

**Einflüsse
individueller Muskelkräfte
auf dehnungsinduzierten
femorale Knochenumbau**

Frederick Gordon Lutz



Universitätsverlag Ilmenau

2016

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen.

Tag der Einreichung: 23. Juni 2015

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte
(Technische Universität Ilmenau)

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Zimmermann
(Technische Universität Ilmenau)

3. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Roland Mastel
(Hochschule Esslingen)

Tag der Verteidigung: 29. April 2016

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag

Herstellung und Auslieferung

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

www.mv-verlag.de

ISSN 1865-9136 (Druckausgabe)

ISBN 978-3-86360-138-6 (Druckausgabe)

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2016000262

Titelfoto: Dipl.-Biol. Helga Schulze | Bochum

Inhaltsverzeichnis

1 Einflussgrößen in der Simulation von Knochenumbau.....	1
1.1 Vorteile und Nutzen kontinuumsmechanischer Simulationen von kraftinduzierten Knochenumbauvorgängen	1
1.2 Biomechanische Berechnungsmodelle der <i>Femora</i>	2
1.3 „Die Einheit“ von Knochen und Muskel.....	10
1.4 Modellbildung zur Berechnung individueller Muskelkräfte und der daraus resultierenden femoralen Beanspruchungen.....	13
2 Erstellung von individuellen Simulationsmodellen.....	17
2.1 Geometrische Rekonstruktion mittels radiologischer Aufnahmen.....	17
2.2 Anforderungen an die Materialparameterzuweisung	20
2.3 Entwicklung eines auf CAD-Daten basierenden Körpermodells	29
2.4 Implementierung von Positions- und Kraftmessdaten aus dem Ganglabor in das Mensch-Modell	31
3 Das biegemomentreduzierte Muskelmodell	35
3.1 Berücksichtigte Wirkmechanismen der Muskelkräfte	35
3.2 Erweiterung eines lineareren Optimierungsalgorithmus zur Berechnung von Muskelkräften	43
3.3 Berechnung von Muskelkräften und femoralen Beanspruchungen im Einbeinstand	50
3.4 Muskelkräfte und femorale Beanspruchungen im Gangzyklus	61
3.5 Bewertung von Muskel- und Gelenkkräfte mittels sEMG-Signalen und <i>In vivo</i> -Messungen.....	72
4 Einfluss individuell berechneter Muskelkräfte aus dem Gangzyklus auf mögliche Knochenumbauprozesse	79
4.1 Mechano-biologische Regulation von Knochenumbau	79
4.2 Dehnungsinduzierter Knochenumbau am gesunden <i>Femur</i>	87
4.3 Dehnungsinduzierter Knochenumbau am <i>Femur</i> mit Implantat.....	92
5 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick	95
6 Literaturverzeichnis.....	103
Anhang.....	115
A Korrektur der Schwerpunktberechnung S_5	115
B Generierung von Segment-Koordinatensystemen	116