

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	VIII
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	5
2.1 3D-Messtechnik	5
2.2 Objektvermessung mittels Triangulation	7
2.2.1 Grundlagen der triangulierenden Messung	7
2.2.2 Passive Triangulation	9
2.2.3 Aktive Triangulation	9
2.3 Aktive Triangulationsverfahren	11
2.3.1 Lichtschnittverfahren	11
2.3.2 Verfahren mit stationären Mustern	11
2.3.3 Moiré-Verfahren	12
2.3.4 Zeitlich kodierte Verfahren	13
2.3.5 Phasenschiebeverfahren	14
2.3.6 Farbkodierungsverfahren	14
2.3.7 Zeilenkameranchnitt	15
2.4 Messsysteme in der Forschung	16
2.4.1 Kompakte 3D-Kamera	17
2.4.2 SFB 362-Messsystem mit Zeilenkameranchnitt	18
2.5 Industrielle Messsysteme	21
2.5.1 ATOS III - Sensor von GOM	21
2.5.2 Comet 5 und ABIS II der Steinbichler Optotechnik GmbH	22
2.5.3 BULGE 3D der Firma OSIF GmbH	23
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	24
4 Anforderungen an das Messsystem	26
4.1 Anforderungen aus Sicht eines Anwenders	26
4.1.1 Eigenschaften des Messobjektes	27
4.1.2 Abweichungen von der Sollgeometrie	28
4.1.3 Umgebungsparameter	30
4.1.4 Anwenderfreundlichkeit	31
4.2 Bewertung der bekannten Messsysteme	33

5	Entwicklung und Aufbau	36
5.1	Simulation des Messsystems	38
5.1.1	Simulation der Strahlausbreitung	39
5.1.2	Grafische Transformationen	42
5.1.3	Strahlsimulation und grafische Transformationen	43
5.1.4	Auswirkungen der Frequenzverschiebung	46
5.2	Signalbetrachtung und Auswertemethoden	49
5.2.1	Auswertung mittels Fourierprofilometrie	51
5.2.2	Behandlung der Frequenzverschiebung	54
5.2.3	Signalinterpretation und Auswertestrategien	56
5.3	Aufbau des Messsystems	60
5.3.1	Übersicht auf das Messsystem	60
5.3.2	Entwicklung der Messbalken	61
5.3.3	Zeilenkameras und Framegrabber	63
5.3.4	Entwicklung von Streifenprojektoren	65
5.3.5	Gestell	70
5.4	Kalibrierung	73
5.5	Softwaremethoden und Algorithmen	78
5.5.1	Kalibrierung des Messsystems	79
5.5.2	Auswertung der Kamerasignale	81
5.5.3	Verarbeitung der Höhenprofile mit TFB-BildPro	87
5.6	Fazit	92
6	Messergebnisse	94
6.1	Messungen von Höhenprofilen	94
6.2	Netzwerkbetrachtungen	98
6.3	Messungen von Oberflächen	99
6.4	Messung eines Sollpickels	103
6.5	Fazit	105
7	Folgerung für die Praxis	106
7.1	Praxiseinsatz beim Industriepartner	106
8	Zusammenfassung und Ausblick	109
A	Anhang	112
A.1	Grafische Transformationen	112
A.2	Signalverzerrung infolge projektiver Abbildung	114
A.2.1	Randbedingungen	114
A.2.2	Transformationsgleichung 1D	114
A.2.3	Musterprojektion 1D	115
A.3	Frequenzmodulation	116
	Literatur	121