

---

# Inhaltsverzeichnis

*Table of Contents*

<b>1 Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik in Forschung und Industrie</b> . . . . .	<b>7</b>
2.1 Überblick Industrieroboter . . . . .	7
2.1.1 Knickarmroboter im Bearbeitungssektor . . . . .	8
2.1.2 NC-Prozessplanungssysteme für Industrieroboter . . . . .	12
2.1.3 NC-Steuerungsarchitekturen von Industrierobotern . . . . .	16
2.2 Genauigkeit von Industrierobotern . . . . .	21
2.2.1 Einflussfaktoren auf die Genauigkeit von Industrierobotern . . . . .	22
2.2.2 Definitionen, Kenngrößen und Prüfmethode . . . . .	26
2.3 Untersuchungsergebnisse und Ansätze zur Kompensation . . . . .	29
2.3.1 Untersuchungen . . . . .	29
2.3.2 Kompensationsansätze . . . . .	36
2.4 Zusammenfassung und Handlungsbedarf . . . . .	45
<b>3 Zielsetzung und Vorgehensweise</b> . . . . .	<b>49</b>
3.1 Zielsetzung . . . . .	49
3.2 Vorgehensweise . . . . .	50
<b>4 Systemuntersuchung und Anforderungsanalyse</b> . . . . .	<b>55</b>
4.1 Untersuchungsrahmen . . . . .	55
4.2 Systemanalyse . . . . .	57
4.3 Systembewertung und Anforderungen . . . . .	69
4.3.1 Bewertung der Systemanalyse . . . . .	69
4.3.2 Anforderungen an die Lösungsmethode . . . . .	70
<b>5 Methodik</b> . . . . .	<b>73</b>
5.1 Ansatz . . . . .	73

---

5.2	Modellbildung	75
5.2.1	Kinematische Beziehungen	75
5.2.2	Bewegungsgleichung des mechanischen Systems	77
5.2.3	Modellierung des Steifigkeitsverhaltens der Gelenkarme	84
5.2.4	Parametrierung und Validierung des Modells	85
5.3	Planungsintegrierte Optimierung	91
5.3.1	Simulation	93
5.3.2	Analyse anhand von Bewertungsfunktionen	97
5.3.3	Optimierungsansatz	107
5.4	Steuerungsintegrierte Kompensation	113
5.4.1	Berechnung von Kompensationswerten	114
5.4.2	Regelungstechnische Integration	117
5.5	Fazit	119
<b>6</b>	<b>Umsetzung und Validierung</b>	<b>121</b>
6.1	Prototypische Umsetzung der Methodik	121
6.1.1	Planungsoptimierung in Siemens NX	121
6.1.2	Erweiterte Regelungsstruktur in SINUMERIK 840D sl	123
6.2	Validierung anhand des Prüfnormbauteils	125
6.2.1	Planungsoptimierung	126
6.2.2	Industriell verfügbare Methoden	135
6.2.3	Steuerungsintegrierte Störgrößenkompensation	139
6.2.4	Gegenüberstellung und Fazit	144
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>157</b>
	Betreute Abschlussarbeiten	169
	<b>Anhang</b>	<b>171</b>