

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bedeutung der Finite-Elemente-Methode für kinematische und kinetische Simulationen des menschlichen Bewegungsapparates</b> .....	<b>4</b>
2.1	Grundlagen der Finite-Elemente-Methode .....	4
2.1.1	Netzherstellung .....	5
2.1.2	Auswahl der Elementtypen und Elementeigenschaften .....	7
2.1.3	Festlegung der Randbedingungen .....	9
<b>3</b>	<b>Erarbeitung eines Konzeptes zur Abbildung von individuellen Geometrien des menschlichen Bewegungsapparates als Computermodell</b> .....	<b>10</b>
3.1	Konzept zur geometrischen Abbildung zweidimensionaler Modelle .....	10
3.2	Konzept zur geometrischen Abbildung dreidimensionaler Modelle .....	11
3.2.1	Aufbau und Struktur dreidimensionaler radiologischer Daten .....	12
3.2.2	Grundlagen der Computertomographie .....	14
3.2.3	Grundlagen der Magnetresonanztomographie .....	17
3.2.4	Entwicklung von Verfahren zur Aufbereitung der radiologischen Bilddaten .....	19
3.2.5	Das Programm FAM-FiltRad .....	24
3.2.6	Repräsentation der Daten zur rechnerinternen Verarbeitung .....	24
3.2.7	Genauigkeit und Möglichkeiten der Geometrieabbildung .....	26
<b>4</b>	<b>Automatisierte geometrieorientierte Finite-Elemente-Netzgenerierung</b> .....	<b>28</b>
4.1	Ziele und Verfahren der Flächenrückführung .....	28
4.1.1	Manuelle Flächenrückführung .....	29
4.1.2	Automatische Flächenrückführung .....	33
4.2	Automatische CAD-Modellgenerierung auf der Basis von Voxeldaten .....	38
4.2.1	Aufbau der linearen Geometrieoberfläche .....	38
4.2.2	Einteilung der Oberfläche in Polygonflächen .....	39
4.2.3	Aufbau der CAD-Flächen .....	45
4.2.4	Möglichkeiten und Genauigkeit der CAD-Modellgenerierung .....	49
4.3	Das Programm FAM-BoneCAD .....	49
4.3.1	Programmbedienung .....	49
4.4	Import der CAD-Modelle in das Programmsystem I-DEAS .....	50
4.5	Definition und Generierung von FE-Netzen .....	51

4.6 Resümee .....	52
<b>5 Automatisierte voxelorientierte Finite-Elemente-Netzgenerierung.....</b>	<b>54</b>
5.1 Ziele und Verfahren der automatischen FE-Netzgenerierung.....	54
5.1.1 Dreiecks- und Tetraedervernetzung .....	55
5.1.2 Vierecks- und Hexadervernetzung .....	58
5.1.3 Kombinierte Netze .....	65
5.1.4 Mesh Post-Processing .....	66
5.2 Oberflächennetzgenerierung auf der Basis von Voxeldaten .....	68
5.2.1 Datenreduktion und Aufbau des Grundgitters .....	69
5.2.2 Aufbau der Übergangselemente .....	71
5.2.3 Generierung des Oberflächennetzes .....	73
5.2.4 Anpassung des Oberflächennetzes an die Voxelgeometrie.....	74
5.3 Volumennetzgenerierung auf der Basis von Voxeldaten .....	78
5.3.1 Datenreduktion und Aufbau des Grundgitters .....	78
5.3.2 Aufbau der Übergangselemente .....	83
5.3.3 Elementprojektion und Anpassung des Netzes an die Voxelgeometrie.....	88
5.4 Möglichkeiten und Genauigkeit der Netzgenerierung .....	90
5.5 Das Programm FAM-BoneFEM .....	91
5.5.1 Die Programmoption „Offset-Oberflächen“ .....	92
5.5.2 Programmbedienung des Programms FAM-BoneFEM .....	94
5.6 Resümee .....	95
<b>6 Ausgewählte biomechanische Studien des menschlichen Bewegungsapparates .....</b>	<b>96</b>
6.1 Ermittlung der Schnittgrößen in einem Implantat zur Fixation einer Sprunggelenksfraktur .....	96
6.1.1 Anatomische und medizintechnische Grundlagen .....	97
6.1.2 Modellerstellung.....	99
6.1.3 Durchführung und Auswertung der Simulation .....	100
6.1.4 Alternative Modellerstellung.....	103
6.2 Belastungs- und Beanspruchungsvariationen am Hüftgelenk .....	104
6.2.1 Anatomische Grundlagen des Hüftgelenks .....	104
6.2.2 Modellerstellung und Definition der Randbedingungen .....	106
6.2.3 Durchführung und Auswertung der Simulation .....	108
6.2.4 Alternative Modellerstellung.....	110

<b>7 Resümee und Ausblick .....</b>	<b>111</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>113</b>
A1 Programmablaufplan zum Programm FAM-BoneCAD.....	114
A2 Programmablaufpläne zum Programm FAM-BonFEM.....	115
<b>Literatur .....</b>	<b>118</b>