

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Abkürzungen, Symbole und Formelzeichen	XV
I Abkürzungsverzeichnis	XV
II Symbolverzeichnis	XVI
III Formelzeichen (lateinisch)	XVI
IV Formelzeichen (griechisch)	XVIII
1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Zielsetzung	4
2 Stand der Technik	5
2.1 Messtechnische Beschränkungen	5
2.2 Streulichtmesstechnik	7
2.2.1 Modellansätze zur Beschreibung von Wechselwirkungen . . .	8
2.2.2 Mathematische Modelle von rauen Oberflächen	10
2.2.3 BECKMANN-SPIZZICHINO-Modell	12
2.2.4 TORRANCE-SPARROW-Modell	15
2.2.5 Mathematische Beschreibung von Streulichtverteilungen . . .	18
2.2.6 FOURIER-Optik	21
2.2.7 Verfahren der Streulichtmesstechnik	26
2.2.8 Anwendungsbeispiele	44
2.3 Fotosensitive Sensoren	44
2.3.1 Physikalische Grundlagen fotosensitiver Elemente	45
2.3.2 PDA-Architektur	48
2.3.3 CCD-Architektur	49
2.3.4 MOS-Architektur	52
2.3.5 Binning von fotosensitiven Elementen	55
2.4 Umkehrprismen	55
3 Theoretische Überlegungen	59
3.1 Auswahl eines Modells zur Beschreibung der Oberflächen-Mikro- geometrie	59
3.2 Übertragungsfunktion einer ARS-Messeinrichtung für beliebig gerich- tete Strukturen	60

3.3	Untersuchung und Bewertung von lichtsensitiven Sensoren zur flächigen Erfassung der Streulichtverteilung	62
3.3.1	Einfluss des Füllfaktors bei der Formmessung	63
3.3.2	Einfluss von Pixelrauschen auf Form- und Rauheitsmessungen	67
3.3.3	Bewertung der PDA-Technologie	69
3.3.4	Bewertung der CCD-Technologie	70
3.3.5	Bewertung der MOS-Technologie	71
3.3.6	Abschließende Bewertung der Architekturen	73
4	Qualifizierung der 2D-Streulicht-Messeinrichtung	75
4.1	Versuchsaufbau	75
4.1.1	KÖHLER-Beleuchtung	75
4.1.2	Intensitätsmessung	76
4.1.3	Gesamtaufbau	78
4.2	Homogenität und Linearität des PDA	78
4.2.1	Voruntersuchungen	78
4.2.2	Versuchsdurchführung und Messplan	81
4.2.3	Auswertung der Linearität	82
4.2.4	Auswertung der Homogenität	84
4.2.5	Weitergehende Analysen zur Homogenität	86
5	3D-Streulichterfassung mit einem rotierenden Prisma	91
5.1	Aufbau der Rotationseinheit	91
5.2	Datenerfassung und -verarbeitung	93
5.2.1	Signallaufplan und Ereignistriggerung	94
5.3	Erste experimentelle Ergebnisse	96
5.3.1	Bewertung der Ergebnisse und Korrekturmethode bei der Rauheitsmessung	98
5.3.2	Bewertung der Ergebnisse und Korrekturmethode bei der Formmessung	102
5.4	Optimierungsmöglichkeiten des Rotationsprismas	104
6	Eignungstest eines flächigen Sensors zur Streulichterfassung	107
6.1	Voruntersuchungen	107
6.2	Vergleich mit aktuellem Sensoraufbau	108
6.3	Abschließende Bewertung	111
7	Zusammenfassung und Ausblick	115

A Grundlagen der Oberflächen-Messtechnik	117
A.1 Charakterisierung von Oberflächen	117
A.2 Profilschnitte	119
A.3 Flächenhafte Topografien	122
A.4 Flächenintegrierende Messmethoden	124
B Grundlagen der Optik	125
B.1 Wellenoptik	125
B.1.1 MAXWELL-Gleichungen	126
B.1.2 Wellengleichung	127
B.1.3 HELMHOLTZ-Gleichung	129
B.1.4 FRESNEL- und FRAUNHOFER-Beugung	129
B.2 Geometrische Optik	131
B.3 Eigenschaften metallischer Oberflächen	132
B.4 Optische Elemente	134
B.4.1 Lichtquellen	134
B.4.2 Elemente zur Abbildung und Beeinflussung des Strahlengangs	137
B.4.3 Aberrationen	138
C Grundlagen der Statistik	141
C.1 Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen und Erwartungswert	141
C.2 Varianz und statistische Momente höherer Ordnung	142
C.3 Mehrdimensionale Zufallszahlen	143
D Marktverfügbare fotosensitive Sensoren	145
D.1 Photo Diode Arrays	145
D.2 Charge-Coupled Devices	146
D.3 Metal-Oxide Semiconductors	148
E Systemtheoretischer Ansatz zur Berechnung der Streulichtverteilung	151
F Messungen zur Sensorqualifizierung	153
F.1 Ergänzungen zu Abschnitt 4	153
F.2 Kontrollmessung zur Homogenität	156
Literaturverzeichnis	159
Abbildungsverzeichnis	172
Tabellenverzeichnis	174

Lebenslauf	175
Veröffentlichungen	176
Betreute studentische Arbeiten	177