

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung, Stand der Technik, Zielsetzung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Stand der Technik	3
1.2.1 Dreidimensionale Rekonstruktion	3
1.2.2 Einsatz rekonstruierter Modelle für Planung und Implantat- fertigung	7
1.2.3 Eingriffsunterstützung durch Maschineneinsatz	9
1.3 Ziel der Arbeit	10
2. Ansatz einer rechnerunterstützten Operationstechnik	12
2.1 Operationsproblem, Analyse der Aufgabenstellung	12
2.2 Konzept des Systems	18
2.3 Das Verfahren der Röntgen-Computertomographie	21
3. Verarbeitung von Grauwertbildern zu Konturlinien	24
3.1 Anforderungen und Vorgehen	24
3.2 Bildverbesserung	24
3.3 Verstärkung der Kanten	27
3.4 Konturextraktion	31
4. Dreidimensionale Rekonstruktion durch Triangulation	35
4.1 Anforderungen, Probleme der Triangulation	35

4.2 Struktur des Rekonstruktionssystems	36
4.3 Ansätze zur Lösung von Teilproblemen	36
4.4 Automatische Trennung von Innen- und Außenkonturen	44
4.5 Verarbeitung von Strukturverzweigungen und Zuordnung der Konturen	48
4.5.1 Vorgehensweise	48
4.5.2 Erzeugung von Gebietsmasken	49
4.5.3 Auftrennung der Konturen	50
4.5.4 Zuordnung der Konturen und Überprüfung der Plausibilität	52
4.6 Polygonapproximierung	52
4.7 Triangulation	55
4.8 Abschluß von Objekten	58
5. Computergestützte Planung einer Osteotomie durch Simulation	60
5.1 Anforderungen	60
5.2 Begriffserklärungen	61
5.3 Einbindung der Planung in ein bestehendes Simulationssystem	63
5.4 Funktionen zur Veränderung von Objekten	64
5.4.1 Trennen eines Objekts durch ebenen Schnitt	64
5.4.2 Gestaltveränderung durch Verschneidung von Objekten	65
5.4.3 Verbindung von getrennten Objekten	66
5.4.4 Meßfunktionen	67
5.5 Ablauf einer beispielhaften Planung	68

5.6 Simulation des Werkzeugeinsatzes, Auswahl von Osteosynthesematerial	70
6. Operationsunterstützende Maschine	73
6.1 Anforderungen	73
6.2 Mechanik	74
6.3 Hygiene	75
6.4 Sicherheit	76
6.5 Programmgenerierung	77
6.6 Sensorik, Bestimmung der Lage des Operationsobjekts	79
6.6.1 Allgemeines	79
6.6.2 Verfahren zur Lagebestimmung	80
6.6.2.1 Ausgeführte Verfahren bei Maschineneinsatz in der Medizin	80
6.6.2.2 Angewandte Verfahren der Lagefixierung in der Medizin	82
6.6.2.3 Folgerungen und Anforderungen an ein Sensorsystem	83
6.7 Layoutgestaltung	84
7. Entwurf eines Sensorsystems zur Lagebestimmung des Operationsziels	88
7.1 Grundkonzeption des Sensorsystems	88
7.1.1 Sensorprinzip, Definition der Objektmerkmale	88
7.1.2 Konzeption des Sensorsystems	88

7.1.3 Röntgenbildverstärker	91
7.2 Modellbildung, Koordinatensysteme, Methoden	91
7.2.1 Modellbildung zur Systementwicklung	91
7.2.2 Definition verwendeter Koordinatensysteme	92
7.2.3 Methoden der Konturbeschreibung, Ansätze zur 3D-Lagebestimmung	93
7.3 Bestimmung der Orientierung	99
7.3.1 Konzeptionelle Struktur des Moduls	99
7.3.2 Versuchsaufbau und Rechnerkonfiguration	100
7.3.3 Konturerzeugung	101
7.3.3.1 Konturdetektion in der Kameraaufnahme	101
7.3.3.2 Konturerzeugung vom CAD-Modell	102
7.3.4 Beschreibungsformen für Konturen	105
7.3.4.1 Anforderungen	105
7.3.4.2 Konturfunktion	106
7.3.4.3 Konturmerkmale	109
7.3.5 Optimierung der Projektionsebene	112
7.3.5.1 Analyse des Optimierungsproblems	112
7.3.5.2 Optimierungsverfahren	117
7.3.5.3 Struktur der Optimierung	122
7.3.6 Bestimmung der Drehung in der Bildebene	123
7.3.7 Abschätzung der Genauigkeit	125

7.3.8	Einflüsse der Zentralprojektion	126
7.4	Bestimmung der Position	129
7.4.1	Lösungsansätze	129
7.4.2	Definition der Paßpunkte	131
7.4.3	Anordnung der Abbildungssysteme	132
7.4.3.1	Parallele Anordnung der optischen Achsen	132
7.4.3.2	Winkelanordnung der optischen Achsen	134
7.4.4	Eichung des Sensorsystems	135
7.4.4.1	Einführung	135
7.4.4.2	Skalierungsfaktor, Hauptpunkt	136
7.4.4.3	Betrachtung der idealen Abbildung, erster Schritt der Eichung	138
7.4.4.4	Linsenverzerrungen, zweiter Schritt der Eichung	140
7.4.5	Genauigkeitsabschätzung	141
7.5	Ausblick auf Möglichkeiten der Systemanpassung	144
7.5.1	Verbesserte Abstandserfassung	144
7.5.2	Reduzierung des Berechnungsaufwands	146
7.6	Referierung des Sensorsystems	147
8.	Zusammenfassung und Ausblick	150
9.	Literaturverzeichnis	152