

Inhaltsverzeichnis

Content

Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis	iii
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik in Forschung und Industrie	3
2.1 Geometrisches und kinematisches Verhalten von Werkzeugmaschinen.....	3
2.2 Geometrische Kalibrierung von Werkzeugmaschinen.....	7
2.2.1 Messtechnische Erfassung der Maschinengeometrie.....	7
2.2.2 Unsicherheit bei der Messwerterfassung.....	16
2.2.3 Steuerungstechnische Korrektur geometrischer Fehler an Werkzeugmaschinen.....	18
2.3 Thermo-elastisches Verhalten von Werkzeugmaschinen.....	20
2.3.1 Grundlagen des thermo-elastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen.....	20
2.3.2 Messung des thermo-elastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen 21	
2.3.3 Modellierung und Korrektur des thermo-elastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen.....	27
2.4 Unscented Kalman Filter	33
2.4.1 Unscented Kalman Filter zur Parameterschätzung	33
2.4.2 Zeitupdate des Unscented Kalman Filters	35
2.4.3 Messupdate des Unscented Kalman Filters	38
2.5 Defizite im Stand der Technik	40
3 Zielsetzung, Aufgabenstellung und methodischer Forschungsansatz.....	41
3.1 Zielsetzung und Aufgabenstellung	41
3.2 Methodischer Forschungsansatz	41
4 Messmethode zur prozessaktuellen Erfassung des geometrischen Maschinenzustands	45
4.1 Messaufbau und Messablauf	45
4.1.1 Definition der Baugruppen und ihrer Anforderungen.....	45
4.1.2 Baugruppe Messkopf.....	47
4.1.3 Baugruppe Messrahmen	49
4.1.4 Baugruppe Einhausung	52
4.1.5 Signalverarbeitung der PSD	53
4.1.6 Vorstellung der Demonstratormaschine	54
4.2 Aufbau des Messmodells	56

4.2.1	Messablauf und Messstrategie.....	56
4.2.2	Auswertung der thermo-elastischen Fehler.....	58
4.3	Bestimmung der Messunsicherheit	63
4.3.1	Vorgehen zur Bestimmung der Messunsicherheit der PSD.....	63
4.3.2	Längenmessunsicherheit der PSD-Messung.....	65
4.3.3	Monte Carlo Simulation der Messunsicherheit.....	77
4.4	Validierung der Messmethode.....	81
4.4.1	Validierung der Strahlsegmente	81
4.4.2	Validierung der thermo-elastischen Maschinenfehler	83
4.5	Kapitelfazit.....	85
5	Ergänzende, lernende Modellierung des thermo-elastischen Verhaltens	87
5.1	Aufbau des lernenden Modells	87
5.2	Unscented Kalman Filter zur PT1 Parameterschätzung.....	90
5.3	Parametrierung des thermo-elastischen Modells	93
5.3.1	Auswahl der Eingangsdaten.....	93
5.3.2	Vorverarbeitung der Eingangsdaten.....	95
5.3.3	Konfiguration des Unscented Kalman Filter	98
5.4	Experimentelle Validierung des lernenden Modells.....	101
5.5	Kapitelfazit.....	106
6	Zusammenfassung und Ausblick	107
6.1	Zusammenfassung.....	107
6.2	Ausblick	108
7	Anhang.....	115
7.1	Methodik zur Generierung zufälliger thermo-elastischer Fehler	115
	Literaturverzeichnis	117