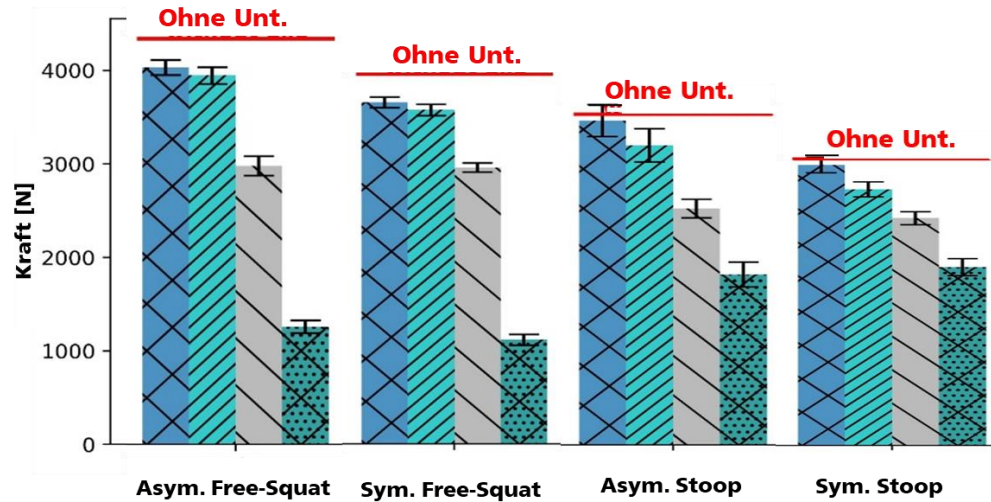
© Laevo B.V.. 2022.

Aktives Cray X, 5. Generation



© German Bionic Systems GmbH. 2022.

Kompressionskraft in L4/L5



Metabolischer Energieumsatz



- Höhere Reduktion bei Free-Squat-Bewegungen, starke Reduktion auch schon bei passiven Exo-Systemen
- Deutlich geringere Entlastung der Metabolik bei Stoop-Bewegungen durch Exoskelett-Unterstützungen
- Beide Tendenzen in theoretisch maximal möglicher Unterstützung (OM) erkennbar

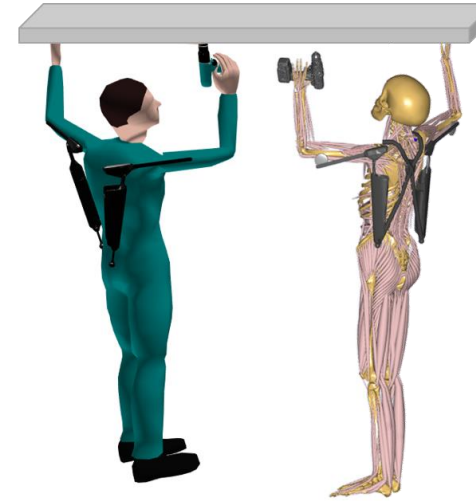
Erkenntnisse

- Muskuloskelettale Modellierung ist hilfreiches Werkzeug zur Interpretation von Bewegungsdaten hinzu biomechanischen Wirksamkeitstendenzen und –charakteristika.
 - Bewegungstechnik und Drehmomentcharakteristik vom Exoskelett beeinflussen biomechanische Wirksamkeit.
 - Ergebnisse liefern erste Indizien, dass hüftunterstützende Exoskelette die Bewegungstechnik ergonomisch optimieren könnten (intuitiv energieoptimierte Bewegungsdurchführung).

Limitierungen

- Vereinfachte generische Modellierung der Exoskelett-Unterstützung (Modellierung detaillierter Exoskelett-Varianten zur Validierung der Erkenntnisse notwendig)
- Absolute quantitative Gelenkkinetiken benötigen validierte Modelle.
- Bewegungsanpassungen durch Exoskelett sind nicht berücksichtigt in Modellierung.
- Vereinfachte Modellierung des metabolischen Energieumsatzes
- Limitiertes Bewegungsdesign und Probandenkollektiv

KMU-innovativ Verbundprojekt Digitale Arbeitsgestaltung und Ergonomiebewertung für die Anwendung industrieller Exoskelette



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DLR Projektträger

Projektpartner



Assoziierte Partner

DAIMLER TRUCK



Mercedes-Benz



ottobock.



ANYBODY
TECHNOLOGY



Digitale ergonomische und biomechanische Wirksamkeitsanalyse

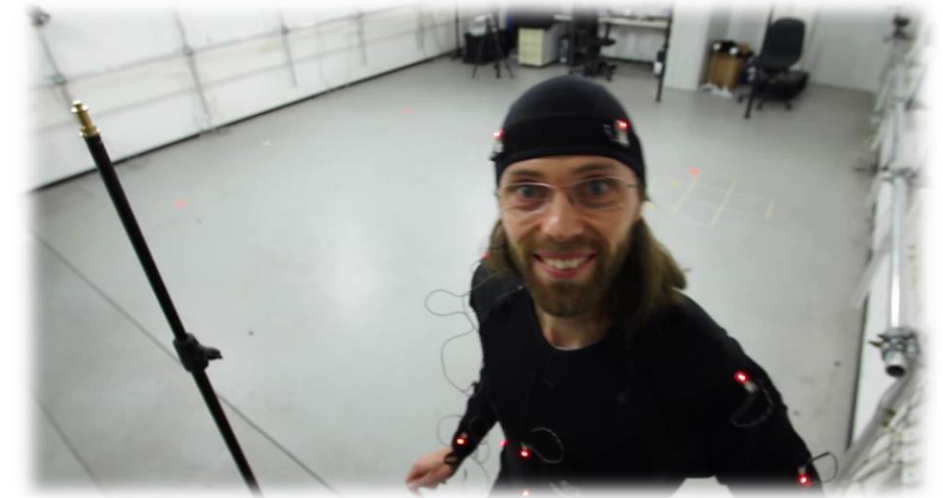


imk industrial competence

 **Fraunhofer**
IPA
 **OTH** OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

Fokus Schulter- und Rückensysteme

Markerlose Bewegungserfassung



the
capturi 

01.09.2021 – 29.02.2024

Konzeption (Definition
Anwendungsszenarien,
Entwicklungsplan etc.)

Modellentwicklung und
Digitalisierung

Entwicklung
Softwarefunktionalitäten

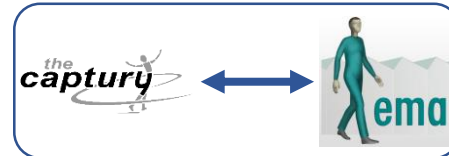
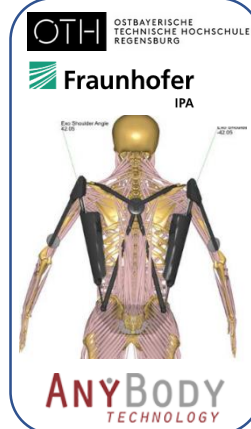
Labor- und Feldstudien

Evaluation
Softwarefunktionalitäten



+

Fachbeirat (assoziierte
Partner)



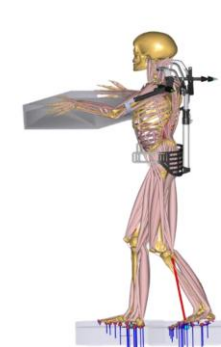
+

Fachbeirat (assoziierte
Partner)

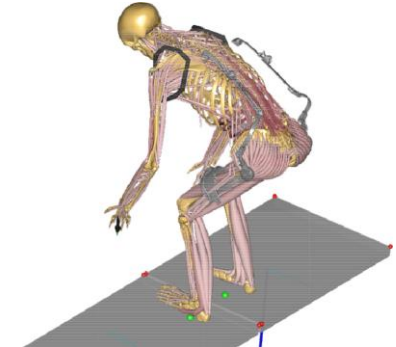
- Betrachtung von intendierten Effekten
 - Reduktion von Muskelaktivitäten
 - Reduktion von kumulierten und maximalen Gelenkkräften und –momenten
 - Reduktion des metabolischen Energieumsatzes

UND

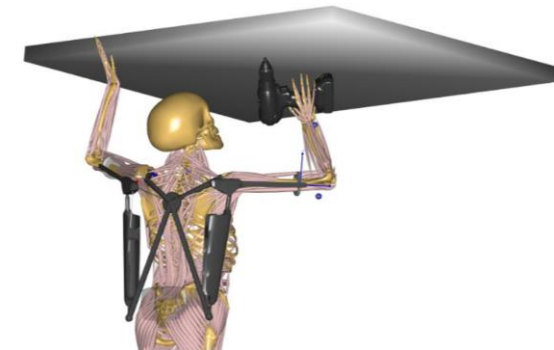
- **nicht** intendierten Effekten
 - Betrachtung aller Muskelgruppen und Gelenke (Lastumverteilungen)
 - Bewegungsveränderungen
 - Parasitäre Kinetik an der mechanischen Schnittstelle (z.B. Scherkräfte)
 - ...
- Personenspezifische Wirksamkeiten
 - Individuelles Bewegungsbild über Bewegungsdaten
 - Anthropometrie, Geschlecht, Population, Alter, ...



Seiferfeld et al. 2021



Schmalz et al. 2021



Fritzsche et al. 2021

- Aurbach et al. 2020 – Aurbach M., Špička J., Süß F., Vychytil J., Havelková L., Ryba T., Dendorfer S. (2020): Torus obstacle method as a wrapping approach of the deltoid muscle group for humeral abduction in musculoskeletal simulation. Journal of Biomechanics 109:109864. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109864>.
- Fritzsche et al. 2021 - Fritzsche, L., Galibarov, P., Gärtner, C., Bornmann, J., Damsgaard, M., Wall, R., . . . Babič, J. (2021). Assessing the efficiency of exoskeletons in physical strain reduction by biomechanical simulation with AnyBody Modeling System. Wearable Technologies, 2, E6. doi:10.1017/wtc.2021.5.
- Schmalz et al. 2021 - Thomas Schmalz, Anja Colienne, Emily Bywater, Lars Fritzsche, Christian Gärtner, Malte Bellmann, Samuel Reimer & Michael Ernst (2021): A Passive Back-Support Exoskeleton for Manual Materials Handling: Reduction of Low Back Loading and Metabolic Effort during Repetitive Lifting, IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors, DOI: 10.1080/24725838.2021.2005720.
- Seiferfeld et al. 2021 - Bo E. Seiferheld, Jeppe Frost, Mathias Krog, Sebastian Skals, Michael S. Andersen. Biomechanical investigation of a passive upper extremity exoskeleton for manual material handling - A computational parameter study. Webcast hosted by AnyBody Technology A/S. January 12th , 2021.
- Tröster et al. 2022 - Tröster, M.; Budde, S.; Maufroy, C.; Andersen, M.S.; Rasmussen, J.; Schneider, U.; Bauernhansl, T. Biomechanical Analysis of Stoop and Free-Style Squat Lifting and Lowering with a Generic Back-Support Exoskeleton Model. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 9040. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159040>.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Simon Auer, M.Sc.

Wiss. Mitarbeiter
Labor für Biomechanik

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Fakultät Maschinenbau

Galgenbergstraße 30 | 93053 Regensburg
Telefon +49 941 943-9566
simon.auer@oth-regensburg.de

<https://lbm.rcbe.de/>

Mark Tröster, M.Sc.

Wiss. Mitarbeiter
Physische Assistenzsysteme und smarte Sensoren

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Abteilung Biomechatronische Systeme

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-1789
mark.troester@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/biomechatronische-systeme