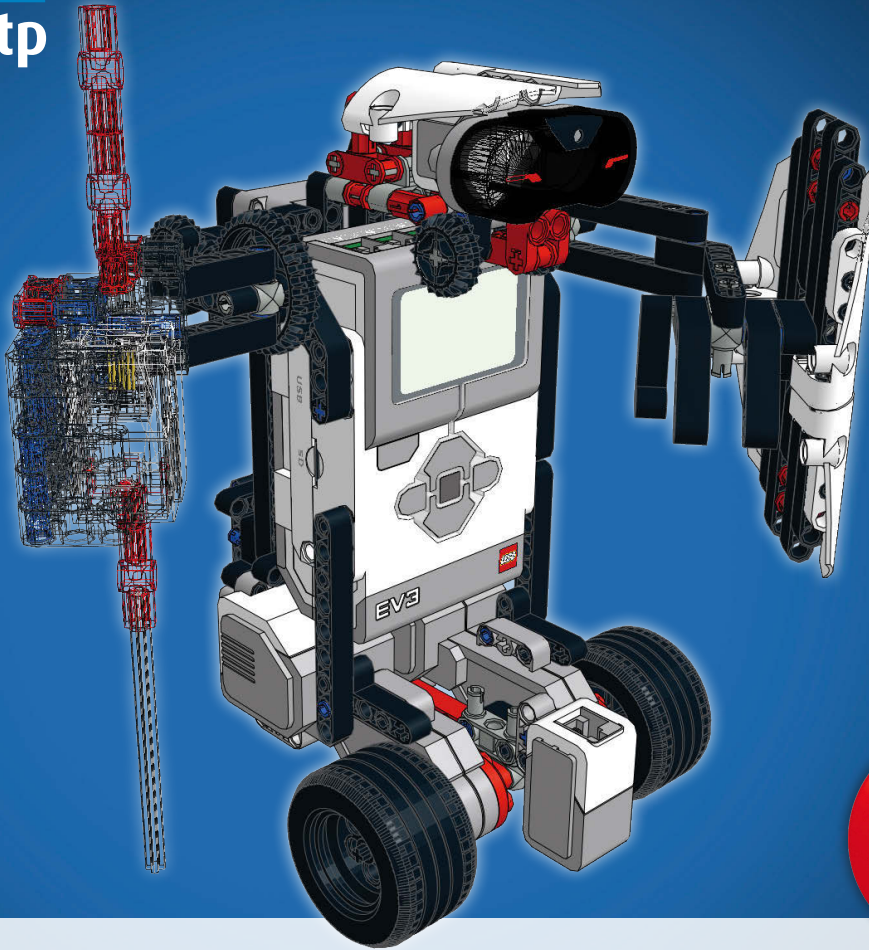




komplett
in
Farbe!

Das EV3 Roboter Universum

Ein umfassender Einstieg in
LEGO® MINDSTORMS® EV3
mit 8 spannenden Roboterprojekten





Hinweis des Verlages zum Urheberrecht und Digitalen RechteManagement (DRM)

Der Verlag räumt Ihnen mit dem Kauf des ebooks das Recht ein, die Inhalte im Rahmen des geltenden Urheberrechts zu nutzen. Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere fürervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Verlag schützt seine ebooks vor Missbrauch des Urheberrechts durch ein digitales RechteManagement. Bei Kauf im Webshop des Verlages werden die ebooks mit einem nicht sichtbaren digitalen Wasserzeichen individuell pro Nutzer signiert.

Bei Kauf in anderen ebook-Webshops erfolgt die Signatur durch die Shopbetreiber. Angaben zu diesem DRM finden Sie auf den Seiten der jeweiligen Anbieter.

Matthias Paul Scholz, Beate Jost, Thorsten Leimbach

Das EV3 Roboter Universum

Ein umfassender Einstieg in
LEGO® MINDSTORMS® EV3
mit 8 spannenden Roboterprojekten



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-8266-9644-2

1. Auflage 2014

www.mitp.de

E-Mail: kundenservice@hjr-verlag.de

Telefon: +49 6221 / 489 -555

Telefax: +49 6221 / 489 -410

© 2014 mitp, eine Marke der Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg

LEGO, das LEGO-Logo, der LEGO-Stein, die Konfiguration der Noppen und die Minifigur sind Marken der LEGO Group. Die Buchinhalte sind nicht in Zusammenarbeit mit der LEGO Group entstanden und weder von LEGO autorisiert noch unterstützt

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Lektorat: Sabine Schulz

Sprachkorrektur: Petra Heubach-Erdmann

Satz: III-satz, Husby, www.drei-satz.de

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	15
Teil I	Grundlagen	23
I	LEGO® MINDSTORMS – Von RCX zu EV3	25
I.1	Der intelligente LEGO®-Stein EV3	26
I.2	Home- und Education-Edition	31
2	Die Komponenten des EV3-Sets	33
2.1	Nutzen und Einsatzmöglichkeiten der elektronischen Teile	33
2.2	Elektronische Komponenten	33
2.2.1	Großer Motor	33
2.2.2	Mittlerer Motor	34
2.2.3	Farbsensor	35
2.2.4	Ultraschallsensor	36
2.2.5	Berührungssensor	37
2.2.6	Kreiselsensor (Gyroskop)	37
2.2.7	Infrarotfernsteuerung	38
2.2.8	Infrarotsensor	39
2.3	Nutzen und Einsatzmöglichkeiten nicht elektronischer Teile des EV3-Sets	40
3	EV3-Softwareumgebung – von der Einführung bis zum ersten Programm	43
3.1	Home-Version	43
3.2	Hilfefunktion	47
3.3	Import von Sensor-Blöcken	48
3.4	Programmierungsumgebung	49
3.5	Übersicht	50
3.5.1	LEGO® MINDSTORMS EV3-Software	51
3.5.2	10 wesentliche Fakten zur Programmierung mit EV3	52
3.5.3	Beschreibung eines Programmblocks in EV3 am Beispiel eines Motor-Blocks	53

3.5.4	Vom einzelnen Programmblock zum Programm	54
3.6	Das erste Programm schreiben (in weniger als fünf Minuten)	57
3.6.1	Programmname eingeben	60
3.6.2	Anbindung des Roboters mit USB, Bluetooth und WLAN . .	60
3.6.3	Herunterladen des Programms über das Kontrollzentrum .	65
4	Wissenswertes zur Programmierung mit der EV3-Software	67
4.1	Der Programmierzyklus: Entwickeln, Speichern, Herunterladen, Laufenlassen/Testen.	67
4.2	Projekt-Dokumentation in EV3.	69
4.2.1	Der Inhalts-Editor	70
4.2.2	Projekteigenschaften-Seite	71
4.2.3	Messwerterfassung.	73
4.2.4	Kommunikation	74
4.2.5	Kommunikation EV3 zu EV3	74
4.2.6	EV3-Software für den NXT.	80
4.2.7	Programmierung des LEGO® MINDSTORMS NXT-Systems mit EV3-Software	80
5	Grundlegende EV3-Blöcke zur Steuerung des Programmablaufs . .	83
5.1	Warum gibt es unterschiedliche EV3-Blocktypen?	83
5.2	Steuerung des Programmablaufs	84
5.2.1	Start-Block	84
5.2.2	Warte-Block	84
5.2.3	Schleifen-Block	86
5.2.4	Parallele Abläufe	89
5.2.5	Ressourcenkonflikt »Parallele Abläufe«	91
5.2.6	Schalter-Block	92
5.2.7	Datenleitung	96
5.2.8	Eigene Blöcke	98
Teil II Fortbewegung		101
6	Raupenfahrzeug.	103
6.1	Mechanische Komponenten	104
6.2	Die Bauanleitung	104
6.2.1	Benötigte Teile	104

6.2.2	Schritt für Schritt	106
6.2.3	Verkabelung	113
6.3	Das Programm.	113
6.3.1	Entwurf der allgemeinen Struktur	113
6.3.2	Technische Umsetzung	115
6.3.3	Programmablauf.	115
6.3.4	Schritt-für-Schritt-Programmierung	116
6.4	EV3+	119
6.5	Zusammenfassung	121
7	Das Roboter-Auto	123
7.1	Mechanische Komponenten	124
7.2	Die Bauanleitung	125
7.2.1	Benötigte Teile	126
7.2.2	Schritt für Schritt	127
7.2.3	Verkabelung	140
7.3	Das Programm.	141
7.3.1	Technische Umsetzung	141
7.3.2	Programmablauf.	143
7.3.3	Berechnungen zur Steuerung	143
7.3.4	Das Auto-Programm Schritt für Schritt	144
7.4	EV3+	150
7.4.1	Steuerung mit dem Drehsensor	150
7.4.2	Umsetzung	151
7.5	Zusammenfassung	153
8	Der Krabbl3r	155
8.1	Komponenten	156
8.1.1	Das Laufwerk	156
8.1.2	Der Kopf	158
8.2	Die Bauanleitung	159
8.2.1	Benötigte Teile	159
8.2.2	Schritt für Schritt	161
8.2.3	Verkabelung	186
8.3	Das Programm.	186
8.3.1	Technische Umsetzung	187
8.3.2	Programmablauf.	187
8.3.3	Das Krabbl3r-Programm Schritt für Schritt	188

8.4	EV3+	193
8.4.1	Weitere Gangarten	193
8.4.2	Umsetzung	194
8.5	Zusammenfassung	194
8.6	Ausblick und Anregungen	194
8.6.1	Synchronisation der Beine mittels Sensoren	194
8.6.2	Verwendung des Abstandssensors	195

Teil III Sensoren 197

9	Mars-Rov3r	199
9.1	Komponenten.	200
9.1.1	Das Fahrwerk	200
9.1.2	Der Greifer	200
9.2	Die Bauanleitung	201
9.2.1	Benötigte Teile	201
9.2.2	Schritt für Schritt	202
9.2.3	Verkabelung	222
10	Fernsteuerung mit dem Berührungssensor	223
10.1	Technologie	224
10.2	Der Berührungssensor am Roboter	225
10.3	Das Programm.	226
10.3.1	Technische Umsetzung	226
10.3.2	Programmablauf.	227
10.3.3	Die Nahbedienung – Schritt für Schritt	227
10.4	EV3+	234
10.4.1	Das Programm	236
10.5	Zusammenfassung	241
11	Der Infrarotsensor: Fernsteuerung und Distanzmessung	243
11.1	Technologie	243
11.1.1	Infrarotsensor	243
11.1.2	Infrarotfernsteuerung	245
11.2	Der Infrarotsensor am Roboter.	246
11.3	Das Programm.	247
11.3.1	Bauanleitung Infrarotfernbedienung	247

II.3.2	Technische Umsetzung	248
II.3.3	Programmablauf.	248
II.3.4	Der treue Verfolger – Schritt für Schritt.	249
II.4	EV3+	253
II.5	Zusammenfassung	253
12	Hindernisse erkennen mit dem Ultraschallsensor.	255
12.1	Technologie	256
12.2	Der Ultraschallsensor am Roboter	258
12.3	Das Programm.	259
12.3.1	Technische Umsetzung	259
12.3.2	Programmablauf.	259
12.3.3	Der vorsichtige Forschungsroboter – Schritt für Schritt.	260
12.4	EV3+	265
12.4.1	Das Programm	265
12.5	Zusammenfassung	269
13	Objekte unterscheiden mit dem Farbsensor	271
13.1	Technologie	272
13.2	Der Farbsensor am Roboter	273
13.3	Das Programm.	273
13.3.1	Technische Umsetzung	274
13.3.2	Programmablauf.	274
13.3.3	Musik nach Farben – Schritt für Schritt.	274
13.4	EV3+	280
13.4.1	Das Programm	280
13.5	Zusammenfassung	284
14	Exaktes Steuern mit dem Kreisel sensor.	287
14.1	Technologie	288
14.2	Der Kreisel sensor am Roboter	289
14.3	Das Programm.	289
14.3.1	Technische Umsetzung	290
14.3.2	Geometrische Figuren – Schritt für Schritt	292
14.4	EV3+	297
14.4.1	Das Programm	298
14.5	Zusammenfassung	302

Teil IV Fortgeschrittene Roboterprojekte	303
15 Der Wächter	305
15.1 Komponenten	306
15.1.1 Fahrwerk und Sensor	306
15.1.2 Kopf	307
15.1.3 Arm	308
15.2 Die Bauanleitung	309
15.2.1 Benötigte Teile	309
15.2.2 Schritt für Schritt	310
15.2.3 Verkabelung	336
15.3 Das Programm	337
15.3.1 Zickzack innerhalb der Linie	337
15.3.2 Am rechten Rand der Linie entlangfahren	338
15.3.3 Proportionales Korrigieren	339
15.3.4 Technische Umsetzung	340
15.3.5 Programmablauf	340
15.3.6 Das Programm Schritt für Schritt	342
15.4 EV3+	348
15.5 Zusammenfassung	352
15.6 Ausblick und Anregungen	352
15.6.1 Experimentieren mit den verschiedenen Algorithmen zur Linienverfolgung	352
15.6.2 Veränderung des Fahrwerks	353
15.6.3 Verwendung der anderen Sensoren und des Arm-Motors	353
16 Die Marionette	355
16.1 Komponenten	357
16.1.1 Steuereinheit	357
16.1.2 Puppe	357
16.2 Die Bauanleitung	358
16.2.1 Benötigte Teile	359
16.2.2 Schritt für Schritt	360
16.2.3 Verkabelung	388
16.3 Das Programm	388
16.3.1 Technische Umsetzung	388
16.3.2 Programmablauf	388
16.3.3 Das Programm Schritt für Schritt	389
16.4 EV3+	392

16.5	Zusammenfassung	396
16.6	Ausblick und Anregungen	396
16.6.1	Verbesserte Nutzung des Abstandssensors	396
16.6.2	Verwendung des zweiten Motors	396
16.6.3	Verwendung der restlichen Sensoren.....	397
16.6.4	Erweiterung des Puppenspiels	397
17	Der Dr3ifuß	399
17.1	Komponenten	401
17.1.1	Der Zamor-Werfer	401
17.1.2	Das Laufwerk	401
17.1.3	Der Berührungssensor in der Kanone	402
17.2	Die Bauanleitung.....	402
17.2.1	Benötigte Teile	403
17.2.2	Schritt für Schritt	404
17.2.3	Verkabelung	439
17.3	Das Programm.....	439
17.3.1	Technische Umsetzung.....	439
17.3.2	Programmablauf.....	439
17.3.3	Das Programm Schritt für Schritt.....	440
17.4	Fernsteuerung mit Infrarot.....	444
17.4.1	Technische Umsetzung.....	444
17.4.2	Programmablauf.....	444
17.4.3	Das Programm Schritt für Schritt.....	444
17.5	EV3+	447
17.6	Zusammenfassung	453
17.7	Ausblick und Anregungen	453
17.7.1	Synchronisation der Beine.....	453
17.7.2	Verbesserung der Zielerfassung	453
17.7.3	Verbesserung der Suchstrategie	454
17.7.4	Verwendung der restlichen Sensoren.....	454

Teil V Roboterkommunikation 455

18	Roboterkommunikation: Train3r und Sportl3r	457
18.1	Komponenten	458
18.1.1	Das Fahrwerk	458
18.1.2	Die Arme.....	459

18.1.3	Der Kopf	460
18.2	Die Bauanleitung	460
18.2.1	Benötigte Teile	460
18.2.2	Schritt für Schritt	461
18.2.3	Verkabelung	477
18.3	Die Programme	477
18.3.1	Train3r	477
18.3.2	Sportl3r	478
18.3.3	Technische Umsetzung	478
18.3.4	Programmablauf	481
18.3.5	Das Train3r-Programm Schritt für Schritt	483
18.3.6	Das Sportl3r-Programm Schritt für Schritt	492
18.4	EV3+	495
18.4.1	Der Drei-Wege-Handschlag	495
18.5	Zusammenfassung	495
A	Glossar	497
B	Ressourcen	501
B.1	Bücher	501
B.2	Web-Links	502
B.2.1	Die Seite zum Buch	502
B.2.2	Allgemeine Seiten zu LEGO® MINDSTORMS	502
B.2.3	Blogs und Foren	503
B.2.4	Onlineshops	504
B.3	Design-Werkzeuge	504
C	Bauanleitungen für die Education Edition	505
C.1	Die Bauanleitung für das Raupenfahrzeug (aus Kapitel 6)	505
C.1.1	Benötigte Teile	506
C.1.2	Schritt für Schritt	506
C.2	Die Bauanleitung für das Roboter-Auto (aus Kapitel 7)	517
C.2.1	Benötigte Teile	518
C.2.2	Schritt für Schritt	519
C.3	Die Bauanleitung für den Krabbl3r (aus Kapitel 8)	537
C.3.1	Benötigte Teile	537
C.3.2	Schritt für Schritt	539
C.4	Die Bauanleitung für den Mars-Rov3r (aus Kapitel 9)	568
C.4.1	Benötigte Teile	569
C.4.2	Schritt für Schritt	570

C.5	Die Bauanleitung für den Wächter (aus Kapitel 15)	599
C.5.1	Benötigte Teile	599
C.5.2	Schritt für Schritt	601
C.6	Die Bauanleitung für die Marionette (aus Kapitel 16)	650
C.6.1	Benötigte Teile	651
C.6.2	Schritt für Schritt	652
C.7	Die Bauanleitung für den Dreifuß (aus Kapitel 17)	694
C.7.1	Benötigte Teile	694
C.7.2	Schritt für Schritt	696
C.8	Die Bauanleitung für die Roboterkommunikation (aus Kapitel 18)	730
C.8.1	Benötigte Teile	730
C.8.2	Schritt für Schritt	731
	Stichwortverzeichnis	749

Einleitung

An wen richtet sich dieses Buch?

Dieses Buch ist eine Einführung in das LEGO® MINDSTORMS EV3-System. Es richtet sich an Technik-interessierte Einsteigerinnen und Einsteiger, die vorher noch nicht mit LEGO® MINDSTORMS gearbeitet haben. Es richtet sich ebenfalls an fortgeschrittene Anwenderinnen und Anwender der Vorgängerversion, die bereits Erfahrung mit dem LEGO® MINDSTORMS-System haben, sie finden Anregungen für den Bau und die Programmierung von komplexeren Roboter-Modellen. Dieses Buch dient aber auch Personen mit pädagogisch-didaktischem Hintergrund als Ideengeber, um mit dem EV3-Set junge Menschen für Technik und Naturwissenschaften zu begeistern. Es ermöglicht einen leichten Einstieg in die Programmierung und den Bau eines EV3-Roboters und geht auf die jeweiligen Unterschiede zwischen der im Handel erhältlichen Home-Edition (Originalbezeichnung LEGO® MINDSTORMS EV3) und dem EV3-Education-Set (Originalbezeichnung: LEGO® MINDSTORMS Education EV3-Basis-Set) ein.

Die verschiedenen Kapitel sind in sich abgeschlossen. An unterschiedlichen Roboter-Modellen wird beschrieben, wie EV3-Roboter gebaut und programmiert werden können. Die im Buch vorliegenden Bauanleitungen basieren auf der Home-Edition des LEGO® MINDSTORMS EV3-Systems. Für alle Roboter-Modelle sind ebenfalls Bauanleitungen für die Education-Edition erhältlich. Diese Bauanleitungen finden Sie am Ende des Buches in Anhang C.

Dieses Buch richtet sich somit in erster Linie an:

- Einsteigerinnen und Einsteiger ab 14 Jahre
- Fortgeschrittene Anwenderinnen und Anwender, die bereits Erfahrung mit den Vorgängerversionen des LEGO® MINDSTORMS-Systems haben
- Lehrerinnen und Lehrer aus allen Fachrichtungen und deren Schülerinnen und Schüler

Wichtig

Im Buch werden beide Versionen des EV3-Systems sowohl hinsichtlich der Software als auch hinsichtlich der Hardware behandelt. Die Bauanleitungen für das EV3-Education-Set finden Sie am Ende des Buches in Anhang C.

Was kann man von diesem Buch erwarten und was nicht?

Das vorliegende Buch soll der Leserin und dem Leser in erster Linie Spaß und Freude am Bau und an der Programmierung von EV3-Robotern vermitteln. Zunächst wird anhand von konkreten, im Buch beschriebenen Aufgaben und Roboter-Modellen das LEGO® MINDSTORMS EV3-System vorgestellt und Schritt für Schritt beschrieben. Daran anschließend finden sich in den jeweiligen Kapiteln Ideen und Anregungen, wie auf Basis der Beispiel-Modelle eigene Ideen mit dem jeweiligen LEGO® MINDSTORMS EV3-Set umgesetzt werden können. Dazu werden die grundlegenden Kenntnisse im Umgang mit der Hard- und Software von EV3 vermittelt und wesentliche Programmierkonzepte vorgestellt.

An anschaulichen Roboter-Modellen kann erforscht werden, wie der Roboter durch entsprechende Programmierung und durch die Erweiterung mit Sensoren immer komplexere Aufgaben bewältigen kann. Es werden dabei ausschließlich die von LEGO® offiziell angebotene, grafische Programmierumgebung und die im Home- bzw. im Education-Set vorhandenen Sensoren verwendet.

Nachdem die Leserin und der Leser die dargestellten Experimente selbst nachgebaut und programmiert haben, werden sie und er in der Lage sein, selbstständig eigene Ideen mit dem EV3-System umzusetzen und sich an immer komplexere Herausforderungen heranzuwagen.

Selbstverständlich kann ein Buch allein nicht alle Möglichkeiten allumfassend behandeln, die das LEGO® MINDSTORMS EV3-Set bietet. Seit der Einführung der LEGO® MINDSTORMS-Serie 1998 hat sich eine riesige Fanszene entwickelt, die sich intensiv mit den Möglichkeiten und der Weiterentwicklung sowohl in der Konstruktion als auch in der Programmierung der LEGO® MINDSTORMS beschäftigt. Wer sich nach der Lektüre dieses Buches dazu entscheidet, intensiver in die Programmierung oder in die Konstruktion eines EV3-Roboters einzusteigen, wird ausreichend Anregungen, Beispiele und Tipps&Tricks im World Wide Web finden.

Da dieses Buch sowohl Einsteiger, Fortgeschrittene und Lehrkräfte gleichermaßen ansprechen möchte, können nicht alle Aspekte des EV3-Sets abgedeckt werden. Es sollte somit nicht als ein Programmierhandbuch oder als ein Referenzbuch für die konkrete Unterrichtsgestaltung angesehen werden.

Voraussetzungen

Um Nutzen aus diesem Buch zu ziehen, müssen die Leserin und der Leser weder über Vorkenntnisse in der Robotik, in der Programmierung noch mit der MINDSTORMS-Serie verfügen.

Vorkenntnisse aus diesen Bereichen können an der ein oder anderen Stelle hilfreich sein. Ebenfalls können (Konstruktions-)Erfahrungen mit einem Set aus der TECHNIC-Reihe von LEGO® beim Bau der EV3-Roboter nützlich sein, notwendig

ist dies aber für das Verständnis der einzelnen Kapitel nicht. Das vorliegende Buch führt den Leser und die Leserin schrittweise heran, um von Grund auf zu verstehen, was benötigt wird, damit interessante Roboter mit LEGO® MINDSTORMS gebaut und programmiert werden können. Dabei werden auf spielerische Art grundlegende Konzepte des EV3-Systems erlernt.

Alles, was der Leser, die Leserin neben diesem Buch dazu benötigt, ist im EV3-Set der Home-Edition (Set# 31313) oder in der Education-Edition (Set #45544) enthalten. Alle Bauanleitungen wurden für beide EV3-Sets konzipiert.

Neben dem EV3-Set ist für die Programmierung der Roboter ein Computer erforderlich. Der Computer muss über ein für die in diesem Buch verwendete EV3-Programmierungsumgebung geeignetes Betriebssystem verfügen. Dies bedeutet, dass die EV3-Programmierungsumgebung unter Windows XP, Vista, Windows 7, Windows 8 32bit / 64 bit, Mac OS 10.6, 10.7 und 10.8 verwendet werden kann.

Downloads

Auf der Verlags-Website zum Buch unter www.mitp.de/9473 sind die im Buch enthaltenen Programme als bereits vollständige Projekte für die EV3-Software verfügbar, sowie ggf. weitere Informationen.

Aufbau des Buches

Das vorliegende Buch führt die Leserin und den Leser in die Grundlagen

- des EV3-Systems,
- die Programmierung mit der EV3-Software und
- die Konstruktion von EV3-Robotern

ein.

Jedes Kapitel kann unabhängig von den anderen Kapiteln durchgearbeitet werden und ist in sich abgeschlossen. Bei der Konzeption des Buchs wurde darauf geachtet, dass sich Theorie und Praxis in einem ausgewogenen Verhältnis befinden. Der Anfang des Buches bietet einen einfachen Einstieg in Konstruktion und Programmierung eines EV3-Roboters. Der Schwierigkeitsgrad und die Komplexität der Experimente nimmt mit jedem weiteren Teil zu, wobei auch innerhalb dieser Kapitel darauf geachtet wurde, theoretische Erkenntnisse direkt praxisnah mit dem jeweiligen Roboter-Modell umsetzen zu können.

Zu jedem vorgestellten Modell ist eine Bauanleitung vorhanden. Die im Buch dargestellten Bauanleitungen beziehen sich ausschließlich auf das im Handel erhältliche EV3-Set. Wie eingangs erwähnt, befinden sich die Bauanleitungen für das EV3-Education-Set in Anhang C. Die Bauanleitungen sind auch für Einsteigerinnen und Einsteiger leicht nachvollziehbar. Das jeweilige Roboter-Modell kann so leicht Schritt für Schritt nachgebaut werden. Zusätzliche LEGO®-Teile werden für die hier beschriebenen Roboter-Modelle nicht benötigt.

Wichtig

Da LEGO® im EV3-Set sehr viele schwarze Balken verwendet, wurde die Farbwahl für diese Balken leicht geändert. Somit lassen sich die einzelnen Konstruktionsschritte besser nachvollziehen. Sollten Sie die einzelnen Bauteile in den hier abgebildeten Bauanleitungen der Home-Edition nicht gut genug erkennen, können Sie sich kostenlos eine PDF mit den Bauanleitungen der Home-Edition herunterladen, in denen die Farbkontraste stärker hervorgehoben sind.

Zu Beginn aller Kapitel werden der Schwierigkeitsgrad und die wesentlichen Punkte für die Konstruktion und Programmierung kurz skizziert. Am Ende der einzelnen Kapitel werden in einem zusätzlichen Abschnitt, »EV3+« genannt, Anregungen gegeben, wie die vorgestellten Experimente und Roboter selbstständig weiterentwickelt werden können.

Welche Inhalte haben die einzelnen Kapitel?

Das Buch gliedert sich in fünf Teile.

Begonnen wird mit einer generellen Einführung in das EV3-Set, in der die Komponenten des EV3-Systems und deren Verwendung vorgestellt werden. Ebenso geht **Teil I** des Buches umfassend auf die grafische Programmierumgebung ein, die EV3-Software. Sie wird von der Installation bis zum Erstellen eines ersten eigenen Programms beschrieben.

In **Teil II** des Buchs liegt der Schwerpunkt auf der Konstruktion von Roboter-Modellen. Drei verschiedene Modelle bieten die Möglichkeit, sich intensiv der Konstruktion von Robotern zu widmen und dabei mit den LEGO®-Teilen des EV3-Sets vertraut zu werden.

Wichtig

Roboter-Modelle, die mehr Zeit zum Bau benötigen, können bereits leicht an der Schreibweise erkannt werden. Eine »3« anstelle des Buchstabens »e« im Namen des Robot3r-Modells deutet auf eine etwas aufwendigere Konstruktion hin. Hierfür sollte entsprechend mehr Zeit eingeplant werden.

Teil III des Buchs stellt die Sensoren der EV3-Home- und Education-Edition vor und zeigt, wie diese in sinnvoller Art und Weise an dem Roboter-Modell *Mars-Rov3r* verwendet werden können. Dabei wird auf die Funktionsweise und die Programmierung jedes Sensors eingegangen. Das erlernte Wissen kann direkt am Mars-Rov3r getestet werden.

Mit dem Wissen aus den vorangegangenen Abschnitten werden in **Teil IV** komplexere Varianten sowohl in der Konstruktion als auch in der Programmierung eines

EV3-Roboters veranschaulicht. Unter anderem wird gezeigt, wie ein Roboter einer Linie folgen kann oder wie man eine EV3-Marionett baut und programmiert.

In **Teil V** wird anhand eines Beispiels aus der Sportwelt dargestellt, wie die Bluetooth-Kommunikation zwischen zwei EV3-Robotern funktioniert. Dabei macht ein Train3r-Roboter Bewegungen vor, die ein Sportl3r-Roboter nachahmt.

Hier ist ein Kurzüberblick zu den Inhalten des Buchs:

Teil I – Einführung

- Was ist LEGO® MINDSTORMS?
 - Geschichte und Einsatzmöglichkeiten
 - Inhalt des EV3-Education-Sets
 - Unterschiede zwischen Home-Edition und Education-Edition
 - Nutzen und Einsatzmöglichkeiten der elektronischen Teile
 - Nutzen und Einsatzmöglichkeiten einiger TECHNIC-Teile
 - Der EV3-Stein: Eigenschaften und Funktionen
- Die Programmierumgebung
 - Installation und erste Schritte
 - Programmier-Paradigmen
 - Anbindung des Roboters mit USB und Bluetooth
 - Der Programmier-Zyklus: Entwickeln, Speichern, Herunterladen, Testen (abgeschlossenes »Hello World«-Tutorial)
 - EV3-Software für den NXT

Teil II – Bewegung

- *Raupenfahrzeug* – Konstruktion eines Roboters mit Kettenantrieb
- *Roboter-Auto* – Bau und Programmierung eines Roboters mit Radantrieb durch Einsatz der Motor-Drehensoren
- Laufroboter *Krabbl3r* – Konstruktion eines sechsbeinigen Roboters und Programmierung verschiedener Gangarten

Teil III – Sensoren

- *Mars-Rov3r* – Konstruktion und Programmierung eines Roboters mit Greifer und verschiedenen EV3-Sensoren
- Berührungssensor
- Infrarotsensor
- Ultraschallsensor
- Farbsensor

- Kreiselsensor (Gyroskop)

Teil IV – Anwendung fortgeschrittener Konzepte

- Ein *Wächter*-Roboter veranschaulicht, wie ein Roboter einer Linie folgen kann.
- Eine *Marionette* als Roboter, geht das? Wir zeigen, wie.
- Ein *Driftfuß*-Roboter zeigt, wie der Zamor-Launcher aus der Home-Edition genutzt werden kann.

Teil V – Kommunikation mit dem Roboter

- Kommunikation unter Robotern mit Bluetooth
- Sicherstellen, dass sich zwei Roboter auch »verstehen«
- Umsetzung der Kommunikation anhand eines *Train*-Roboters und eines *Sportler*-Roboters. Der *Train* macht die Übung vor, die der *Sportler* nachmachen soll.

Erklärung der verwendeten Bezeichnungen und Symbole

In den Bauanleitungen bezeichnen Zahlen an einem Bauteil, wie oft dieses Teil im jeweiligen Schritt zu verwenden ist. Bei Balken und Achsen wird zusätzlich in kursiver Schrift die Länge des Teils in Modulen angegeben, siehe Abbildung 1.

Ein Rotationspfeil in einem Schritt deutet an, dass das Modell vor dem Anbringen der jeweiligen Bauteile in die entsprechende Richtung gedreht werden muss.

Ein (oder mehrere) Pfeil/e in einem Schritt einer Bauanleitung markiert Stellen am Modell, in die ein bestimmtes Bauteil einzufügen ist. Dies wird nur dann verwendet, wenn es nicht anderweitig ersichtlich ist (Abbildung 2).

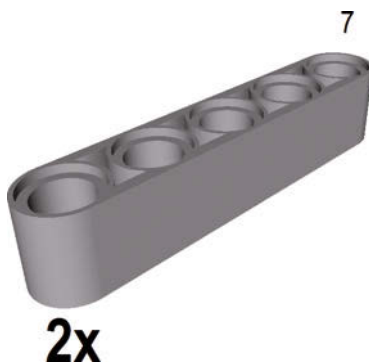


Abb. 1: Balken der Länge 7M, der zweimal benötigt wird

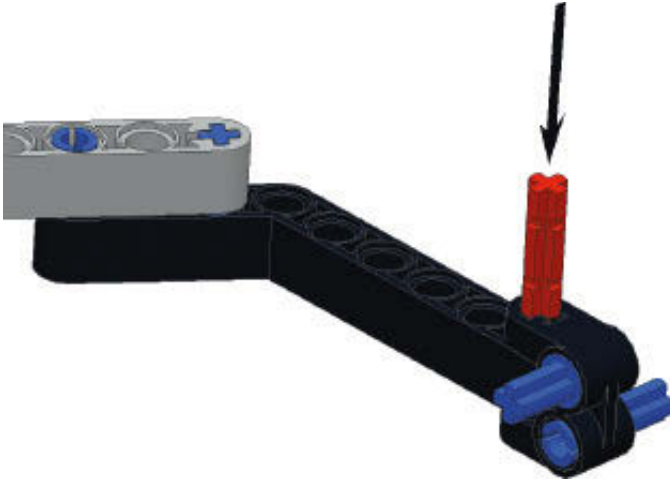


Abb. 2: Stelle, an der ein Teil (hier: eine Achse) einzufügen ist

Verwendete Werkzeuge

Das Manuskript dieses Buches wurde mit OpenOffice verfasst. Bei der Erstellung der virtuellen Robotermodelle kamen MLCAD zum Einsatz. Daraus wurden die Bilder und Bauanleitungen mit den Werkzeugen LPUB und LDVIEW erzeugt. Für die Bildbearbeitung und die Erzeugung der Screenshots wurden GIMP und Paint.NET verwendet. Die Diagramme zur Visualisierung des Programmablaufs entstanden mit dem Werkzeug Astah Community.

Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verzichten die Autoren im weiteren Verlauf des Buchs auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Teil I

Grundlagen

In diesem Teil:

- **Kapitel 1**
LEGO® MINDSTORMS – Von RCX zu EV3 25
- **Kapitel 2**
Die Komponenten des EV3-Sets 33
- **Kapitel 3**
EV3-Softwareumgebung – von der Einführung
bis zum ersten Programm. 43
- **Kapitel 4**
Wissenswertes zur Programmierung mit der
EV3-Software 67
- **Kapitel 5**
Grundlegende EV3-Blöcke zur Steuerung des
Programmablaufs 83

LEGO® MINDSTORMS – Von RCX zu EV3

Im Jahr 1998 wurden von *The LEGO Group*® die ersten Komponenten der MINDSTORMS-Serie veröffentlicht: Das Robotic Invention Set (RIS) enthielt eine zentrale programmierbare Steuereinheit, den sogenannten Robotic Command Explorer (RCX). Mit dem RCX wurden elektrische Motoren und Sensoren entwickelt. Standardmäßig ließen sich der RCX-Stein und die Motoren mit den sonstigen LEGO®-Komponenten aus den SYSTEM- und TECHNIC-Serien verbinden.

Im August 2006 wurde das Robotic Invention Set durch das Nachfolgesystem LEGO® MINDSTORMS NXT abgelöst. Das mit dem RIS eingeführte Konzept wurde mit dem NXT fortgeführt. Das zentrale Element der LEGO® MINDSTORMS blieb der intelligente »Stein« der NXT, an dem wieder Sensoren und Motoren angeschlossen werden konnten. Sowohl der NXT-Stein als auch die Sensoren waren aber im Vergleich zu dem RCX erheblich leistungsfähiger. Eine weitere wesentliche Neuerung gegenüber dem Vorgänger war die Offenlegung der Hardware- und Softwarespezifikationen. Diese Öffnung und die Gründung verschiedener Partnerprogramme, z.B. der MINDSTORMS Community Partners MCP und das MINDSTORMS *Developer Partners Program*, verhalfen dazu, das große Potenzial der LEGO- und Robotik-begeisterten Gemeinschaft zu nutzen und die Möglichkeiten des NXT-Systems in großem Maße auszuschöpfen.

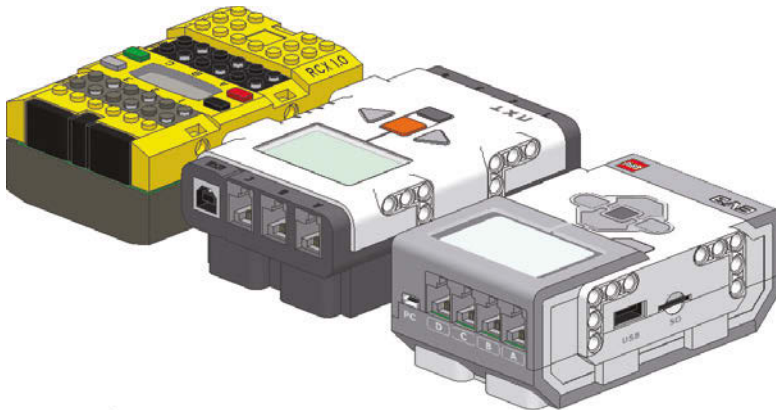


Abb. 1.1: Von RCX zu EV3

War die Bandbreite der verfügbaren Sensoren für das RCX-Set noch recht überschaubar, gibt es für den NXT eine große Anzahl an Sensoren von Drittfirmen wie HiTechnic, Mindsensors oder Vernie. Somit können bereits Kinder und Jugendliche leicht in die Konstruktion und Programmierung eines Roboters einsteigen. Aber auch auf Hochschulebene bietet das NXT-System für Studenten und Erwachsene ausreichend Möglichkeiten von der fortgeschrittenen Programmierung und Konstruktion bis hin zum Eigenentwurf von elektronischen Bauteilen, wie z.B. Sensoren. Nicht zuletzt nutzen Initiativen in den USA (LEGOEngineering) und Europa (Roberta® – Lernen mit Robotern) das NXT-System, um Kinder, Jugendliche, Studentinnen/Studenten und Lehrkräfte für Technik und Naturwissenschaften zu begeistern.

Seit August 2013 wurde die LEGO® MINDSTORMS-Serie um ein neues Mitglied mit dem Namen EV3 (EV für Evolution und 3 für das dritte System der MINDSTORMS-Serie) erweitert. Mit EV3 hat LEGO® konsequent die beiden erfolgreichen Vorgängersysteme weiterentwickelt. Sowohl der intelligente »Stein« als auch die elektrischen Komponenten wurden an den heutigen Stand der Technik angepasst.

Um nur eine Weiterentwicklung herauszugreifen, sei an dieser Stelle die Auto-ID-Funktion der Motoren und Sensoren erwähnt. Schließt man beispielsweise den Farbsensor an einen Sensorport des EV3-Steins an, erkennt die offizielle LEGO® EV3-Software automatisch den Port, an dem der Sensor angeschlossen ist – vorausgesetzt, der EV3 ist eingeschaltet und mit dem PC verbunden (siehe in Kapitel 3 den Abschnitt 3.6.2).

1.1 Der intelligente LEGO®-Stein EV3

Es handelt sich um einen Computer, der selbstständig Programme ausführen kann, die mittels einer dazu geeigneten Software in ein für den Stein verständliches Format übersetzt wurden. Der Stein kann somit als Gehirn des Roboters bezeichnet werden.

EV3 ist im Vergleich zum NXT mit einem schnelleren Prozessor und mehr Speicher ausgestattet. Firmware und Programme werden im Flash-Speicher abgelegt und bleiben auch ohne Stromversorgung längere Zeit erhalten. Mit EV3 wird zudem Linux als Betriebssystem eingesetzt.

Kommunikation mit dem PC ist bei EV3 ähnlich geregelt wie beim NXT. Zusätzlich zur Verbindung der Steuereinheit (»intelligenter Stein«, engl. *intelligent brick*) zu PC via USB und Bluetooth gibt es die Möglichkeit, den Stein per USB mit einem weiteren Stein (sogenanntes *daisy chain*) zu verbinden.

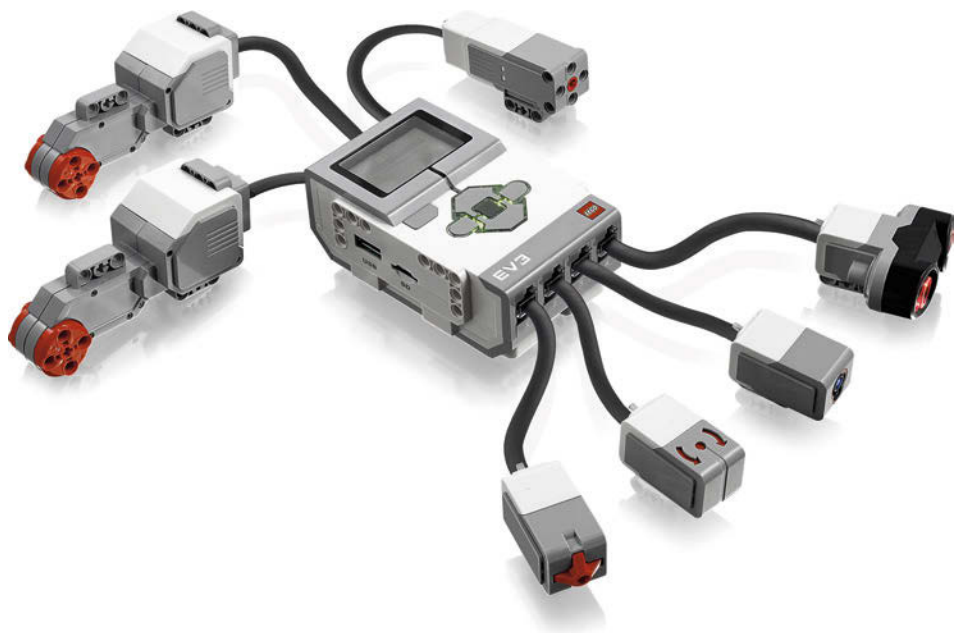


Abb. 1.2: LEGO® MINDSTORMS EV3 Education-Set (Quelle: LEGO Education)

Wie Abbildung 1.2 zeigt, können am EV3-Stein vier Sensoren angeschlossen werden. Die Anzahl der Motorausgänge blieb im Vergleich zum NXT mit vier Anschlüssen gleich. Zur Verbindung zwischen EV3 und Sensoren bzw. Motoren werden die vom NXT bekannten Kabel mit RJ12-Stecker (vergleiche Abbildung 1.3) verwendet.

Tabelle 1.1 zeigt die Unterschiede zwischen EV3- und NXT-Stein. Die Angaben beziehen sich auf die von LEGO® veröffentlichten Spezifikationen.

	NXT	EV3
Prozessor	Atmel 32-Bit ARM AT91SAM7S256 48 MHz 256 KB FLASH-RAM 64 KB RAM	ARM9 300 MHz 16 MB Flash 64 MB RAM
Co-Prozessor	Atmel 8-Bit AVR, ATmega48 8 MHz 4 KB FLASH-RAM 512 Byte RAM	
Betriebssystem	Proprietär	Linux

Tabelle 1.1: Vergleich technische Details zwischen NXT und EV3 (Quelle: The LEGO® Group 2012)

	NXT	EV3
Sensoranschlüsse	4 Analog Digital: 9600 bit/s (IIC)	4 Analog Digital, bis zu 460,8 Kbit/s
USB-Kommunikation	Maximalgeschwindigkeit (12 Mbit/s)	Maximalgeschwindigkeit (480 Mbit/s)
USB-Host Schnittstelle		Daisy chain (3 levels) WiFi-Kommunikation USB-Speichermedium
SD-Card-Lesegerät		MicroSD-Karte, bis 32 GB
Verbindungsmöglichkeit mit anderen Mobil-Geräten	Betriebssystem: Android	Betriebssystem: Apple, Android
User-Interface	4 Knöpfe	6 Knöpfe inkl. Beleuchtung (z. B. um Fehler im Pro- gramm zu beheben)
Display	LCD Matrix, monochrom 100 x 64 Pixel	LCD Matrix, monochrom 178 x 128 Pixel
Kommunikation	Bluetooth USB 2.0	Bluetooth v2.1+EDR USB 2.0 (Kommunikation zum PC) USB 1.1 (Kommunikation zwischen zwei EV3-Steinen – Reihenschaltung, engl. <i>daisy chain</i>)

Tabelle 1.1: Vergleich technische Details zwischen NXT und EV3 (Quelle: The LEGO® Group 2012)

Die Sensoren und Motoren können, einmal an den Stein angeschlossen, von diesem angesteuert werden. Mit einem geeigneten Programm kann man also Motoren starten, stoppen und in verschiedenen Geschwindigkeiten laufen lassen. Ebenso können Sensorwerte ausgelesen und auf ihre Veränderungen reagiert werden. Wie oben bereits erwähnt, wird zur Verbindung von Sensoren und Motoren das mit dem NXT eingeführte Kabel vom Typ RS-12 (siehe Abbildung 1.3) verwendet.



Abb. 1.3: EV3-Kabel (Typ: RS-12)

Ähnlich wie beim NXT befindet sich auch beim EV3 das Anzeigefenster (Display), in dem Text und Grafiken angezeigt werden, auf der Oberseite des Steins, dort können Systemeinstellungen vorgenommen werden. In erster Linie dient das Display zur Auswahl der auf dem EV3-Stein befindlichen Programme und zur Einstellung der Parameter Lautstärke, Sleep-Timer, Bluetooth und WiFi (mit einem USB-Dongle).

Unterhalb des Displays befinden sich beim EV3 sechs beleuchtete Knöpfe (siehe Abbildung 1.4).

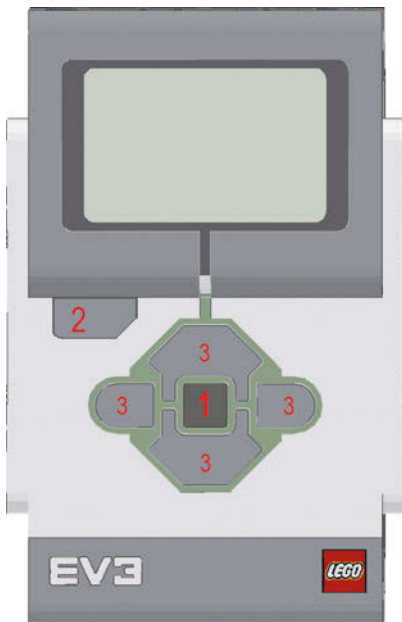


Abb. 1.4: Intelligenter EV3-Stein (LEGO® Education)

1. Knopf zum Einschalten, zur Menü-Auswahl und zum Ausschalten
2. Knopf zum DE-SELECT, um eine Menüebene zu verlassen und zur Auswahl des »Ende-Dialogs«, um den EV3-Stein auszuschalten
3. Navigationsknöpfe zur Menü-Navigation nach links/rechts und oben/unten

Das Menü des EV3-Steins besteht aus folgenden Oberpunkten:

- Programme auswählen (Play/Start-Symbol)
- Projekte auswählen (Dokument-Symbol)
- EV3-Kontrollinstrumente (Sechser-LEGO®-Stein-Symbol)
- EV3-Einstellungen (Werkzeugschlüssel-Symbol)

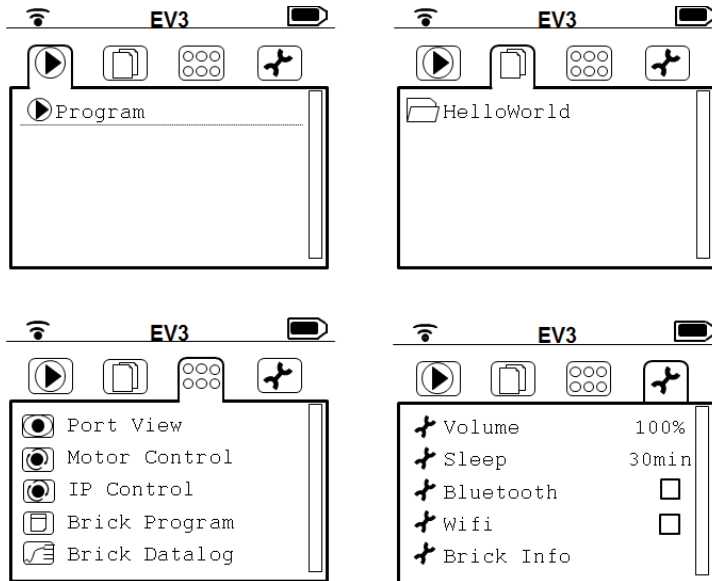


Abb. 1.5: Menüstruktur des EV3-Steins

Während bei den ersten beiden Menüpunkten die jeweiligen auf dem EV3-Stein geladenen Programme und Projekte ausgewählt und ausgeführt werden können, kann mit den Kontrollinstrumenten und Einstellungen die Funktionalität des EV3-Steins überprüft oder geändert werden. Das Menü EV3-KONTROLLINSTRUMENTE bietet beispielsweise die Möglichkeit, die Motoren und den Infrarotsensor zu testen oder im Menüpunkt BRICK DATALOG die angeschlossenen Motor- und Sensorwerte anzuzeigen. Mit dem Menü BRICK PROGRAMM (der sogenannten: On-Brick-Programmierung) können erste einfache (Test-)Programme erstellt werden, wobei die Handhabung leider nicht sehr intuitiv ist.

Ebenso wie der NXT verfügt der EV3 auch über einen Lautsprecher, mit dem sowohl einzelne Töne als auch ganze Sound-Dateien abgespielt werden können.

Zur eigenen Energieversorgung und zum Betrieb der angeschlossenen elektronischen Komponenten benötigt der Stein sechs handelsübliche AA-Batterien.

Hinweis

Wir empfehlen aus Kosten- und Umweltschutzgründen, wiederaufladbare Batterien bzw. den bei LEGO® Education erhältlichen Akku-Pack zu verwenden. Das Akku-Pack kann direkt am EV3 geladen werden. Hierfür kann das Ladegerät der NXT-2.0-Serie verwendet werden – LEGO® Transformator 8887 (10V).