

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1.	Motivation der Arbeit	12
1.2.	Zielsetzung der Arbeit	12
1.3.	Allgemeine Systematisierung von Teilsystemen komplexer, optischer Messsysteme	14
1.3.1.	Systematisierung auf Grundlage der Messobjekt spezifischen Sichtweise	14
1.3.2.	Systematisierung auf Grundlage der prozessspezifischen Sichtweise	16
1.3.3.	Systematisierung auf Grundlage der messtechnischen Sichtweise	17
1.4.	Darstellung der Vorgehensweise	17
2	Optische 3-D-Messtechnik	19
2.1.	Triangulation	20
2.1.1.	Punktförmig messende Triangulation	21
2.1.2.	Linienförmig messende Triangulation	23
2.2.	Strukturierte Beleuchtung	25
2.2.1.	Musterprojektoren	25
2.2.2.	Grundlegende Verfahrensprinzipien	28
2.3.	Stereo-Technik	37
2.4.	Photogrammetrie	39
2.4.1.	Mathematisches Abbildungsmodell	41
2.4.2.	Aufnahmekonfigurationen und Koordinatenberechnung	44
2.5.	Annahme, Überwachung und Kalibrierung sowie Einmessung optischer 3-D-Messsysteme	51
2.5.1.	Begriffsdefinition von Annahme, Überwachung und Kalibrierung	51
2.5.2.	Einmessen der aktiven Komponenten eines optischen Messsystems	52
2.5.3.	Prinzip der Annahme und Überwachung optischer Messsysteme	60
2.6.	Systematisierung von optischen Triangulationssensoren	62
3	Elektromechanische Bewegungssysteme	65
3.1.	Anordnungen der Bewegungssysteme	65
3.2.	Kenngößen der Bewegungssysteme	67
3.3.	Bewegungsunsicherheiten	68
3.4.	Koordinatensysteme und Koordinatentransformationen	68
3.4.1.	Koordinatensysteme nach der Denavit-Hartenberg-Konvention	69
3.4.2.	Denavit-Hartenberg-Parameter	70
3.5.	Systematisierung der Antriebssysteme und -struktur mechanischer Bewegungssysteme	71
4	Prüfkörper zum Einmessen, Kalibrieren und Überwachen optischer 3-D-Messsysteme	72

4.1.	Anforderungen an die Prüfkörper	72
4.1.1.	Prüfkörper zum Einmessen und Kalibrieren	73
4.1.2.	Prüfkörper zum Überwachen optischer Messsysteme	76
4.2.	Beispiel zur Entwicklung eines Prüfkörpers	80
5	Datenanalyse	82
5.1.	Eingangsinformation	83
5.2.	Ausrichtung (Registrierung)	83
5.2.1.	Punkt zu Punkt Ausrichtung	84
5.2.2.	Best fit Ausrichtung	86
5.2.3.	Ausrichtung nach dem RPS	87
5.3.	Filterung	90
5.3.1.	Motivation	90
5.3.2.	Methoden	90
5.4.	Segmentierung	95
5.4.1.	Kantenorientierte Segmentierung	96
5.4.2.	Flächen- (Regionen-) orientierte Segmentierung	97
5.5.	Merkmalsextraktion	98
5.5.1.	Eindimensionale Merkmale	99
5.5.2.	Zweidimensionale Merkmale	99
5.5.3.	Dreidimensionale Merkmale	100
5.6.	Berechnung von Abweichungen	101
5.7.	Ergebnisvisualisierung	101
5.7.1.	Numerische Ergebnisvisualisierung	102
5.7.2.	Graphische Ergebnisvisualisierung	102
5.7.3.	Numerisch und graphisch kombinierte Ergebnisvisualisierung	104
6	Entwurf	106
6.1.	Motivation und Zielsetzung	106
6.1.1.	Motivation	106
6.1.2.	Zielsetzung	106
6.2.	Prinzipielle Vorgehensweise	107
6.2.1.	Parametrisierung und funktionelle Simulation von Einzelkomponenten	107
6.2.2.	Konfiguration und Simulation des Messsystems	108
6.3.	Entwicklungsumgebungen für den Entwurf optischer 3-D-Messsysteme	109
6.3.1.	Konzeptentwurf in einer 3-D-CAD-Entwicklungsumgebung	109
6.3.2.	Simulation des Sensorverhaltens in einem Sensorspezifischen Werkzeug	112
6.4.	Zusammenfassung	117
7	Praktische Anwendungen	118
7.1.	Vermessung von Aluminium-Rädern	120

7.1.1. Ausgangssituation und Aufgabenstellung	120
7.1.2. Lösungskonzept	122
7.1.3. Realisierung	126
7.1.4. Ergebnisse	139
8 Resümé und Ausblick	141