
Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Optische Grundlagen	5
2.1 Abbildung durch eine Linse	5
2.1.1 Abbildung durch eine dünne Linse	6
2.1.2 Telezentrische Abbildung	8
Objektseitig telezentrische Abbildung	8
Bildseitig telezentrische Abbildung	9
Beidseitig telezentrische Abbildung	9
2.1.3 Abbildungsfehler	11
Sphärische Aberration	12
Koma	12
Astigmatismus	13
Bildfeldwölbung	13
Chromatische Aberration	13
Verzeichnung	14
2.2 Anordnung nach Scheimpflug	15
2.3 Optische Kooperativität und Streuung	16
2.3.1 Transparente Objekte	17
2.3.2 Volumenstreuende Objekte	18

2.3.3	Lichtundurchlässige Objekte	18
	Spekulare Reflexion	18
	Diffuse Reflexion	19
	Gemischte Reflexion	20
3	Optische Längenmessung nach dem Triangulationsprinzip	23
3.1	1D-Lasertriangulationsverfahren	25
3.1.1	Aufbau	26
3.1.2	Funktionsweise	28
3.1.3	Spezifikationen	29
3.2	Laserlichtschnittverfahren	30
3.2.1	Aufbau	30
3.2.2	Funktionsweise	31
3.2.3	Spezifikationen	32
4	Grundlagen der Streifenprojektionsmesstechnik	33
4.1	Funktionsweise und Komponenten von Streifenprojektionsmesssystemen	34
4.1.1	Funktionsweise von Streifenprojektionsmesssystemen	35
4.1.2	Musterprojektoren	37
	Diabasierte Musterprojektoren	38
	LCD-basierte Musterprojektoren	38
	DLP-basierte Musterprojektoren	42
	OLED-basierte Musterprojektoren	43
4.1.3	Kameratechnik	45
	CCD-Kameras	45
	CMOS-Kameras	47
4.1.4	Objektive	49
4.2	Kalibrierung von Streifenprojektionsmesssystemen	50
4.2.1	Modellbasierte Kalibrierverfahren	51
	Kameramodell	52
	Telezentrisches Kameramodell	58

Verzeichnungsmodell	59
Bestimmung der Kamera- und Verzeichnungsparameter	62
Systemkalibrierung	63
4.2.2 Direkte Kalibrierverfahren	65
4.3 Kodierte Beleuchtung	67
4.3.1 Phase-Shift Verfahren	68
Konventionelles Phase-Shift Verfahren	68
Kodiertes Phase-Shift Verfahren	71
4.3.2 Gray-Code Verfahren	71
4.3.3 Hybride Kodierung	74
5 Optische Geometrieprüfung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile	75
5.1 Beschreibung des Messsystems	78
5.2 Flächenhafte Erfassung der Funktionsflächen präzisionsgeschmiedeter Zahnräder und Ritzelwellen	80
5.3 Flächenhafte Abweichungsanalyse der Funktionsflächengeometrie	82
5.3.1 Vorverarbeitung der Messdaten	82
5.3.2 Erstellung eines vollständigen Messdatenmodells	83
5.3.3 Flächenhafte Abweichungsanalyse	84
5.3.4 Abschätzung der Güte der optisch gewonnenen Messdaten	88
6 Messung von Umformwerkzeugen mittels fiberskopischer Streifenprojektion	91
6.1 Beschreibung des Messsystems	92
6.2 Optimierung des Schärfentiefebereichs	96
6.3 Kalibrierung des fiberskopischen Streifenprojektionsmesssystems	98
6.4 Messungen an Werkzeugen zur Blechmassivumformung	98

7 Virtuelle Streifenprojektion	101
7.1 Abschätzung der erreichbaren Messunsicherheit in Abhängigkeit vom Kalibrierverfahren	102
7.1.1 Beschreibung des virtuellen Messsystems	102
7.1.2 Betrachtete Kalibrierverfahren	104
7.1.3 Abschätzung der Messunsicherheit	105
7.2 Assistenzsysteme zur Messablaufplanung	110
7.2.1 Assistenzsystem zur Messablaufplanung auf Basis einer GUM- konformen Bestimmung der Antastunsicherheit	111
7.2.2 Assistenzsystem zur Messablaufplanung auf Basis virtueller Streifenprojektion mit telezentrischem Detektionspfad . . .	118
8 Inverse Streifenprojektion	123
8.1 Grundlegende Vorarbeiten	124
8.2 Konventionelle inverse Streifenprojektion	125
8.3 Simulationsgestützte Erzeugung inverser Projektionsmuster	126
8.3.1 Beschreibung des Messsystems	127
8.3.2 Erzeugung inverser Projektionsmuster	128
8.3.3 Detektion von Geometriedefekten	129
Zusammenfassung	133
Literatur	137
Eigene Publikationen	157
Lebenslauf	173