

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	LEGO MINDSTORMS als informationsverarbeitendes System	2
1.2	Lehrbeitrag des Buchs	3
1.3	Aufbau des Buchs	4
2	Robotik	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
3	Grundlagen der Informatik	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

4	Das LEGO MINDSTORMS-System	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	Lichtsensoren	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
5	Entwicklung von LEGO-NXT-Programmen	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
6	Die Programmiersprache Java	105
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
7	Entwicklung von Java-Programmen für den NXT	141
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	Programmieraufgaben mit LeJOS	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	Anhang	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
	Glossar	217
	Literatur	227
	Sachverzeichnis	231