

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	v
Kurzzusammenfassung & Abstract	vi
1 Einleitung	1
1.1 Gliederung der Arbeit	6
2 Multisensorische Messmaschine	9
2.1 Maschinenachsen	10
2.1.1 x- und z-Achse	11
2.1.2 y-Achse	11
2.1.3 b-Achse	11
2.1.4 Vorgängerversion der y-Achse	12
2.2 Einbindung der y-Achse in das Koordinatensystem	13
2.3 Maschinensteuerung	16
3 Multiskalige Prüftechnik	21
3.1 Eingesetzte optische Sensoren	22
3.2 Messablauf	24
3.3 Automatisierungs- und regelungstechnische Aufgabenstellungen	26
3.4 Bahnplanung und Trajektoriengenerierung	27
3.4.1 Bahnplanung	27
3.4.2 Trajektoriengenerierung	28
3.4.3 Punkt-zu-Punkt-Bahnplaner und Trajektoriengenerator	29
3.4.4 Punktwolken-Bahnplaner	34
3.4.5 Online-Trajektoriengenerierung	39
3.5 Beispielmessung	42
3.6 Kurzzusammenfassung	45
4 Reibungsmodellierung, -identifikation und -kompensation	47
4.1 Stand der Technik	48
4.2 Wirkung der Reibkraft auf ein Positioniersystem	50
4.3 Reibmodelle	51
4.3.1 Statische Reibmodelle	52
4.3.2 Dynamische Reibmodelle	54
4.4 Identifikation der Modellparameter des elastoplastischen Reibmodells	61
4.4.1 Identifikation der Stribeck-Kurve	61
4.4.2 Identifikation der Parameter des Borstenmodells mit Krafttrajektorien	63
4.5 Positionsregelungssystem mit modellbasierter Reibungskompensation	66
4.5.1 Lineare Vorsteuerung und Regelung	67
4.5.2 Reibkraftschätzung und -kompensation	68

4.6	Ergebnisse	78
4.6.1	Niedrige Geschwindigkeit	78
4.6.2	Hohe Geschwindigkeit	87
4.7	Eine alternative Methode zur Identifikation der Borstenparameter	90
4.7.1	Simulationsmodell zum Vergleich der Identifikationsmethoden	90
4.7.2	Identifikation der Borstenparameter durch Frequenzgangmessung	95
4.7.3	Untersuchung der y-Achse des Messaufbaus	98
4.8	Kurzzusammenfassung	117
5	Identifikation und Kompensation dynamischer Fehler	121
5.1	Stand der Technik	122
5.2	Genauigkeitsbeeinträchtigende dynamische Effekte der Messmaschine	123
5.3	Bestimmung der TCP-Position durch den optischen Mehrpunktsensor	126
5.4	Modellidentifikation mit dem optischen Mehrpunktsensor	131
5.5	Modellbasiertes dynamisches Kompensationssystem	140
5.5.1	Anpassung der Rückführung	140
5.5.2	Flachheitsbasierte Vorsteuerung	142
5.5.3	Ergebnisse	144
5.5.4	Erweiterung auf mehrere Achsen mit Verkopplung	145
5.6	Kurzzusammenfassung	145
6	Zusammenfassung	148
	Abkürzungsverzeichnis & Glossar	153
	Symbolverzeichnis	154
	Abbildungsverzeichnis	156
	Tabellenverzeichnis	161
	Literaturverzeichnis	162