

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Abkürzungen, Symbole und Formelzeichen</b>	<b>XV</b>
I Abkürzungsverzeichnis . . . . .	XV
II Symbolverzeichnis . . . . .	XVI
III Formelzeichen (lateinisch) . . . . .	XVI
IV Formelzeichen (griechisch) . . . . .	XVIII
<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	4
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>5</b>
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
<b>3 Theoretische Überlegungen</b>	<b>59</b>
3.1 Auswahl eines Modells zur Beschreibung der Oberflächen-Mikrogeometrie . . . . .	59
3.2 Übertragungsfunktion einer ARS-Messeinrichtung für beliebig gerichtete Strukturen . . . . .	60

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

<b>A Grundlagen der Oberflächen-Messtechnik</b>	117
A.1 Charakterisierung von Oberflächen . . . . .	117
A.2 Profilschnitte . . . . .	119
A.3 Flächenhafte Topografien . . . . .	122
A.4 Flächenintegrierende Messmethoden . . . . .	124
<b>B Grundlagen der Optik</b>	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
<b>C Grundlagen der Statistik</b>	141
C.1 Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen und Erwartungswert . . . . .	141
C.2 Varianz und statistische Momente höherer Ordnung . . . . .	142
C.3 Mehrdimensionale Zufallszahlen . . . . .	143
<b>D Marktverfügbare fotosensitive Sensoren</b>	145
D.1 Photo Diode Arrays . . . . .	145
D.2 Charge-Coupled Devices . . . . .	146
D.3 Metal-Oxide Semiconductors . . . . .	148
<b>E Systemtheoretischer Ansatz zur Berechnung der Streulichtverteilung</b>	151
<b>F Messungen zur Sensorqualifizierung</b>	153
F.1 Ergänzungen zu Abschnitt 4 . . . . .	153
F.2 Kontrollmessung zur Homogenität . . . . .	156
<b>Literaturverzeichnis</b>	159
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	172
<b>Tabellenverzeichnis</b>	174

---

<b>Lebenslauf</b>	175
<b>Veröffentlichungen</b>	176
<b>Betreute studentische Arbeiten</b>	177