

Reimund Neugebauer (Hrsg.)

# **Parallelkinematische Maschinen**

**Entwurf, Konstruktion, Anwendung**

Mit 136 Abbildungen



**Springer**

# Inhaltsverzeichnis

**Formelzeichen und Abkürzungen .....** **XIII**

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Was sind Parallelkinematiken? .....	1
1.2 Historischer Überblick.....	2

## **Teil I: Grundlagen des Entwurfs von Parallelkinematiken**

<b>2 Strukturkonzeption .....</b>	<b>9</b>
2.1 Allgemeine Kriterien .....	9
2.2 Struktursystematik .....	13
2.2.1 Allgemeines .....	13
2.2.2 Grundstrukturen.....	15
2.2.3 Konzeption der Führungsketten.....	20
2.2.4 Strukturerweiterungen .....	30
2.3 Kinematik .....	35
2.3.1 Koordinatentransformation.....	35
2.3.2 Analytische Beschreibung .....	36
2.3.3 Numerische Beschreibung .....	43
2.4 Grundlegende Bemessung .....	49
2.4.1 Allgemeines .....	49
2.4.2 Kinematik und Arbeitsraum .....	51
2.4.3 Jacobi-Matrix und Maschinensteifigkeit .....	53
2.5 Optimierung .....	55
2.5.1 Allgemeines .....	55
2.5.2 Arbeitsraumbeschreibung .....	61
2.5.3 Einkriterielle Optimierung.....	62
2.5.4 Mehrkriterielle Optimierung.....	66
<b>3 Steuerungskonzeption .....</b>	<b>71</b>
3.1 Anforderungen.....	71
3.2 Basisfunktionen .....	74
3.2.1 Allgemeines .....	74

3.2.2 Rückwärtstransformation: Inverses kinematisches Problem ...	76
3.2.3 Vorwärtstransformation: Direktes kinematisches Problem ....	79
3.2.4 Look-Ahead.....	80
3.2.5 Erweiterte Funktionen .....	81
3.2.6 Geeignete Steuerungsarchitekturen .....	82
3.3 Lagebestimmung und -regelung .....	83
3.4 Kalibrierung und Kompensation.....	86
<b>4 Theoretische Modellbildung .....</b>	<b>91</b>
4.1 Übersicht.....	91
4.2 Modellbildung und Simulation der mechanischen Struktur .....	93
4.2.1 Allgemeines .....	93
4.2.2 Balkenmodell.....	94
4.2.3 Mehrkörpermodell .....	96
4.2.4 Finite-Elemente-Modell.....	100
4.3 Simulation des Gesamtverhaltens.....	105
4.3.1 Struktur, Antriebe und Regelung.....	105
4.3.2 Integration von Prozessmodellen.....	112
<b>5 Experimentelle Modellbildung .....</b>	<b>123</b>
5.1 Vorbetrachtung .....	123
5.2 Messung statischer Eigenschaften .....	125
5.2.1 Allgemeines .....	125
5.2.2 Ursachenermittlung für statische Steifigkeitsabweichungen.	127
5.2.3 Prinzipielle Vorgehensweise .....	129
5.3 Messung dynamischer Eigenschaften.....	131
5.3.1 Allgemeines .....	131
5.3.2 Messung der relativen dynamischen Nachgiebigkeit .....	132
5.3.3 Ursachenermittlung dynamischer Steifigkeitsabweichungen	133
5.4 Messung thermoelastischer Eigenschaften .....	135
5.4.1 Allgemeines .....	135
5.4.2 Messung der relativen thermoelastischen Verlagerungen ....	136
5.4.3 Ermittlung der Ursachen thermoelastischer Verlagerungen..	137

---

**Teil II: Maschinengestaltung und Einsatz erfahrungen; Ausgewählte Beispiele**

<b>6 Komponenten .....</b>	<b>141</b>
6.1 Übersicht.....	141
6.2 Strebe und Antrieb.....	142
6.2.1 Charakteristik von Strebeneinheiten.....	142
6.2.2 Konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten.....	148
6.2.3 Messsysteme.....	159
6.3 Gelenke .....	162
6.3.1 Allgemeines .....	162
6.3.2 Drehgelenke mit dem Freiheitsgrad Eins .....	162
6.3.3 Drehgelenke mit den Freiheitsgraden Zwei und Drei.....	165
6.4 Gestell.....	174
6.5 Adaptronische Komponenten .....	181
<b>7 Anwendung von Parallelkinematiken: Beispiele.....</b>	<b>191</b>
7.1 Werkzeugmaschinen.....	191
7.1.1 Formen- und Werkzeugbau .....	191
7.1.2 Bearbeitung von Strukturbau Teilen .....	199
7.1.3 Gehäusebearbeitung im Antriebsstrang .....	205
7.1.4 Dreidimensionales Biegen .....	213
7.2 Handhabungseinrichtungen .....	221
7.2.1 Handling großformatiger Bauteile .....	221
7.2.2 Handling leichter Bauteile .....	227
7.2.3 Mikromontage .....	229
7.3 NC-Programmierung und Referenzbeispiel.....	232
7.3.1 Anforderungen an die Programmierung .....	232
7.3.2 Vorbereitung der Aufspannposition .....	234
7.3.3 Anwendung spezifischer Frästrategien .....	234
7.3.4 Bearbeitungssimulation und Kollisionskontrolle .....	237
7.3.5 Referenzbeispiel .....	238
<b>Terminologie .....</b>	<b>241</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>245</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>259</b>