

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	1
1.1	LEGO MINDSTORMS als informationsverarbeitendes System	2
1.2	Lehrbeitrag des Buchs	3
1.3	Aufbau des Buchs	4
<b>2</b>	<b>Robotik</b>	5
2.1	Roboter	5
2.1.1	Historischer Ursprung von Robotern	6
2.1.2	Anwendungen und Klassifikation von Robotersystemen	7
2.1.3	Robotik – ein interdisziplinäres Forschungsgebiet	10
2.1.4	Programmierung von Robotern	11
2.2	Beitrag der Informatik für die Robotik	12
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Informatik</b>	17
3.1	Programmentwicklung	17
3.2	Modellierung und Abstraktion	19
3.3	Elemente der Programmierung	21
3.3.1	Klassen	21
3.3.2	Datenstrukturen	22
3.3.3	Methoden und Funktionen	25
3.3.4	Programme	26
3.3.5	Logik und Funktionen	26
3.3.6	Bedingte Anweisungen und Verzweigungen	28
3.3.7	Schleifen und Wiederholungen	29
3.3.8	Beobachter	31
3.4	Programmiersprachen und Compiler	32
3.4.1	Compiler	32
3.4.2	Interpreter	34
3.5	Aufbau und Funktion von Betriebssystemen	35
3.5.1	Prozesse	36
3.5.2	Betriebssysteme	37
3.6	Computer und Elektronik	37

<b>4 Das LEGO MINDSTORMS-System</b> .....	41
4.1 Microcontroller .....	42
4.1.1 Sensor/Aktuator-Schnittstelle .....	43
4.1.2 Vorgefertigte Programme .....	44
4.2 Aktuatorik .....	45
4.2.1 Elektromotor .....	45
4.2.2 Getriebe .....	48
4.3 Sensorik .....	49
4.3.1 Tastsensor .....	50
4.3.2 Ultraschallsensor .....	51
4.3.3 Lichtsensor .....	53
4.3.4 Farbsensor .....	54
4.3.5 Geräuschsensor .....	55
4.3.6 Beschleunigungssensor .....	56
4.3.7 Kompass-Sensor .....	57
4.3.8 Kreiselsensor .....	58
4.3.9 RFID-Sensor .....	59
4.3.10 Weitere Sensoren .....	60
4.3.11 Sensorauswertung .....	61
<b>5 Entwicklung von LEGO-NXT-Programmen</b> .....	63
5.1 Grafische Programmierung mit NXT-G .....	63
5.1.1 Die Programmierumgebung .....	64
5.1.2 Kompilieren und Starten .....	65
5.1.3 Bearbeiten des Programms .....	65
5.1.4 Sequentielle und parallele Programme .....	66
5.1.5 Datenleitungen und Variablen .....	66
5.1.6 Hilfefunktion und Dokumentation .....	68
5.2 Elemente der Programmierung in NXT-G .....	68
5.2.1 Allgemeine Palette .....	69
5.2.2 Aktion .....	69
5.2.3 Sensor .....	70
5.2.4 Ablauf .....	72
5.2.5 Daten .....	73
5.2.6 Großer Funktionsumfang .....	74
5.2.7 Eigene Blöcke .....	75
5.3 Anwendungsbeispiel „Intelligenter Roboter“ .....	76
5.3.1 Der Roboter lernt fahren .....	77
5.3.2 Hindernissen ausweichen .....	81
5.3.3 Linienfolgen .....	86
5.4 Programmieraufgaben mit NXT-G .....	90
5.4.1 Linienfolgen, Hindernisausweichen und der ganze Rest .....	90
5.4.2 Der Wachroboter .....	91

5.4.3	Ein musikalischer Roboter . . . . .	91
5.4.4	Grafische Ausgabe von Messwerten . . . . .	93
5.4.5	Wie finde ich aus dem Labyrinth? . . . . .	94
5.4.6	Einparken leichtgemacht . . . . .	95
5.4.7	Der NXT als Spielekonsole . . . . .	96
5.4.8	Kompassregelung . . . . .	99
5.4.9	Beschleunigungssensor als Steuergerät . . . . .	100
5.4.10	Stewart-Plattform . . . . .	101
<b>6</b>	<b>Die Programmiersprache Java . . . . .</b>	<b>105</b>
6.1	Objektorientierte Programmierung . . . . .	106
6.1.1	Notation . . . . .	106
6.1.2	Klassen und Objekte . . . . .	107
6.1.3	Variablendeklaration . . . . .	110
6.1.4	Datentypen in Java . . . . .	111
6.1.5	Wertzuweisung . . . . .	113
6.1.6	Operatoren . . . . .	113
6.1.7	Methodendeklaration und Parameterübergabe . . . . .	116
6.1.8	Kontrollstrukturen . . . . .	119
6.1.9	Felder . . . . .	122
6.1.10	Schnittstellen und Vererbung . . . . .	124
6.1.11	Pakete und Sichtbarkeit . . . . .	124
6.1.12	Eingebettete Klassen . . . . .	126
6.1.13	Wichtige Java-Bibliotheken . . . . .	126
6.1.14	Fehlerbehandlung . . . . .	128
6.1.15	Entwurfsmuster . . . . .	130
6.2	LeJOS: Java für den NXT . . . . .	131
6.2.1	Installation und Inbetriebnahme . . . . .	131
6.2.2	Die Entwicklungsumgebung Eclipse . . . . .	136
6.3	„Hello World!“ . . . . .	138
<b>7</b>	<b>Entwicklung von Java-Programmen für den NXT . . . . .</b>	<b>141</b>
7.1	Der Roboter lernt fahren . . . . .	141
7.1.1	Motoren ansprechen . . . . .	141
7.1.2	Kinematikberechnung . . . . .	144
7.2	Wandfolgen . . . . .	150
7.2.1	Wand ertasten und ausweichen . . . . .	151
7.2.2	Hindernisse erkennen und vermeiden . . . . .	152
7.2.3	Aufspüren eines akustischen Signals . . . . .	154
7.3	Position bestimmen . . . . .	155
7.3.1	Lokale und globale Lokalisierung . . . . .	155
7.3.2	Odometrieberechnung . . . . .	156
7.3.3	Implementierung der Odometrie . . . . .	160
7.3.4	Kompass auswerten . . . . .	164
7.3.5	Orientierung des Roboters verbessern . . . . .	166

7.4	Kartenerstellung .....	169
7.4.1	Grundlagen der Kartierung .....	169
7.4.2	Aufbau einer Rasterkarte .....	171
7.4.3	Koordinatentransformation .....	173
7.4.4	Erfassung von optischen Umgebungsmerkmalen .....	177
7.4.5	RFID-Landmarken erkennen und unterscheiden .....	179
7.4.6	Topologische Kartierung .....	180
7.4.7	Lokalisierung anhand von Karteninformationen .....	182
7.5	Navigation auf Karten .....	183
7.5.1	Suchalgorithmen für Rasterkarten .....	183
7.5.2	Wegfindung in Graphen .....	187
8	<b>Programmieraufgaben mit LeJOS</b> .....	191
8.1	Stationäre Systeme .....	191
8.1.1	Scannen, Zeichnen und Kopieren .....	191
8.1.2	Roboterarm .....	192
8.1.3	Ballsortierer .....	193
8.1.4	Mühle-Spiel .....	194
8.1.5	Rubik's Zauberwürfel .....	196
8.1.6	Sudoku .....	196
8.2	Mobile Robotersysteme .....	197
8.2.1	Aufräumroboter .....	197
8.2.2	Putzroboter .....	198
8.2.3	Roboter-Geo-Caching .....	199
8.2.4	Roboterkonvoi .....	200
8.2.5	Braitenberg-Fahrzeug .....	201
8.2.6	Omnidirektionaler Roboter .....	201
8.2.7	Kommissionierungssystem .....	202
A	<b>Anhang</b> .....	203
A.1	Aufgaben und Experimente mit dem NXT .....	203
A.2	Allgemeine Tipps und Tricks zu LeJOS .....	207
A.3	Aufgabenlösungen und Lösungshinweise zu LeJOS .....	209
A.4	Bezugsquellen und Firmenkontakte .....	214
A.5	Weitere Programmiersprachen für den NXT .....	215
	<b>Glossar</b> .....	217
	<b>Literatur</b> .....	227
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	231