

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Symbolverzeichnis	x
Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
2 Geometrische Messtechnik in der Mikrotechnik	3
2.1 Messaufgaben in der Mikrotechnik	3
2.2 Prinzip parallelisierter Antastung	5
2.3 Zielsetzung	6
3 Aufbau und Eigenschaften von Mikrotasterarrays	9
3.1 Aufbau und Eigenschaften der Mikrotaster	9
3.2 Aufbau des Mikrotasterarrays	12
4 Aufbau und Steuerung des μKMG	17
4.1 Struktur des Gesamtsystems	18
4.2 Mechanischer Aufbau des μ KMG	19
4.2.1 Arrayhalterung	21
4.2.2 Antriebe und Motion-Controller	22
4.3 Elektrische Verschaltung	23
4.4 Anforderungen an die Steuersoftware	25
4.4.1 Realtime-System	26

4.4.2	Erfassung der Tasterauslenkungen	26
4.4.3	Überwachung der Tasterauslenkungen – „Limit-System“	27
4.4.4	Steuerung der Motorbewegungen	28
4.4.5	Grafische Benutzeroberfläche – GUI	30
4.4.6	Scriptausführung	32
4.5	Simulationssoftware	33
4.6	Montage der Taststifte	40
4.6.1	Aufbau der Montagevorrichtung	41
4.6.2	Vorbereitung der Montage	42
4.6.3	Durchführung der Montage	43
4.6.4	Charakterisierung der Montagegenauigkeit und des dynamischen Antastverhaltens	45
4.6.5	Verbesserungspotentiale der Montage	46
4.7	Realisierung des Einmessnormals	47
5	Verwendete Konventionen und Auswerteverfahren	49
5.1	Koordinatensysteme	49
5.2	Messpunktlage für Kugelmessungen	50
5.3	Hochaufgelöste Antastung	50
5.4	Festlegung des Antastschwellwertes bei nicht eingemessenem Array	53
5.5	Kontaktpunktberechnung	54
5.6	Berechnung der Ausgleichskugel	56
5.7	Angleichen der Arrayorientierung	57
6	Arrayausrichtung an das Messobjekt	61
6.1	Prinzip der Ausrichtung	61
6.2	Erweiterte Ausrichtungskriterien	64
6.3	Rotationschrittweite und Regelung der Tasterauslenkung	68
6.4	Ausrichtung an beliebigen Teilflächen des Messobjektes	69
6.4.1	Test auf Fehlantastung	73
6.5	Feinausrichtung des Arrays	74

7	Einmessung von Tasterarrays	79
7.1	Zielgrößen der Einmessung	79
7.2	Prinzip der Einmessung	81
7.3	Manuelle Vorpositionierung	82
7.4	Arrayausrichtung an Kugelplatte mit nicht eingemessenem Array .	83
7.5	Korrektur der Ausrichtung mittels HiRes-Antastung	85
7.6	5-Punkt-Antastung	85
7.7	Einmessung der Kugelplatte	86
7.7.1	Zielstellung	86
7.7.2	Durchführung	87
7.7.3	Position der Kugelplatte	89
7.7.4	Ausrichtungskorrektur und Berechnung der Offsetwinkel .	89
7.8	Antastmuster des Haupt-Einmesslaufs	90
7.9	Bestimmung der Übertragungsmatrix	91
7.10	Bestimmung der Tastkugelpositionen	93
7.10.1	Bestimmung der relativen Tastkugelposition	93
7.10.2	Bestimmung der Drehpunktposition	94
7.10.3	Verwendete Arrayorientierungen	95
7.11	Validierung des Einmessverfahrens	96
7.11.1	Array-Einmessung eines simulierten idealen Arrays	97
7.11.2	Array-Einmessung eines simulierten realen Arrays	99
7.11.3	Einmessen der Kugelplatte	100
7.11.4	Fazit der Validierung	101

8	Exemplarische Einmessung und Anwendung realer Mikrotasterarrays	103
8.1	Einmessung	103
8.1.1	Array Nr. 1	103
8.1.2	Array Nr. 2	106
8.1.3	Diskussion der Einmessergebnisse	108
8.2	Tastkugelrutschen	109

8.3	Ausrichtung an einer Teststruktur	113
8.4	Messung einer Teststruktur	115
9	Erstellung von Messprogrammen	117
10	Voraussetzungen zur Anwendbarkeit von Mikrotasterarrays	121
11	Zusammenfassung und Ausblick	125
	Literaturverzeichnis	129
	Anhang	133
A	Limit-System zur Beschreibung von Antastgrenzwerten	133
B	Modifizierter „Graham Scan“	135
C	Ergebnisse der Validierungsmessungen	136
C.1	Array-Einmessung eines simulierten idealen Arrays	136
C.1.1	Array-Einmessung ohne erneutes Einmessen der Kugelplatte	136
C.1.2	Array-Einmessung mit erneutem Einmessen der Kugelplatte	138
C.2	Array-Einmessung eines simulierten realen Arrays	140
C.2.1	Array-Einmessung ohne erneutes Einmessen der Kugelplatte	140
C.2.2	Array-Einmessung mit erneutem Einmessen der Kugelplatte	142
D	Haftreibungsgrenzen für Antastung	144