

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>17</b>
1.1	Motivation und Problemstellung . . . . .	17
1.2	Zielsetzung der Arbeit . . . . .	19
1.3	Aufbau der Arbeit . . . . .	20
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>22</b>
2.1	Koordinatenmesstechnik . . . . .	22
2.2	Gestaltabweichungen . . . . .	25
2.3	Messunsicherheit . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Stand der Forschung und Technik</b>	<b>28</b>
3.1	Geräte und Sensoren in der Mikro-Koordinatenmesstechnik . . . . .	28
3.1.1	Messgeräte . . . . .	29
3.1.2	Sensoren . . . . .	30
3.2	Messdatenauswertung in der Koordinatenmesstechnik . . . . .	34
3.3	Einfluss und Bestimmung der Antaststrategie . . . . .	40
3.3.1	Einfluss der Antaststrategie . . . . .	40
3.3.2	Antaststrategiebestimmung . . . . .	46
3.4	Messunsicherheitsermittlung in der Koordinatenmesstechnik . . . . .	50
3.4.1	Messunsicherheitsermittlung nach GUM . . . . .	50
3.4.2	PUMA-Methode . . . . .	53
3.4.3	Messunsicherheitsermittlung durch Simulation . . . . .	54
3.4.4	Experimentelle Messunsicherheitsermittlung . . . . .	55
3.5	Forschungsdefizit . . . . .	58
<b>4</b>	<b>Ansatz zur Bewertung des Einflusses von Formabweichungen</b>	<b>59</b>
4.1	Lösungsansatz und Gesamtkonzept . . . . .	59

4.2	Resampling in der Messdatenauswertung . . . . .	64
4.2.1	Fehler von Schätzern . . . . .	64
4.2.2	Statistisches Resampling . . . . .	67
4.2.3	Jackknife-Resampling für KMG-Einzelpunktdaten . . . . .	68
4.3	Bewertung von Einzelpunkteinflüssen . . . . .	71
4.4	Bewertung der Auswerteunsicherheit . . . . .	75
4.5	Modellbildung . . . . .	78
4.6	Unterstützung bei der Antaststrategiebestimmung . . . . .	82
4.7	Simulationsstudie . . . . .	85
4.7.1	Vorgehen . . . . .	85
4.7.2	Simulationsumgebung . . . . .	90
4.7.3	Simulationsplanung . . . . .	91
4.7.4	Simulationsergebnisse . . . . .	94
4.7.5	Erkenntnisse aus der Simulationsstudie . . . . .	116
4.8	Vergleich mit anderen Ansätzen zur Bewertung des Formeinflusses . . . . .	117
4.8.1	Simulation von Wiederholmessungen . . . . .	117
4.8.2	Fehlerfortpflanzung der Messpunktabweichungen . . . . .	119
4.9	Zusammenfassung . . . . .	122
<b>5</b>	<b>Implementierung und Anwendung mit realen Messdaten</b>	<b>123</b>
5.1	Vorgehen . . . . .	123
5.2	Messobjekte . . . . .	124
5.2.1	Prüfstift und EDM-Ring . . . . .	124
5.2.2	Endmaß und Laser-Struktur . . . . .	125
5.3	Modellgestützte Antaststrategiebestimmung . . . . .	125
5.4	Messung . . . . .	128
5.5	Ermittlung einflussreicher Messpunkte . . . . .	130
5.6	Ermittlung der Auswerteunsicherheit . . . . .	133
<b>6</b>	<b>Bewertung des Ansatzes</b>	<b>135</b>

<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>139</b>
7.1 Zusammenfassung . . . . .	139
7.2 Ausblick . . . . .	140
<b>A Anhang</b>	<b>173</b>
A.1 Messablaufplanung . . . . .	173
A.2 Simulationsergebnisse . . . . .	175
A.2.1 Simulationsergebnisse 2D-Gerade . . . . .	175
A.2.2 Simulationsergebnisse Ebene . . . . .	179
A.2.3 Simulationsergebnisse 2D-Kreis . . . . .	181
A.2.4 Simulationsergebnisse Kugel . . . . .	186
A.3 Modellparameter . . . . .	191
A.3.1 Modellparameter 2D-Gerade . . . . .	192
A.3.2 Modellparameter Ebene . . . . .	193
A.3.3 Modellparameter 2D-Kreis . . . . .	194
A.3.4 Modellparameter Kugel . . . . .	195