

## Projektbeschreibung Else Kröner Promotionskolleg Schritt 2026

### Muskuloskelettale Modellierung zur Analyse des aufrechten Gangs bei Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen

#### Einrichtung:

Orthopädische Klinik und Poliklinik, Forschungslabor für Biomechanik und Implantattechnologie  
Universitätsmedizin Rostock

#### Verantwortliche Wissenschaftler:

Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Rainer Bader  
Dr.-Ing. Märwan Kebbach  
Universitätsmedizin Rostock, Orthopädische Klinik und Poliklinik  
Doberaner Straße 142  
18057 Rostock  
Tel: +49 (0) 381 494 9379  
rainer.bader@med.uni-rostock.de

#### Rationale des Projektes:

Im Verlauf neurodegenerativer Erkrankungen wie der progressiven Multiplen Sklerose (MS) oder Morbus Parkinson treten häufig Gangstörungen auf und beeinträchtigen die Mobilität sowie die soziale Teilhabe der Patient:innen [1]. In diesem Zusammenhang untersuchten Forschungsgruppen bereits die Auswirkungen neurodegenerativer Erkrankungen auf verschiedene Gangparameter [1-5]. Patient:innen mit MS oder M. Parkinson zeigen meist einen langsameren Gang, eine kürzere Schrittlänge, eine längere Doppelstützphase sowie Störungen der Kraftproduktion und -übertragung beim aufrechten Gang [6,7]. Entsprechende Kompensationsstrategien und die damit verbundenen Belastungsverschiebungen innerhalb des menschlichen Körpers sind insbesondere auf muskulärer und gelenkmechanischer Ebene bislang nur unzureichend evaluiert [8]. Wechselwirkungen zwischen den kinematischen Größen und der Gelenkbelastung sowie den wirkenden Muskelkräften sind weitgehend unbekannt. Zum Beispiel ist bei MS und M. Parkinson bislang nicht hinreichend untersucht, inwieweit sich motorische Defizite beim Gehen auf die Gelenkbelastung und Muskelkräfte auswirken [1, 3].

Mithilfe der muskuloskelettalen Modellierung können nicht-invasiv Muskel- und Gelenkkräfte [9] sowie die Gelenkkinematik [10] während des Gangs analysiert werden. Ziel des Dissertationprojekts ist es daher, mittels muskuloskelettaler Modelle die Gelenkkinematik und -belastung der unteren Extremität zu untersuchen, um die Auswirkungen neurodegenerativ bedingter Bewegungsstörungen (bei MS und M. Parkinson) auf den aufrechten Gang zu charakterisieren. Hierfür sollen zunächst einer

instrumentierte Ganganalyse am Gait-Real-Time-Analysis-Interactive Lab (GRAIL, Motek Medical B.V., Amsterdam, Niederlande) an n = 15 Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen und n = 15 gesunden Proband:innen durchgeführt werden. Hierfür ist ein Messprotokoll zu entwickeln, auf welcher Basis die räumlich-zeitlichen Gangparameter (z.B. Schrittlänge oder Schrittbreite) ausgewertet werden können. Diese Daten werden anschließend genutzt, um ein muskuloskelettales Modell der unteren Extremität (AnyBody Technology, Aalborg, Dänemark) von den Patient:innen und gesunden Proband:innen aufzubauen und die jeweiligen Gelenkbelastungen und -bewegungen der unteren Extremität zu berechnen.

#### Arbeitshypothesen:

- Auf Basis von Bewegungsanalysedaten lassen sich aussagekräftige muskuloskeletale Modelle von Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen (Multiple Sklerose und Morbus Parkinson) ableiten.
- Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen den gesunden Proband:innen und den Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen (Multiple Sklerose und Morbus Parkinson) hinsichtlich ausgewählter Gangparameter und der Gelenkdynamik.
- Innerhalb der Gruppe der Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen zeigen sich ausgeprägte interindividuelle Unterschiede in Gangparametern und Gelenkdynamik.

#### Wichtigste Methoden zur Beantwortung der Hypothesen:

- Markerbasierte Bewegungsanalyse von gesunden Proband:innen sowie Patient:innen mit neurodegenerativen Erkrankungen (Multiple Sklerose und Morbus Parkinson)
- Erfassung und Aufbereitung der Bewegungsanalysedaten für die Mehrkörpersimulation (z.B. via MATLAB)
- Auswertung der räumlich-zeitlichen Gangparameter
- Implementierung der Bewegungsanalysedaten in die Mehrkörpersimulations-Software AnyBody
- Durchführung inversdynamischer Mehrkörpersimulation zur Berechnung der Gelenkbewegungen und -belastungen der unteren Extremität

#### Wichtigste eigene Veröffentlichungen im Zusammenhang mit dem Projekt:

1. Osterloh J, Knaack F, Blenke D, Behrens M, Keibach M, Soodmand I, Surmann H, Hentrey L, Bader R. The effect of different midsole materials in safety shoes on perceived comfort, muscle activities, and biomechanical parameters during walking – a musculoskeletal modelling approach. *Footwear Science*, 2025, p. 117-126.

2. Soodmand I, Herrmann S, Kleist E, Volpert A, Wackerle H, Augat P, Bader R, Woernle C, Keibach M. Multibody kinematics optimization for motion reconstruction of the human upper extremity using potential field method. *Sci Rep.* 2025 Mar 26;15(1):10411.

3. Ren R, Lutter C, Kebbach M, Bruhn S, Bader R, Tischer T. Lower extremity joint compensatory effects during the first recovery step following slipping and stumbling perturbations in young and older subjects. *BMC Geriatr.* 2022 Aug 10;22(1):656.

#### Literatur:

[1] Oh, J., M. Eltoukhy, C. Kuenze, M.S. Andersen, and J.F. Signorile, Comparison of predicted kinetic variables between Parkinson's disease patients and healthy age-matched control using a depth sensor- driven full-body musculoskeletal model. *Gait Posture*, 2020. 76: p. 151-156.

[2] Flachenecker, F., H. Gaßner, J. Hannik, D.H. Lee, P. Flachenecker, J. Winkler, B. Eskofier, R.A. Linker, and J. Klucken, Objective sensor-based gait measures reflect motor impairment in multiple sclerosis patients: Reliability and clinical validation of a wearable sensor device. *Mult Scler Relat Disord*, 2019. 39: p. 101903.

[3] Bortone, I., D. Buongiorno, G. Lelli, A. Di Candia, G.D. Cascarano, G.F. Trotta, P. Fiore, and V. Bevilacqua. *Gait Analysis and Parkinson's Disease: Recent Trends on Main Applications in Healthcare.* in *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation III*. 2019. Cham: Springer International Publishing.

[4] Jahn K, Heinze C, Selge C, Heßelbarth K, Schniepp. Gait disorders in geriatric patients. Classification and therapy. *Nervenarzt*. 2015 Apr;86(4):431-9.

[5] Coca-Tapia M, Cuesta-Gómez A , Molina-Rueda F, Carratalá-Tejada M. Gait Pattern in People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Mar 24;11(4):584.

[6] Zanardi APJ, Soares da Silva E Costa RR, Passos-Monteiro E, Dos Santos IO, Martins Kruel LF, Peyré- Tartaruga LA. Gait parameters of Parkinson's disease compared with healthy controls: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021 Jan 12;11(1):752.

[7] Davies BL, Hoffman RM, Healey K, Zabad R, Kurz MJ. Errors in the ankle plantarflexor force production are related to the gait deficits of individuals with multiple sclerosis. *Hum Mov Sci*. 2017 Jan;51:91-98.

[8] Bonacina D, Tosatto D, Ugolini A, Rossi F, Corno I, Pellicciari L, Perin C, Colón-Semenza C, Piscitelli D. Spatiotemporal, kinematic and kinetic gait characteristics in Parkinson's disease compared to healthy individuals: A systematic review with meta-analysis. *Clin Biomech (Bristol)*. 2024 Dec;120:106359.

[9] Kebbach M, Darowski M, Krueger S, Schilling C, Grupp TM, Bader R, Geier A. Musculoskeletal Multibody Simulation Analysis on the Impact of Patellar Component Design and Positioning on Joint Dynamics after Unconstrained Total Knee Arthroplasty. *Materials (Basel)*. 2020 May 21;13(10):2365.

[10] Eltoukhy, M., C. Kuenze, M.S. Andersen, J. Oh, and J. Signorile, Prediction of ground reaction forces for Parkinson's disease patients using a kinect-driven musculoskeletal gait analysis model. *Medical Engineering & Physics*, 2017. 50: p. 75-82.