

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	3
3	Aufgabenstellung	7
4	Grundlagen	9
4.1	Allgemeine Optik	9
4.1.1	Beschreibung von Licht	9
4.1.2	Beugung und Interferenz	11
4.1.3	Kohärenz	12
4.2	Wellenfrontsensoren	14
4.2.1	Interferometrische Verfahren	14
4.2.2	Shearing-Interferometer	15
4.2.3	Shack-Hartmann-Sensoren	19
4.2.4	Weitere Arten von Wellenfrontsensoren	24
4.3	Fehlereinflüsse bei Shack-Hartmann-Sensoren	25
4.3.1	Geometrie des Aufbaus	26
4.3.2	Mikrolinsenarray	27
4.3.3	Bildsensor	28
4.3.4	Auswertung	28
4.4	Traceable Multisensor System	29
4.4.1	Vermessung von Wellenfronten	30
4.5	Messunsicherheit	31
5	Verfahren zur Kalibrierung	33
5.1	Messapparatur und Messablauf	33
5.1.1	Verfahrweg der Lichtquelle	35
5.2	Auswertung	37
5.2.1	Bestimmung des Abstandes zwischen Mikrolinsen und Bildsensor	38
5.2.2	Referenzspotposition	42
5.2.3	Bestimmung der Eingangswellenfront	44

5.2.4	Bestimmung der höherfrequenten Messfehler	45
5.2.5	Justage des Systems	46
5.2.6	Rückführbarkeit	49
6	Ergebnisse	51
6.1	Darstellung der Ergebnisse	51
6.2	Gekühlter Shack-Hartmann-Sensor	52
6.2.1	Stabilitätsuntersuchung	52
6.2.2	Abstand zwischen Mikrolinsenarray und Bildsensor	54
6.2.3	Referenzspotposition	55
6.2.4	Weitere wellenfrontabhängige Fehler	57
6.2.5	Messung der Eingangswellenfront	58
6.2.6	Verifikation der Messergebnisse	60
6.2.7	Vergleich zwischen einer Kalibrierung mit sphärischer und ebener Eingangswellenfront	63
6.3	Shack-Hartmann-Sensor mit gekipptem Mikrolinsenarray	64
6.3.1	Mikrolinsenarray - Bildsensor Abstand	64
6.3.2	Wellenlängenabhängigkeit	66
7	Unsicherheitsanalyse	71
7.1	Positionierungsfehler	71
7.1.1	Fehler der Glasmaßstäbe	72
7.1.2	Taumeln + Pivot Punkt	72
7.1.3	Winkelfehler zwischen Linearachsen	72
7.1.4	Justage	73
7.1.5	Gesamtfehler der Positionierung	74
7.2	Referenzspotposition	74
7.2.1	Taumeln + Sphärizität	74
7.2.2	Winkelantwort	74
7.2.3	Temperatureinfluss	75
7.2.4	Stabilität und zufällige Fehler	76
7.2.5	Fehler durch ξ	76
7.2.6	Fehler durch die Positionierung	77
7.2.7	Mikrolinsenposition	77

7.2.8	Gesamtfehler	78
7.3	Abstand zwischen Mikrolinsenarray und Bildsensor	78
7.3.1	Steigung des Gradienten	78
7.3.2	Unsicherheit von δz	80
7.3.3	Monte Carlo Simulation	80
7.3.4	Ergebnisse	80
7.4	Höherfrequente Fehler	81
7.4.1	Wellenfrontfehler	82
8	Charakterisierung eines Shearing-Interferometer	85
8.1	Anpassungen des Messaufbaus	86
8.2	Messergebnisse	87
9	Diskussion	93
9.1	Vorteile des Verfahrens	93
9.2	Nachteile des Verfahrens	93
9.3	Genauigkeit der Kalibrierung der Offsetfehler	94
9.4	Kalibrierung der wellenfrontabhängigen Fehler	95
9.5	Alternative Wellenfrontsensoren	96
9.6	Rückführbarkeit	96
10	Zusammenfassung und Ausblick	97
10.1	Ausblick	97
10.1.1	Erweiterung des Aufbaus	97
10.1.2	Weitere Anwendungsgebiete des Aufbaus	99
	Danksagung	ii
	Anhang	iv
	Eigene Veröffentlichungen	xiii