

# HANSER



Inhaltsverzeichnis

Georg Stark

Robotik mit MATLAB

ISBN: 978-3-446-41962-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41962-9>

sowie im Buchhandel.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung in die Robotik .....</b>	<b>13</b>
1.1	Historie .....	13
1.2	Definition und Klassifikation .....	16
1.2.1	Roboter .....	16
1.2.2	Robotik als Wissenschaft .....	17
1.3	Industrieroboter .....	19
1.3.1	Mechanischer Aufbau .....	19
1.3.2	Komponenten eines Robotersystems .....	25
1.3.3	Steuerung und Systemsoftware .....	28
1.3.4	Anwendungsprogrammierung und Bedienung .....	29
1.4	Andere Roboterklassen .....	32
1.4.1	Serviceroboter und mobile Roboter .....	32
1.4.2	Mikroroboter .....	34
1.4.3	Humanoide Roboter .....	34
1.5	Datenfluss in einem Robotersystem .....	36
1.6	Zusammenfassung .....	37
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Robotermathematik .....</b>	<b>39</b>
2.1	Formale Modelle .....	39
2.2	Punkt, Gerade, Ebene .....	41
2.2.1	Punkt und Koordinaten .....	41
2.2.2	Vektoren .....	42
2.2.3	Gerade in Ebene und Raum .....	42
2.2.4	Schnittpunkt zweier Geraden .....	44
2.2.5	Ebene im Raum .....	45
2.2.6	Schnittgerade zweier Ebenen .....	45
2.3	Trigonometrische Funktionen .....	46
2.3.1	Gradmaß, Bogenmaß, Einheitskreis .....	46
2.3.2	Inverse trigonometrische Funktionen .....	47
2.3.3	Winkel in einem allgemeinen Dreieck, Kosinussatz .....	48
2.4	Lineare Algebra .....	48
2.4.1	Vektoren und Matrizen .....	48
2.4.2	Lineare Gleichungssysteme .....	52
2.4.3	Lineare Abbildung .....	56
2.4.4	Darstellung der Orientierung durch Eulerwinkel .....	63

2.5	Polynome .....	67
2.6	Differentielle Zusammenhänge .....	68
2.6.1	Ableitung von Funktionen .....	68
2.6.2	Berechnung der Jacobimatrix .....	69
2.7	Zusammenfassung .....	71
2.8	Aufgaben .....	72
<b>3</b>	<b>Programmieren mit MATLAB .....</b>	<b>75</b>
3.1	Erste Schritte .....	75
3.1.1	Was ist MATLAB? .....	75
3.1.2	Bedienoberfläche .....	77
3.1.3	Variablen in MATLAB .....	78
3.1.4	Arithmetische Operationen .....	84
3.1.5	Behandlung von Zeichenketten .....	88
3.1.6	Programmstrukturen .....	90
3.1.7	Ein-/Ausgabe und Dateioperationen .....	96
3.1.8	Grafik .....	97
3.2	Unterstützung der Robotermathematik .....	100
3.2.1	Schnitt, Abstand von Ebene und Gerade .....	100
3.2.2	Winkelberechnung .....	104
3.2.3	Koordinatentransformationen .....	105
3.2.4	Inverse Eulertransformation .....	107
3.2.5	Synthese von Polynomen .....	108
3.2.6	Berechnung der Jacobimatrix .....	111
3.2.7	Funktionsbibliothek ROBOMATS .....	112
3.3	MATLAB als technische Programmiersprache .....	115
3.3.1	Besondere Eigenschaften .....	115
3.3.2	Softwareentwurf .....	117
3.4	Zusammenfassung .....	121
3.5	Aufgaben .....	122
<b>4</b>	<b>Modellierung der kinematischen Struktur .....</b>	<b>127</b>
4.1	Einführung .....	127
4.1.1	Freiheitsgrad und kinematische Kette .....	127
4.1.2	Geeignetes Robotermodell .....	129
4.2	Kinematikmodell nach Denavit-Hartenberg .....	130
4.2.1	Konzept .....	130
4.2.2	Kinematische Strukturen in der Praxis .....	132
4.3	Programm zur Berechnung der DH-Parameter .....	137
4.3.1	Softwareentwicklung .....	137
4.3.2	Implementierung und Test .....	139
4.4	Transformationen zwischen Roboter- und Weltkoordinaten .....	143
4.4.1	Vorüberlegungen .....	143
4.4.2	Vorwärtstransformation .....	145
4.4.3	Rücktransformation .....	146

---

4.5	Zusammenfassung .....	163
4.6	Aufgaben .....	164
<b>5</b>	<b>Entwurf von Bahnsteuerungen .....</b>	<b>167</b>
5.1	Prinzipien .....	167
5.1.1	Einbindung der Bahnsteuerung in den Datenfluss .....	167
5.1.2	Verfahrenarten .....	169
5.2	Bahnplanung .....	170
5.2.1	Trajektorie .....	170
5.2.2	Geschwindigkeitsprofil .....	177
5.2.3	Synchronisation und Anpassung an den Interpolationstakt .....	181
5.3	Interpolation .....	183
5.3.1	Echtzeitanforderungen .....	183
5.3.2	Interpolationsvektor und Geschwindigkeitsprofil .....	184
5.3.3	Trajektorie .....	184
5.4	Programmierung .....	186
5.4.1	Umsetzung des Bewegungsmodells .....	186
5.4.2	Modellzustand und Modellparameter .....	189
5.4.3	Globale Modellfunktionen .....	190
5.4.4	Hilfsfunktionen .....	199
5.5	Test und Visualisierung .....	201
5.5.1	Testanwendung .....	201
5.5.2	Visualisierung und Auswertung .....	203
5.6	Zusammenfassung .....	205
5.7	Aufgaben .....	207
<b>6</b>	<b>Programmieren im Großen .....</b>	<b>211</b>
6.1	Geeignete Softwarekonzepte .....	211
6.1.1	Allgemeine Anforderungen .....	211
6.1.2	Unterstützung durch MATLAB .....	213
6.2	Komponentenorientierte Programmierung in MATLAB .....	214
6.2.1	Konzept .....	215
6.2.2	Programmierung .....	218
6.3	Integration der Serverkomponente Echtzeitinterpolator .....	224
6.3.1	Systemarchitektur .....	224
6.3.2	Funktionsumfang des Echtzeitinterpolators .....	226
6.3.3	Exportierte Methoden und Ereignisse .....	228
6.3.4	Programmierung der Client-Schnittstelle .....	229
6.3.5	Programmierung der Server-Schnittstelle und Registrierung .....	232
6.4	Realisierung eines Robotersimulators mit Grafikmodell .....	233
6.4.1	Beschreibung des Grafikmodells .....	233
6.4.2	Initialisierung und Ausführung der Gesamtsoftware .....	234
6.5	Zusammenfassung .....	235
6.6	Aufgaben .....	236

---

<b>7</b>	<b>Anwendungen .....</b>	<b>238</b>
7.1	Grundsätze .....	238
7.2	Beispiele .....	240
7.2.1	Palettieren .....	240
7.2.2	Bearbeiten Langloch .....	246
7.3	Zusammenfassung .....	251
7.4	Aufgaben .....	252
<b>8</b>	<b>Fehlerbehandlung und Optimierung .....</b>	<b>253</b>
8.1	Fehler im Programmcode .....	253
8.1.1	Syntax- und Laufzeitfehler .....	253
8.1.2	Debugger .....	255
8.2	Behandlung externer Fehler .....	257
8.2.1	Ausgabe von Meldungen .....	258
8.2.2	Überprüfung fehlerhafter Daten .....	259
8.2.3	Try-Catch-Konstrukt .....	259
8.3	Programmoptimierung .....	261
8.3.1	Rechenzeit .....	261
8.3.2	Programmstruktur und Quellcode .....	264
8.4	Beispiel – Verbesserung der Bahnsteuerung .....	267
8.4.1	Codeanalyse .....	267
8.4.2	Fehlerüberwachung .....	268
8.4.3	Laufzeitoptimierung .....	270
8.5	Zusammenfassung .....	270
8.6	Aufgaben .....	271
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>273</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>276</b>