

Numerische Untersuchung der Einflüsse einer Hüftgelenksendoprothese auf die Gelenkbelastungen

N. Eichner¹, A. Wittek¹, S. Hanusek¹, J. Holder^{2,3}, S. van Drongelen³, F. Stief², U. Wuttke¹

¹ Forschungslabor Personalized Biomedical Engineering, Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurt am Main, Deutschland

² Klinik für Orthopädie (Friedrichsheim), Bewegungsanalyselabor, Universitätsklinikum Frankfurt, Goethe-Universität, Frankfurt am Main, Deutschland

³ Klinik für Orthopädie (Friedrichsheim), Dr. Rolf M. Schwiete Forschungsbereich für Arthrose, Universitätsklinikum Frankfurt, Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland

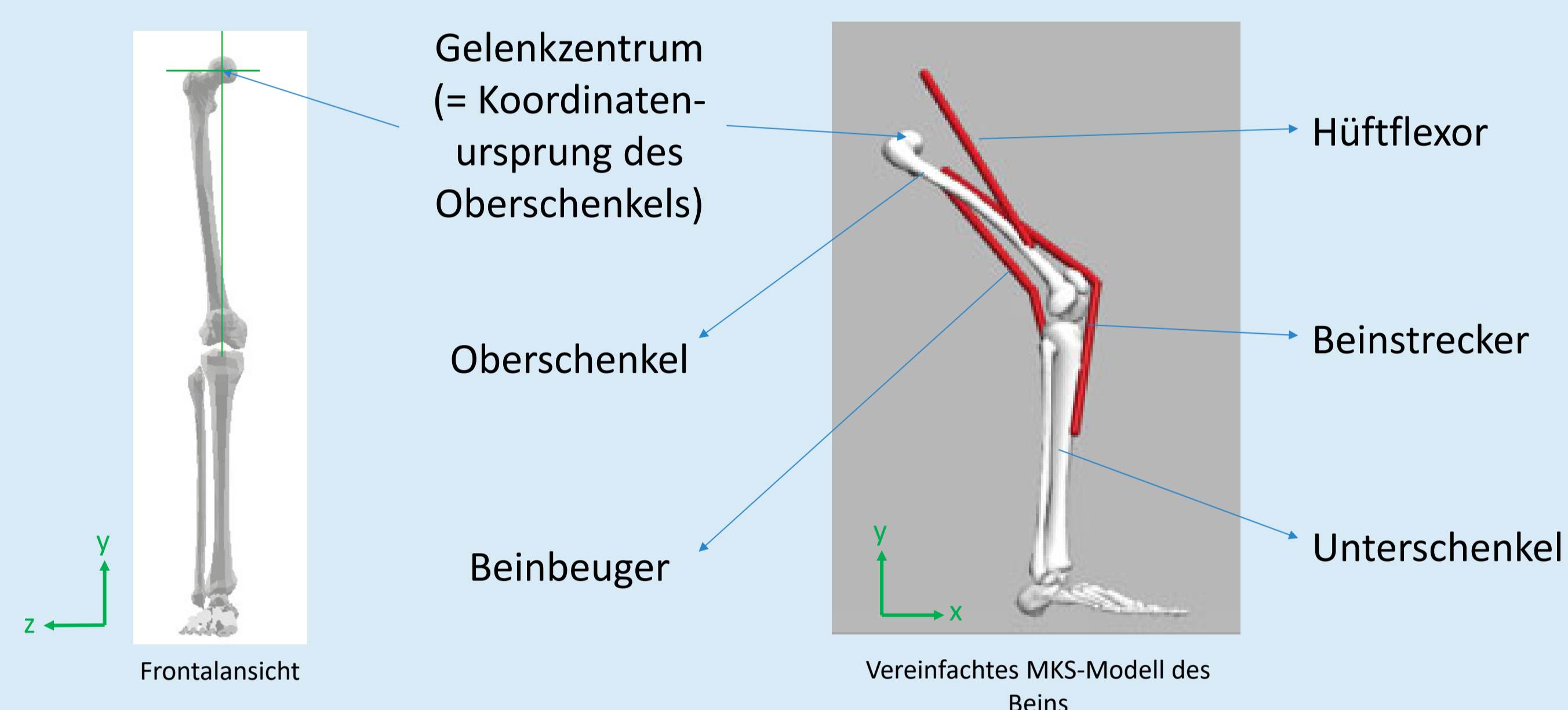
Motivation

- Mehrkörpersimulation (MKS) zur Berechnung von Gelenkreaktionskräften/-momenten und Muskelkräften
- Bewertung des OP-Erfolgs (langfristig u.U. Vorhersage des OP-Erfolgs)
- Berücksichtigung von physikalischen Änderungen durch Hüftgelenksendoprothese (HEP)

Ziele

- Ermittlung des Einflusses der Prothese auf Gewicht, Schwerpunktlage und Massenträgheitsmoment des Beins
- Einflussermittlung der HEP auf Gelenkkräfte, -moment und Muskelkräfte

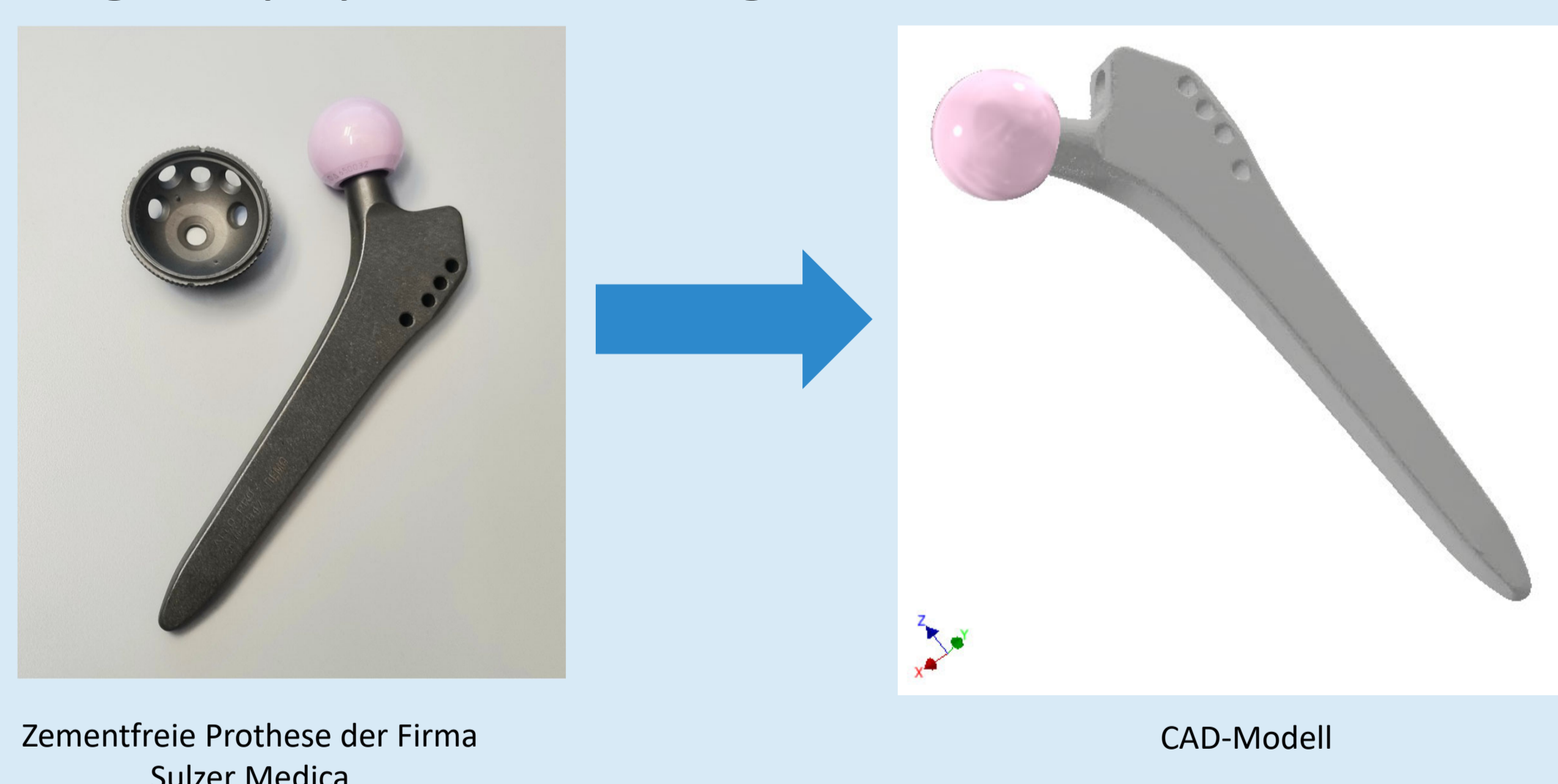
MKS-Modell (OpenSim 4.2)



Das MKS-Modell zeigt nur die Skelettstruktur an. Hinterlegt sind jedoch die physikalischen Eigenschaften der Extremitäten inkl. Muskulatur, Fettgewebe etc.

Erstellung des HEP-CAD-Modells (Inventor 2023)

- Geometrieerstellung über Reverse Engineering mittels 3D-Scan zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften

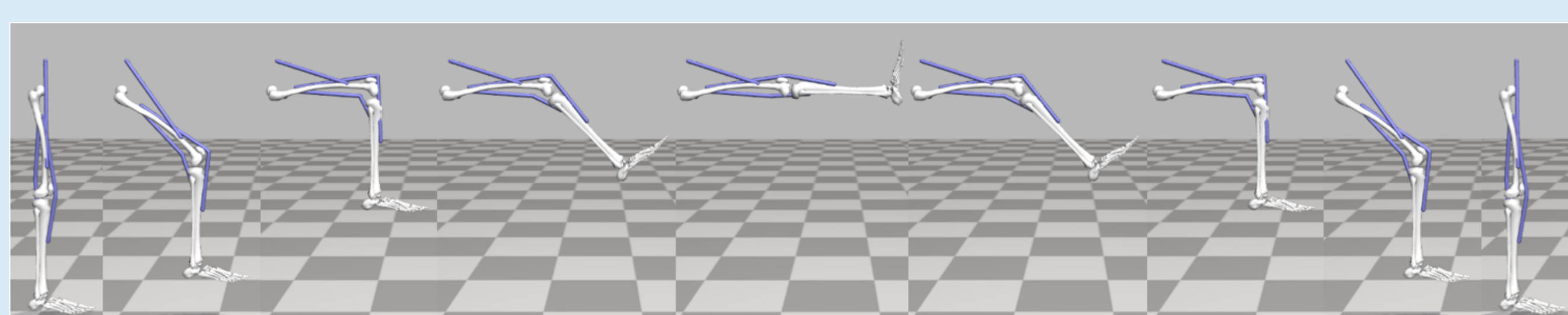


Zementfreie Prothese der Firma Sulzer Medica

CAD-Modell

Bewegungsablauf

- gleicher Bewegungsablauf und Randbedingungen bei allen Simulationen (Gesamtdauer: 1,47 s, Zeitschrittweite: 0,0075 s)
- reine Rotation um die z-Achse in Hüfte und Knie



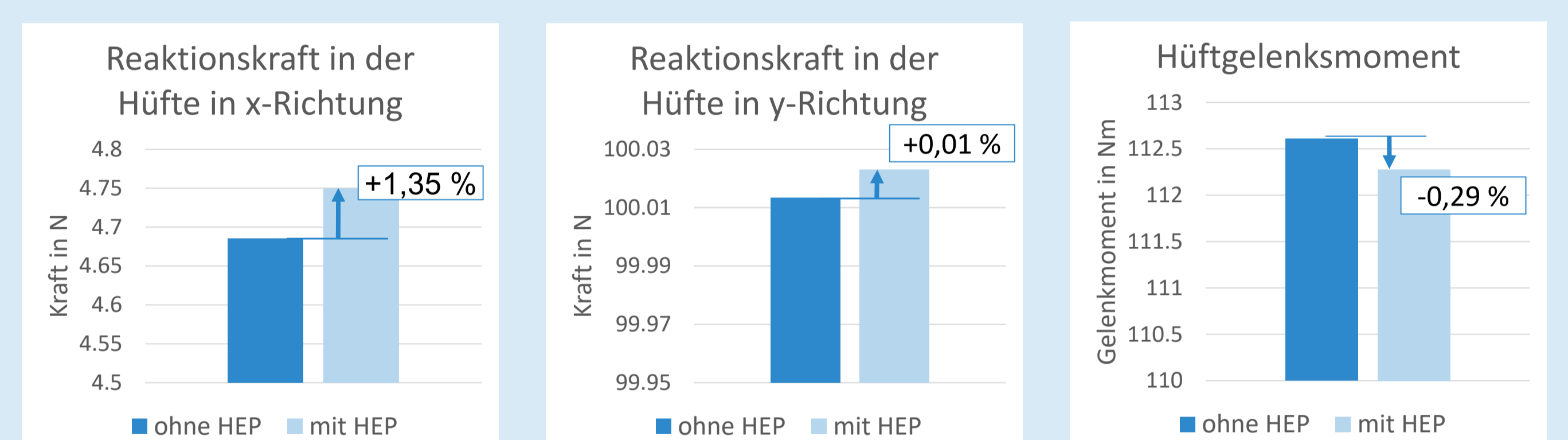
Darstellung des gesamten Bewegungsablaufs

Einfluss der HEP auf die phys. Eigenschaften

	Oberschenkel ohne HEP	Oberschenkel mit HEP	Differenz Δ
Masse in kg	9,301	9,480	+ 0,179
Schwerpunkt in Bezug auf das Gelenkzentrum in m	x 0 y -0,170 z 0	x -0,000162 y -0,16633 z 0,000532	x - 0,000162 y + 0,00367 z + 0,000532
Massenträgheitstensor in Bezug auf den Schwerpunkt in kgm^2	I_{xx} 0,133899 I_{yy} 0,0350999 I_{zz} 0,1411999 I_{xy} 0 I_{xz} 0 I_{yz} 0	I_{xx} 0,136210 I_{yy} 0,035186 I_{zz} 0,143469 I_{xy} 0,000138 I_{xz} 0,000016 I_{yz} 0,000011	I_{xx} + 0,002311 I_{yy} + 0,0000861 I_{zz} + 0,0022691 I_{xy} + 0,000138 I_{xz} + 0,000016 I_{yz} + 0,000011

- Erhöhung der Oberschenkelmasse um 1,92 %
- Schwerpunkt verschiebt sich um 3,7 mm zum Gelenkzentrum
- Durchschnittliche Erhöhung der Trägheit um 0,59 %

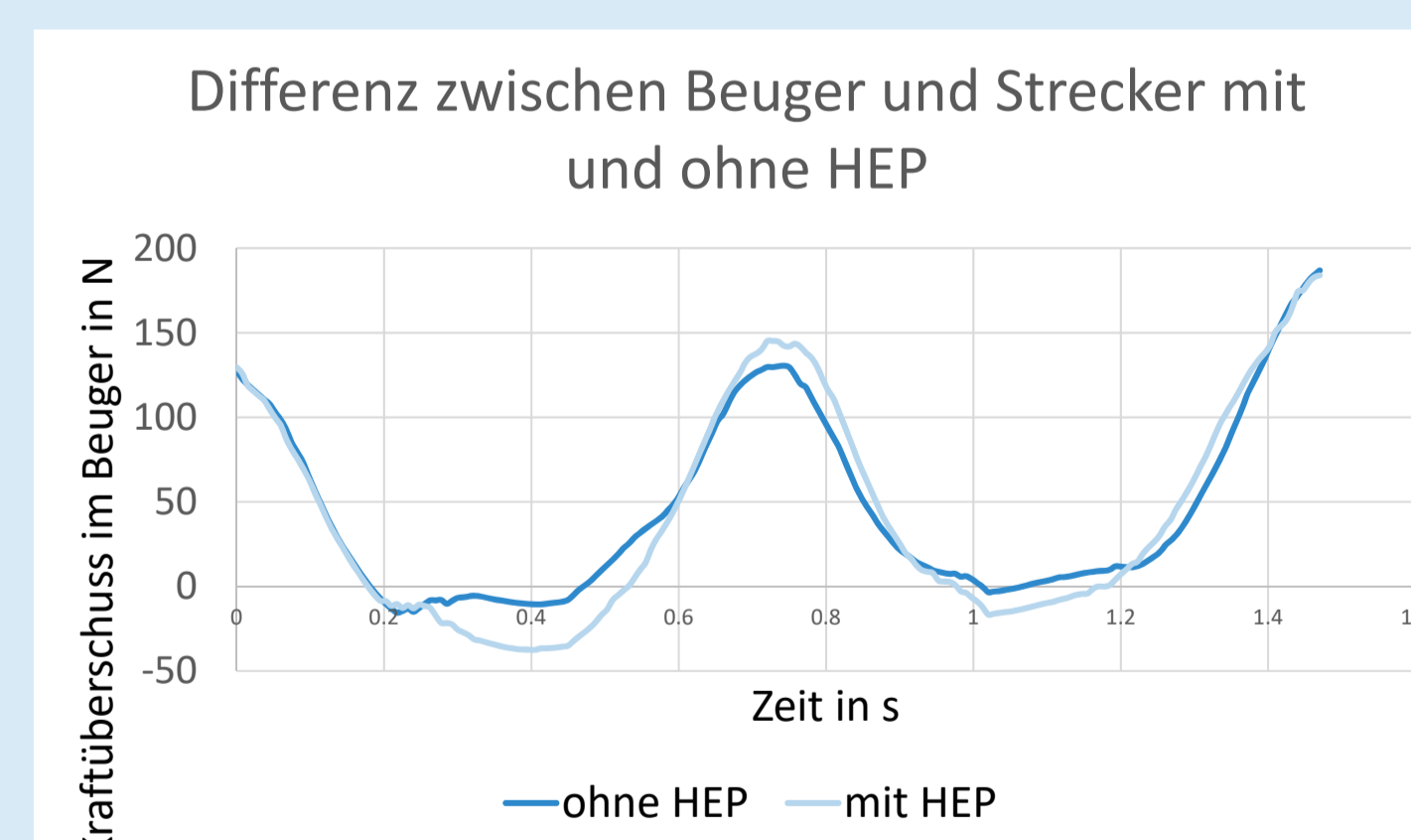
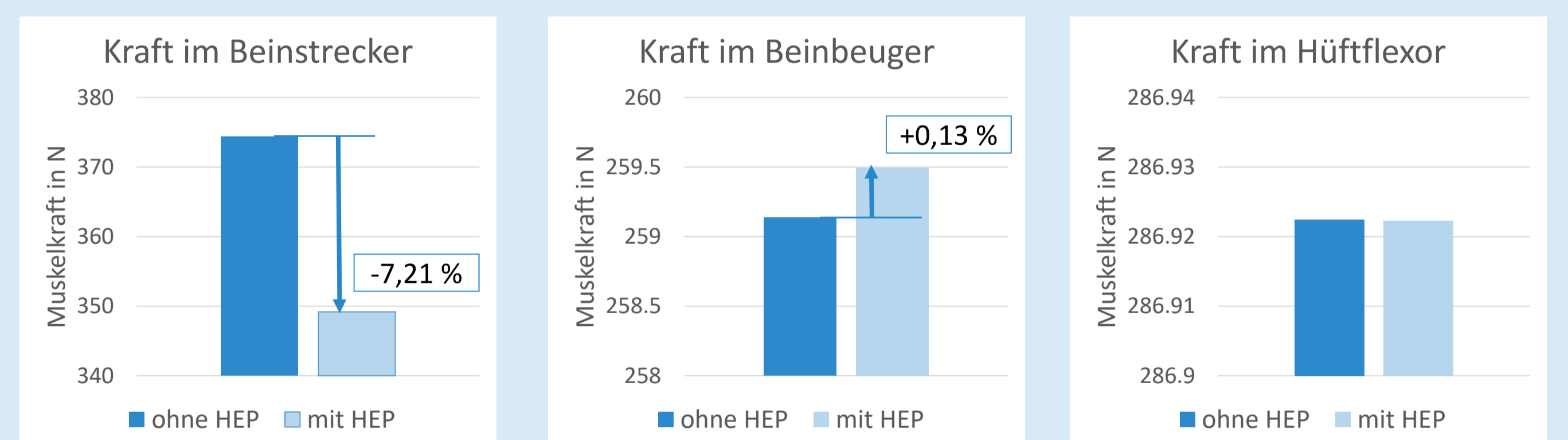
Einfluss der HEP auf Gelenkbelastung



Darstellungen zeigen die errechneten Maximalkräfte/-momente

Einfluss der HEP auf Muskelkräfte

Vergleich der maximal errechneten Muskelkräfte ohne/mit HEP:



- keine Veränderungen im Hüftbeuger (oben rechts)
- Ausgeprägtere Differenz zwischen Beuger und Strecker – vor allem beim Durchstrecken (negativer Bereich)

Fazit

→ HEP wirkt sich aufgrund der Änderungen im Oberschenkel auf Gelenkbelastung und Muskelkräfte aus

Danksagung

Dieses Projekt wurde im Rahmen des Programms Forschung für die Praxis durch das Land Hessen gefördert.