

Inhaltsverzeichnis

0	Formel- und Kurzzeichen	II
1	Einleitung	1
2	Stand der Forschung	4
2.1	Industrieroboter	4
2.1.1	Kinematik	5
2.1.2	Anwendungsgebiete	9
2.1.3	Positioniergenauigkeit	10
2.1.4	Statisches und dynamisches Verhalten	12
2.1.5	Thermisches Verhalten	14
2.2	Simulation von Robotersystemen	19
2.2.1	Grundlagen	20
2.2.2	Anwendung	22
2.3	Steigerung der Bearbeitungsgenauigkeit	23
2.3.1	Kompensationsverfahren	25
2.3.2	Konstruktive Maßnahmen	28
3	Zielstellung und Vorgehensweise	30
4	Anlagen und Messtechnik	34
4.1	Versuchsmaschine	34
4.2	Versuchswerkstück	35
4.3	Versuchswerkzeug	36
4.4	Test-, Mess- und Analyseeinrichtungen	36
5	Systemanalyse	42
5.1	Thermisches Verhalten	42
5.1.1	Beharrungszustand bei verschiedenen Leistungen	42
5.1.2	Verlagerung in der Musterbearbeitung	44
5.1.3	Abkühlverhalten	46
5.2	Thermische Simulation	48
5.2.1	Modell	49
5.2.2	Randbedingungen	50
6	Kompensationsstrategien	55
6.1	Konstruktives Kompensationsverfahren	55
6.1.1	Konzept	56
6.1.2	Leistung der Heizelemente	56
6.1.3	Position der Heizelemente	57
6.2	Robotermodell	58
6.2.1	Simulationsmodell	59
6.2.2	Abgleich mit der Realität	64
6.2.3	Mathematisches Modell	69
6.3	Validierung der Kompensationsstrategie	76
6.3.1	Konstruktive Kompensationsstrategie	76
6.3.2	Kompensation auf Basis des thermischen Robotermodells	79
6.3.3	Bauteilfertigung	84
7	Zusammenfassung und Ausblick	95
8	Literaturverzeichnis	100