

INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen.....	XII
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Biomechanische Grundlagen	3
2.1 Der menschliche Bewegungsapparat	3
2.2 Aufbau des passiven Bewegungsapparates des Menschen und dessen Heilungsverhalten 4	
2.3 Gelenkanatomie sowie deren Funktionsweise	7
3 Potentiale und Restriktionen bei der Entwicklung individueller, medizinischer Hilfsmittel.....	10
3.1 Definition und Einteilung von Medizinprodukten.....	10
3.2 Beeinflussung des Heilungsverlaufs durch eine patientenspezifische Gestaltung	11
3.3 Vorgehen, Normen und Richtlinien bei der Entwicklung von Medizinprodukten.....	12
3.4 Gestaltung von individuellen Hilfsmitteln durch Ausnutzung der Potentiale additiver Fertigungsverfahren	16
3.4.1 Additive Fertigungsverfahren.....	16
3.4.2 Potentiale additiver Fertigungsverfahren	19
3.5 Auswahl geeigneter Werkstoffe für medizintechnische Anwendungen.....	20
3.5.1 Materialanforderungen für den Einsatz in der Medizintechnik.....	20
3.5.2 Titanaluminiumlegierung TiAl6V4 als Werkstoff für Implantate.....	22
3.5.3 PA 2200 (Polyamid 12) – Werkstoff für Modelle und Schablonen	23
3.6 Konzepte zur einsatzsicheren Auslegung von medizinischen Hilfsmitteln.....	24
3.6.1 Statischer Festigkeitsnachweis	25
3.6.2 Materialermüdung bei zyklischer Belastung	27
3.6.3 Konzepte zur bruchmechanischen Bewertung von Strukturen.....	29
4 Entwicklung einer Methodik zum Einsatz von CAE-Methoden für medizinische Herausforderungen	32
4.1 CAE-Methoden in der Biomechanik.....	32
4.2 Systematische Integration von CAE-Methoden in den chirurgischen und orthopädischen Arbeitsablauf.....	34
4.3 Grundvoraussetzungen für einen interdisziplinären Arbeitsablauf	37

5	Einsatz ingenieurmäßiger Methoden im Planungsprozess chirurgischer Eingriffe	41
5.1	Möglichkeiten und Grenzen konventioneller, präoperativer Planung	41
5.2	Potentiale von CAE-Methoden in der Operationsplanung	43
5.3	Vorgehen beim CAE-unterstützten präoperativen Planungsprozess	44
5.4	Optimierung des Rehabilitationsgrades	47
5.4.1	Problematik und Lösungsansatz	47
5.4.2	Versorgung einer Verletzung des Fingermittelgelenks	47
5.4.3	Potential von CAD und additiver Fertigung bei Rehabilitationsmaßnahmen	53
5.5	Virtuelle Analyse der Auswirkungen von Verletzungen auf die Biomechanik	53
5.5.1	Problematik und Lösungsansatz	53
5.5.2	Analyse einer Lendenwirbelverletzung	54
5.5.3	Potential von CAD und FEM zur Analyse von biomechanischen Fragestellungen	61
5.6	Analyse der Entstehungsmechanismen von Verletzungen	61
5.6.1	Problematik und Lösungsansatz	62
5.6.2	Wiederherstellung einer gesunden Unterarmkinematik	62
5.6.3	Potential von CAD und FEM zur Detektion von Verletzungsursachen	70
6	Optimierung von medizinischen Hilfsmitteln und Operationshilfen	71
6.1	Notwendigkeit, Arten und Möglichkeiten medizinischer Hilfsmittel, Operationshilfen und Implantate	71
6.2	Restriktionen und Optimierungspotentiale bestehender Hilfsmittel	72
6.3	Entwicklung optimierter medizinischer Hilfsmittel	74
6.4	Optimierung von Standardimplantaten unter dem Gesichtspunkt einer verlängerten Einsatzdauer	75
6.4.1	Problematik	76
6.4.2	Lösungsansatz	76
6.4.3	Strukturoptimierung einer Kurzschaft-Hüftendoprothese	78
6.5	Entwicklung individualisierbarer Hilfsmittel	84
6.5.1	Problematik	84
6.5.2	Lösungsansatz	84
6.5.3	Entwicklung eines individualisierbaren Fixateurs externe	85
6.6	Gestaltung individueller Produkte	93
6.6.1	Notwendigkeit des Einsatzes individueller Produkte	93
6.6.2	Entwicklung eines Unterkieferrekonstruktionsimplantats	94
6.6.3	Operationsschablonen zur Unterstützung einer Korrekturosteotomie	100
7	Lösung medizinischer Herausforderungen durch den Einsatz ingenieurmäßiger Methoden	103

8 Zusammenfassung und Ausblick	106
Literaturverzeichnis	109