
Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XVII
Tabellenverzeichnis	XXI
Symbolverzeichnis	XXIII
1 Einleitung	1
2 Physikalische Grundlagen	5
2.1 Strahlenoptik	6
2.1.1 Grundlagen	6
2.1.2 Abbildung	8
2.1.3 Reflexionsverhalten und Beleuchtungsmodelle	11
2.2 Wellenoptik	15
2.2.1 Maxwell-Gleichungen	16
2.2.2 Berechnung von Beugungsmustern	17
2.3 Abbildungsfehler	22
2.3.1 Fehlerarten	22
2.3.2 Modellierung von Abbildungsfehlern in der Strahlenoptik	26
2.3.3 Modellierung von Abbildungsfehlern in der Wellenoptik	26
3 Geometrisch-optische Messverfahren	29
3.1 Triangulationsverfahren	33
3.1.1 Lasertriangulationssensor	35
3.1.2 Lichtschnittverfahren	36
3.1.3 Photogrammetrie	38
3.1.4 Streifenprojektion	39
3.1.5 Virtuelle Messsysteme	45

XIII

3.2	Schattenprojektion	47
3.3	Kalibrierung	48
3.3.1	Kalibrierung von Streifenprojektionssystemen	48
3.3.2	Kalibrierung von Schattenprojektionssystemen	54
4	Modellierung	55
4.1	Virtuelle Streifenprojektion	56
4.1.1	Virtuelles Modell des Streifenprojektionssystems	56
4.1.2	Virtueller Messablauf des Streifenprojektionssystems	61
4.1.3	Systemidentifikation	67
4.1.4	Verifikation Modell Streifenprojektion	74
4.2	Virtuelle Schattenprojektion	75
4.2.1	Virtuelles Modell des Schattenprojektionssystems	76
4.2.2	Virtueller Messablauf des Schattenprojektionssystems	80
4.2.3	Experimentelle Validierung und virtuelle Untersuchungen	81
5	Methoden zur Abschätzung der Messunsicherheit	87
5.1	Messunsicherheit nach GUM	87
5.2	Monte-Carlo-Simulation	90
5.3	Einflussfaktoren	92
5.3.1	Einfluss der optischen Komponenten auf die Messunsicherheit	93
5.3.2	Einfluss der Software und Algorithmen auf die Messunsicherheit	94
5.4	Abschätzung der Messunsicherheit mit dem Streifenprojektionssystem	95
5.4.1	Bestimmung der Antastunsicherheit und der Merkmalsunsicherheit mittels Streifenprojektion	95
5.4.2	Abschätzung der Messunsicherheit an Ebenen	99
5.4.3	Abschätzung der Messunsicherheit an Kugeln	102
5.5	Abschätzung der Messunsicherheit mit dem Schattenprojektionssystem	104
5.5.1	Bestimmung der Positionsunsicherheit und der Merkmalsunsicherheit mittels Schattenprojektion	105
5.5.2	Abschätzung der Messunsicherheit an Zylindern	107
6	Messbarkeitsprüfung	111
6.1	Messbarkeitsprüfung mit dem virtuellen Streifenprojektionssystem	113
6.2	Messbarkeitsprüfung mit dem virtuellen Schattenprojektionssystem	116
7	Zusammenfassung	119
	Literaturverzeichnis	123