



Komplett  
in Farbe!

# LEGO® - EV3-ROBOTER

Laurens Valk

Bauen und programmieren lernen  
mit LEGO® MINDSTORMS® EV3



# **LEGO®-EV3- ROBOTER**

**Bauen und programmieren lernen  
mit LEGO® MINDSTORMS® EV3**

**Laurens Valk**



**dpunkt.verlag**

Laurens Valk

Lektorat: Dr. Michael Barabas

Übersetzung: G&U Language Et Publishing Services GmbH, [www.gundu.com](http://www.gundu.com)

Satz: G&U Language Et Publishing Services GmbH, [www.gundu.com](http://www.gundu.com)

Copy-Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg

Herstellung: Susanne Bröckelmann

Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, [www.exclam.de](http://www.exclam.de)

Druck und Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

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:

Buch 978-3-86490-151-5

PDF 978-3-86491-593-2

ePub 978-3-86491-594-9

1. Auflage 2015

Copyright der deutschen Übersetzung © 2015 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17 · 69123 Heidelberg

Copyright der amerikanischen Originalausgabe: © 2014 by Laurens Valk

Titel der Originalausgabe: The LEGO® MINDSTORMS® EV3 Discovery Book: a beginner's guide to building and programming robots

No Starch Press, Inc. · 245 8th Street, San Francisco, CA 94103 | [www.nostarch.com](http://www.nostarch.com)

ISBN-10: 1-59327-532-3

ISBN-13: 978-1-59327-532-7

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware- Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

LEGO, LEGO-Figuren und LEGO-Bausteine sind Warenzeichen der LEGO-Gruppe.

Dieses Buch ist von der LEGO-Gruppe weder unterstützt noch autorisiert worden.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert.

Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die im Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen

5 4 3 2 1 0

Papier  
plus<sup>+</sup>  
PDF.

Zu diesem Buch – sowie zu vielen weiteren dpunkt.büchern – können Sie auch das entsprechende E-Book im PDF-Format herunterladen. Werden Sie dazu einfach Mitglied bei dpunkt.plus<sup>+</sup>:

[www.dpunkt.de/plus](http://www.dpunkt.de/plus)



## Der Autor

Laurens Valk ist ein niederländischer Robotikingenieur mit einem Bachelor-Grad in Maschinenbau der technischen Hochschule in Delft. Er ist Mitglied der MINDSTORMS Community Partners (MCP), einer Gruppe ausgewählter MINDSTORMS-Enthusiasten, die dabei helfen, neue MINDSTORMS-Produkte zu testen und zu entwickeln. Mit dem Bau von Robotern auf der Grundlage des EV3-Systems hat er 2012 begonnen, ein Jahr vor der offiziellen Freigabe. Einer seiner Entwürfe ist auf der EV3-Verpackung als offizieller Bonus-Roboter zu sehen.

Laurens entwirft gern Roboter und gestaltet Anleitungen für ihren Bau und ihre Programmierung, damit Roboterfans aus aller Welt seine Entwürfe nachbauen und mehr über Robotik lernen können. Er hat an mehreren LEGO-Robotikbüchern mitgewirkt, darunter an der ersten Ausgabe dieses Buches, dem Bestseller *LEGO-Roboter: Bauen und programmieren mit LEGO MINDSTORMS NXT 2.0* (dpunkt.verlag, 2011). Sein Blog über Robotik findest du auf <http://robotsquare.com/>.

## Der Fachgutachter

Claude Baumann unterrichtet seit 15 Jahren Robotik mit LEGO MINDSTORMS für Fortgeschrittene in Abendschulkursen. Er hat ULTIMATE ROBO LAB erfunden, eine compilerübergreifende Umgebung, die die grafische Programmierung der LEGO RCX-Firmware ermöglichte, und damit das einzige selbst-replizierende Programm der Welt für LEGO RCX geschrieben (manche nennen es auch einen Virus). Vor kurzem hat er als MINDSTORMS Community Partner (MCP) an der Entwicklung des neuen intelligenten EV3-Steins mitgewirkt. Er hat als Gutachter verschiedene Robotikprojekte an weiterführenden Schulen bewertet und ist Autor von *Eureka! Problem Solving with LEGO Robotics* (NTS Press, 2013), mehrerer Artikel und Konferenzpräsentationen. Sein besonderes Interesse gilt der robotischen Ortung von Schallquellen. Claude leitet ein Netz von Wohnheimen für weiterführende Schulen in Luxemburg. Er ist verheiratet, hat drei Kinder und drei großartige Enkelkinder.

# Danksagungen

An erster Stelle möchte ich den Lesern der ersten Ausgabe danken. Eure zahllosen E-Mails und Kommentare aus aller Welt stellten für mich eine Aufforderung dar, dieses Buch zu schreiben. Viele der neuen Themen sind durch eure Rückmeldung angeregt worden.

Dieses Buch folgt noch dem gleichen Grundprinzip und dem gleichen Aufbau wie die ursprüngliche Ausgabe, doch wegen des Wechsels von LEGO MINDSTORMS NXT zu EV3 war es notwendig, es von Grund auf neu zu schreiben. Das war nur dank der Hilfe vieler talentierter Personen möglich.

Mein großer Dank gilt Claude Baumann, der das Buch auf technische Genauigkeit durchgesehen und Verbesserungen vorgeschlagen hat. Ebenfalls möchte ich Marc-André Bazergui, Martijn Boogaarts, Kenneth Madsen und Xander Soldaat danken, die die Prototypen der in diesem Buch vorgestellten Roboter bereits 2012 getestet haben.

Weiterer Dank geht an die Mitarbeiter von No Starch Press, die die erste Ausgabe zu einem Erfolg gemacht und mit mir an dieser Neuausgabe gearbeitet haben. Danke an meinen Herausgeber William Pollock, meinen Lektor Seph Kramer, an Serena Yang, die das Projekt im Zeitplan gehalten hat, an Riley Hoffman und Alison Law für das Layout des Rohtextes auf bunten Seiten und an Leigh Poehler für die Beantwortung all meiner geschäftlichen Fragen im Laufe der letzten Jahre.

Danken möchte ich auch der LEGO-Gruppe, die einen so anregenden und lehrreichen Robotikbausatz entwickelt und die Community schon sehr früh in den Gestaltungsprozess einbezogen hat. Danke auch an das Team von LEGO MINDSTORMS EV3 – Camilla, David, Flemming, Henrik, Lars Joe, Lasse, Lee, Linda, Marie, Steven und Willem.

Des Weiteren bedanke ich mich bei der LDraw-Community, die die für die Erstellung der Bauanleitungen in diesem Buch erforderlichen Programme entwickelt hat. Insbesondere gilt mein Dank Philippe Hurbain, der die LDraw-3-D-Modelle für die EV3-Komponenten erstellt hat, Michael Lachmann für die Entwicklung von MLCad, Travis Cobbs für LDView, Keven Clague für LPub 4 und LSynth. Benso möchte ich John Hansen danken, dem Entwickler des EV3-Screenshotprogramms.

Abschließend möchte ich meinen Freunden und meiner Familie für ihre Unterstützung bei dem langwierigen Unternehmen danken, dieses Buch zu schreiben. Vor allem möchte ich Fabiënne danken, die nicht müde wurde, mich dazu zu ermutigen, das Projekt fertig zu stellen. Vielen Dank – du bist die Beste!

# Übersicht

Einleitung .....	xxi	
<b>Teil 1</b>	<b>Erste Schritte</b>	
Kapitel 1	Deinen EV3-Kasten vorbereiten .....	3
Kapitel 2	Baue deinen ersten Roboter .....	9
Kapitel 3	Programme erstellen und ändern .....	25
Kapitel 4	Arbeiten mit Programmierblöcken: Aktionsblöcke .....	35
Kapitel 5	Warten, wiederholen, Eigene Blöcke und Multitasking .....	49
<b>Teil 2</b>	<b>Roboter mit Sensoren programmieren</b>	
Kapitel 6	Wie Sensoren funktionieren .....	61
Kapitel 7	Den Farbsensor verwenden .....	75
Kapitel 8	Den Infrarotsensor verwenden .....	89
Kapitel 9	Die Stein-Tasten und Motorumdrehungssensoren verwenden .....	97
<b>Teil 3</b>	<b>Techniken des Roboterbaus</b>	
Kapitel 10	Mit Balken, Achsen, Verbindern und Motoren arbeiten .....	105
Kapitel 11	Mit Zahnrädern und Getrieben arbeiten .....	121
<b>Teil 4</b>	<b>Fahrzeuge und Robotertiere</b>	
Kapitel 12	Formel EV3: Ein Rennroboter .....	141
Kapitel 13	ANTY: Die Roboterameise .....	171
<b>Teil 5</b>	<b>Fortgeschrittene Programme erstellen</b>	
Kapitel 14	Datenleitungen nutzen .....	199
Kapitel 15	Datenblöcke und Eigene Blöcke mit Datenleitungen verwenden .....	227
Kapitel 16	Konstanten und Variablen verwenden .....	245
Kapitel 17	Spiele auf dem EV3 .....	253
<b>Teil 6</b>	<b>Maschinen und menschenähnliche Roboter</b>	
Kapitel 18	Der SNATCH3R: Ein autonomer Roboterarm .....	263
Kapitel 19	LAVA R3X: Ein Maschinenmensch, der geht und spricht .....	311
Anhang A	Fehlerbehebung für Programme, den EV3-Stein und drahtlose Verbindungen .....	351
Anhang B	On-Brick-Programme erstellen .....	359
Index .....	365	



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>xxi</b>
Wozu ist dieses Buch gut? .....	xxi
Ist dieses Buch etwas für dich? .....	xxi
Wie ist dieses Buch aufgebaut? .....	xxi
Selbst entdecken .....	xxi
Was ist in den einzelnen Kapiteln zu finden? .....	xxii
Die Begleitwebsite .....	xxii
Schlusswort .....	xxii

## TEIL 1 ERSTE SCHRITTE

### 1

<b>Deinen EV3-Kasten vorbereiten</b> .....	<b>3</b>
Was ist drin? .....	3
Der EV3-Stein .....	3
Technic-Elemente sortieren .....	5
Das Mission-Pad .....	5
Steuerung des Roboters .....	6
Die EV3-Software herunterladen und installieren .....	6
Zusammenfassung .....	7

### 2

<b>Baue deinen ersten Roboter</b> .....	<b>9</b>
Die Bauanleitungen .....	9
Den EXPLOR3R bauen .....	10
Ausgabeanschlüsse, Eingabeanschlüsse und Kabel .....	20
Der EV3-Stein .....	20
Den EV3 an- und ausschalten .....	21
Programme auswählen und ausführen .....	22
Den Roboter mit der Fernsteuerung lenken .....	22
Zusammenfassung .....	23

### 3

<b>Programme erstellen und ändern</b> .....	<b>25</b>
Ein schnelles erstes Programm .....	25
Ein einfaches Programm erstellen .....	27
1. Programmierpalette .....	27
2. Startblock .....	27
3. Programmierbereich .....	27
4. Hardwareseite .....	28

Projekte und Programme .....	29
5. Dateiverwaltung .....	29
6. Werkzeugleiste .....	30
7. Der Inhalts-Editor .....	32
Die offiziellen EV3-Roboter und die Bonusmodelle bauen .....	32
Zusammenfassung .....	33

## 4

### **Arbeiten mit Programmierblöcken: Aktionsblöcke ..... 35**

Wie funktionieren Programmierblöcke? .....	35
Der Bewegungslenkungsblock .....	35
Der Bewegungslenkungsblock in Aktion .....	35
Wie Modus und Einstellung funktionieren .....	37
Richtige Drehungen ausführen .....	39
<i>Selbst entdecken 1: Beschleunige</i> .....	39
<i>Selbst entdecken 2: Exakte Drehungen</i> .....	39
<i>Selbst entdecken 3: Beweg und dreh Dich</i> .....	39
<i>Selbst entdecken 4: Buchstabiere</i> .....	40
Der Klangblock .....	40
Die Konfiguration des Klangblocks .....	40
Der Klangblock in Aktion .....	41
<i>Selbst entdecken 5: In welche Richtung gehst Du?</i> .....	41
<i>Selbst entdecken 6: DJ spielen</i> .....	42
Der Anzeigeblock .....	42
Die Konfiguration des Anzeigeblocks .....	42
Der Anzeigeblock in Aktion .....	43
<i>Selbst entdecken 7: Untertitel</i> .....	44
<i>Selbst entdecken 8: Warten auf den Explor3r</i> .....	44
Der Stein-Statusleuchte-Block .....	44
<i>Selbst entdecken 9: Ampel</i> .....	45
Die An- und Aus-Modi in Bewegungsblöcken .....	45
<i>Selbst entdecken 10: Radio im Fahrmodus</i> .....	46
Die Blöcke Hebellenkung, Großer Motor und Mittlerer Motor .....	46
Weitere Experimente .....	46
<i>Selbst entdecken 11:</i>	
<i>Zeit, im Kreis zu fahren</i> .....	47
<i>Selbst entdecken 12: Navigator</i> .....	47
<i>Selbst entdecken 13: Robotänzer</i> .....	48
<i>Selbst konstruieren 1: Roboreiniger</i> .....	48
<i>Selbst konstruieren 2: Der Explor3r macht Kunst</i> .....	48

## 5

### **Warten, wiederholen, Eigene Blöcke und Multitasking ..... 49**

Der Warteblock .....	49
Die Einstellungen des Warteblocks .....	49
Der Warteblock in Aktion .....	49

Das Programm WaitDisplay .....	50
<i>Selbst entdecken 14: Hinterlasse eine Nachricht</i> .....	50
<i>Selbst entdecken 15: Timer für ein Brettspiel</i> .....	50
Der Schleifenblock .....	50
Den Schleifenblock einsetzen .....	50
Der Schleifenblock in Aktion .....	51
Schleifenblöcke innerhalb von Schleifenblöcken .....	51
<i>Selbst entdecken 16: Bewache den Raum</i> .....	52
<i>Selbst entdecken 17: Dreieck</i> .....	53
Blöcke selbst machen: Eigene Blöcke .....	53
Eigene Blöcke erstellen .....	53
Eigene Blöcke in Programmen verwenden .....	53
Eigene Blöcke bearbeiten .....	53
Eigene Blöcke in Projekten verwalten .....	53
<i>Selbst entdecken 18: Mein Quadrat</i> .....	56
<i>Selbst entdecken 19: Meine Melodie</i> .....	56
Multitasking .....	56
Mehrere Startblöcke .....	56
Eine Weiterleitung verzweigen .....	56
Ressourcenkonflikte vermeiden .....	57
Weitere Experimente .....	57
<i>Selbst entdecken 20: Multitasking</i> .....	57
<i>Selbst entdecken 21: Singletasking</i> .....	57
<i>Selbst entdecken 22: Komplizierte Muster</i> .....	58
<i>Selbst konstruieren 3: Mr. Explor3r</i> .....	58

## TEIL 2 ROBOTER MIT SENSOREN PROGRAMMIEREN

### 6

<b>Wie Sensoren funktionieren</b> .....	<b>61</b>
Was sind Sensoren? .....	62
Die Sensoren im EV3-Kasten .....	62
Funktionsweise des Berührungssensors .....	62
Die Stoßstange mit dem Berührungssensor bauen .....	62
Sensorwerte anzeigen .....	66
Sensoren programmieren .....	66
Sensoren und der Warteblock .....	66
<i>Selbst entdecken 23: Hello und Goodbye</i> .....	67
<i>Selbst entdecken 24: Hindernisse und schlechte Laune vermeiden</i> .....	67
<i>Selbst entdecken 25: Einfach drücken</i> .....	68
Sensoren und der Schleifenblock .....	68
<i>Selbst entdecken 26: Lustige Melodien</i> .....	69
Sensoren und der Schalterblock .....	69
<i>Selbst entdecken 27: Bleiben oder gehen?</i> .....	71
<i>Selbst entdecken 28: Schwere Entscheidungen</i> .....	71
Die Modi Vergleichen, Ändern und Messen .....	73

Weitere Experimente .....	74
<i>Selbst entdecken 29: Die Richtung wählen</i> .....	74
<i>Selbst entdecken 30: Warten, Schleife oder Schalter?</i> .....	74
<i>Selbst entdecken 31: Stein-Tasten</i> .....	74
<i>Selbst konstruieren 4: Einbruchsalarm</i> .....	74
<i>Selbst konstruieren 5: Lichtschalter</i> .....	74

## 7

<b>Den Farbsensor verwenden .....</b>	<b>75</b>
Den Farbsensor anschließen .....	75
Der Farbmodus .....	77
Innerhalb einer farbigen Linie bleiben .....	77
<i>Selbst konstruieren 6: Bulldozer</i> .....	78
Das Programm erstellen .....	78
Einer Linie folgen .....	79
Der Schalterblock im Messmodus .....	80
Der Modus Stärke des reflektierten Lichts .....	80
<i>Selbst entdecken 32: Erstelle deine eigene Teststrecke</i> .....	81
<i>Selbst entdecken 33: Am blauen Schild anhalten</i> .....	81
<i>Selbst entdecken 34: Nenne die Farbe</i> .....	81
<i>Selbst entdecken 35: SuperReflektor</i> .....	81
Einen Schwellenwert festlegen .....	82
Sensorwerte mit einem Schwellenwert vergleichen .....	82
Der Linie etwas sanfter folgen .....	83
Der Modus Stärke des Umgebungslichts .....	85
Der Stärke des Umgebungslichts messen .....	85
Eine Morse-Programm .....	85
<i>Selbst entdecken 36: Morgenalarm</i> .....	86
Weitere Experimente .....	86
<i>Selbst entdecken 37: Farbmarkierungen</i> .....	87
<i>Selbst entdecken 38: Ein Fingerabdruckscanner</i> .....	87
<i>Selbst entdecken 39: Farbmuster</i> .....	87
<i>Selbst entdecken 40: Hindernisse auf der Linie</i> .....	87
<i>Selbst entdecken 41: Ein verrückter Kurs</i> .....	88
<i>Selbst konstruieren 7: Türglocke</i> .....	88
<i>Selbst konstruieren 8: Ein sicherer Tresor</i> .....	88

## 8

<b>Den Infrarotsensor verwenden .....</b>	<b>89</b>
Der Nähemodus .....	89
Hindernissen ausweichen .....	90
Sensoren kombinieren .....	90
<i>Selbst entdecken 42: Nah heran</i> .....	90
<i>Selbst entdecken 43: Drei Sensoren</i> .....	90
Der Fernsteuerungsmodus .....	92
<i>Selbst entdecken 44: Die Fernbedienung sichern</i> .....	92
Der Modus Signal-Nähe .....	93

Der Modus Signal-Richtung .....	93
<i>Selbst entdecken 45: Sanfter Verfolger</i> .....	94
Sensormodi kombinieren .....	95
Weitere Experimente .....	95
<i>Selbst entdecken 46: Folge mir</i> .....	95
<i>Selbst entdecken 47: Echolot</i> .....	96
<i>Selbst konstruieren 9: Ein Bahnübergang</i> .....	96
<i>Selbst konstruieren 10: Ein narrensicherer Alarm</i> .....	96

## 9

### **Die Stein-Tasten und Motorumdrehungssensoren verwenden** ..... 97

Die Stein-Tasten verwenden .....	97
<i>Selbst entdecken 48: Eine lange Nachricht</i> .....	97
<i>Selbst entdecken 49: Eigenes Menü</i> .....	97
Den Drehsensor verwenden .....	98
Die Motorposition .....	98
Die Motorposition zurücksetzen .....	99
Die Drehgeschwindigkeit .....	99
<i>Selbst entdecken 50: Zurück zum Anfang</i> .....	100
<i>Selbst entdecken 51: Geschwindigkeit in Farbe</i> .....	100
Funktionsweise der Geschwindigkeitsregelung .....	101
Geschwindigkeitsregelung in der Praxis .....	101
Einen blockierten Motor stoppen .....	101
Weitere Experimente .....	102
<i>Selbst entdecken 52: Ferngesteuerte Stein-Tasten</i> .....	102
<i>Selbst entdecken 53: Hinderniserkennung bei geringer Geschwindigkeit</i> .....	102
<i>Selbst konstruieren 11: Vollautomatisches Haus</i> .....	102

## **TEIL 3   TECHNIKEN DES ROBOTERBAUS**

### 10

### **Mit Balken, Achsen, Verbindern und Motoren arbeiten** ..... 105

Balken und Rahmen verwenden .....	106
Balken verlängern .....	106
Rahmen verwenden .....	106
Konstruktionen mit Balken verstärken .....	107
Winkelbalken verwenden .....	107
<i>Selbst entdecken 54: Größere Dreiecke</i> .....	108
Das Lego-Raster .....	108
<i>Selbst entdecken 55: Winkelkombinationen</i> .....	110
Achsen und Kreuzlöcher verwenden .....	110
Verbinder verwenden .....	111
Achsen verlängern .....	111
Parallele Balken verbinden .....	111
Balken im rechten Winkel verbinden .....	111
Parallele Balken befestigen .....	111
<i>Selbst entdecken 56: Konstruktive Verbinder</i> .....	113

Halbe Lego-Einheiten nutzen .....	114
<i>Selbst entdecken 57: Balken mit einem halben M</i> .....	114
Dünne Elemente verwenden .....	114
Flexible Konstruktionen bauen .....	114
Mit Motoren und Sensoren bauen .....	115
Mit dem großen Motor bauen .....	115
Balken an den die Motorwelle anschließen .....	118
Mit dem mittleren Motor bauen .....	118
Mit Sensoren bauen .....	119
Verschiedene Elemente .....	119
Weitere Experimente .....	119
<i>Selbst konstruieren 12: Raupenantrieb</i> .....	119
<i>Selbst konstruieren 13: Ein Tischreiniger</i> .....	120
<i>Selbst konstruieren 14: Ein Vorhangöffner</i> .....	120

## 11

### Mit Zahnrädern und Getrieben arbeiten ..... 121

Getriebe-Grundlagen .....	121
<i>Selbst entdecken 58: Zahnräder beobachten</i> .....	122
Ein genauerer Blick auf Zahnräder .....	122
Das Übersetzungsverhältnis zweier Zahnräder berechnen .....	123
Die Geschwindigkeit des Ausgangszahnrads berechnen .....	123
Das benötigte Übersetzungsverhältnis berechnen .....	123
Die Rotationsgeschwindigkeit verringern und vergrößern .....	123
<i>Selbst entdecken 59: Getriebemathematik</i> .....	124
Was ist ein Drehmoment? .....	124
Größere Getriebe bauen .....	125
<i>Selbst entdecken 60: Vorhersehbare Bewegung</i> .....	127
<i>Selbst entdecken 61: Gesamtrichtung</i> .....	127
Reibung und Schlupf .....	128
Die Zahnräder im EV3-Kasten .....	128
Mit dem Einheitenraster arbeiten .....	129
Kegel- und Doppelkegelräder verwenden .....	130
Rechtwinklige Verbindungen im Einheitenraster .....	130
<i>Selbst entdecken 62: Optionen für rechte Winkel</i> .....	133
<i>Selbst entdecken 63: Starke Getriebe</i> .....	133
Kugelhahnräder verwenden .....	133
Schneckenräder verwenden .....	133
<i>Selbst entdecken 64: Schneckenantrieb</i> .....	134
Stabile Getriebekonstruktionen .....	134
Zahnräder mit Balken flankieren .....	134
Achsenverdrehung verhindern .....	135
Die Drehrichtung umkehren .....	135
Mit Zahnrädern und EV3-Motoren bauen .....	135
Weitere Experimente .....	137
<i>Selbst konstruieren 15: Dragster</i> .....	137
<i>Selbst konstruieren 16: Schneckenroboter</i> .....	137
<i>Selbst konstruieren 17: Ein Schornsteinkletterer</i> .....	137
<i>Selbst konstruieren 18: Drehscheibe</i> .....	138
<i>Selbst konstruieren 19: Roboterarm</i> .....	138

## TEIL 4 FAHRZEUGE UND ROBOTERTIERE

### 12

<b>Formel EV3: Ein Rennroboter</b> .....	<b>141</b>
Den Formel-EV3-Rennwagen bauen .....	142
Fahren und Lenken .....	163
Eigene Blöcke für die Lenkung erstellen .....	163
Die Eigenen Blöcke testen .....	166
Das Fernsteuerprogramm schreiben .....	166
Selbstständig fahren .....	168
Weitere Experimente .....	168
<i>Selbst entdecken 65: Überlenkungsexperimente</i> .....	168
<i>Selbst entdecken 66: Nachtrennen</i> .....	168
<i>Selbst entdecken 67: Das verrückte Gaspedal</i> .....	169
<i>Selbst entdecken 68: Ein blinkendes Rücklicht</i> .....	169
<i>Selbst entdecken 69: Unfallerkennung</i> .....	169
<i>Selbst konstruieren 20: Schneller fahren</i> .....	170
<i>Selbst konstruieren 21: Ein Wagen-Upgrade</i> .....	170

### 13

<b>ANTY: Die Roboterameise</b> .....	<b>171</b>
Der Laufmechanismus .....	172
ANTY bauen .....	173
ANTY zum Gehen bringen .....	190
Den gegenüberliegenden Eigenen Block erstellen .....	190
Hindernissen ausweichen .....	190
Das Verhalten programmieren .....	191
Futter suchen .....	191
Die Umgebung überwachen .....	191
Weitere Experimente .....	194
<i>Selbst entdecken 70: Fernsteuerung</i> .....	194
<i>Selbst entdecken 71: Nachtwespen</i> .....	194
<i>Selbst entdecken 72: Hungrige Roboter</i> .....	194
<i>Selbst konstruieren 22: Eine Roboterspinnne</i> .....	194
<i>Selbst konstruieren 23: Fühler</i> .....	195
<i>Selbst konstruieren 24: Fürchterliche Klauen</i> .....	195

## TEIL 5 FORTGESCHRITTENE PROGRAMME ERSTELLEN

### 14

<b>Datenleitungen nutzen</b> .....	<b>199</b>
Den SK3TCHBOT bauen .....	200
Erste Schritte mit Datenleitungen .....	210
<i>Selbst entdecken 73: Klang je nach Entfernung</i> .....	210

Mit Datenleitungen arbeiten .....	211
Den Wert in einer Datenleitung ansehen .....	211
Eine Datenleitung löschen .....	212
Datenleitungen zwischen Programmen .....	212
Mehrere Datenleitungen verwenden .....	212
Blöcke mit Datenleitungen wiederholen .....	213
<i>Selbst entdecken 74: Balkengraphen</i> .....	213
<i>Selbst entdecken 75: Ein erweiterter Graph</i> .....	214
Datenleitungstypen .....	214
Numerische Datenleitungen .....	214
Logische Datenleitungen .....	214
<i>Selbst entdecken 76: Sanftes Anhalten</i> .....	214
Textdatenleitungen .....	215
Numerische und logische Arrays .....	215
Typumwandlung .....	215
Sensorblöcke verwenden .....	217
Der Modus Messen .....	217
Der Modus Vergleichen .....	218
Der Wertebereich von Datenleitungen .....	219
<i>Selbst entdecken 77: Ein Sensor-Gaspedal</i> .....	219
<i>Selbst entdecken 78: Eine eigene Anschlussansicht</i> .....	219
<i>Selbst entdecken 79: Größenvergleich</i> .....	219
Fortgeschrittene Programmablaufblöcke .....	220
Datenleitungen und der Warteblock .....	220
Datenleitungen und der Schleifenblock .....	220
Datenleitungen und der Schalterblock .....	221
<i>Selbst entdecken 80: IR-Beschleunigung</i> .....	221
Der Schleifen-Interrupt-Block .....	223
<i>Selbst entdecken 81: Unterbrechungen unterbrechen</i> .....	225
Weitere Experimente .....	225
<i>Selbst entdecken 82: Sensorübungen</i> .....	225
<i>Selbst entdecken 83: Leistung vs. Geschwindigkeit</i> .....	225
<i>Selbst entdecken 84: Die wirkliche Richtung</i> .....	226
<i>Selbst entdecken 85: SK3TCHBOT beobachtet dich</i> .....	226
<i>Selbst konstruieren 25: Bionische Hand</i> .....	226
<i>Selbst entdecken 86: Oszilloskop</i> .....	226

## 15

### **Datenblöcke und Eigene Blöcke mit Datenleitungen verwenden ..... 227**

Datenblöcke verwenden .....	227
Der Matheblock .....	228
<i>Selbst entdecken 87: 100%-Mathe</i> .....	228
<i>Selbst entdecken 88: Addierte Werte</i> .....	230
<i>Selbst entdecken 89: Infrarot-Geschwindigkeit</i> .....	230
<i>Selbst entdecken 90: Doppelte Infrarot-Geschwindigkeit</i> .....	230
<i>Selbst entdecken 91: Zuwachsteuerung</i> .....	230
<i>Selbst entdecken 92: Richtungssteuerung</i> .....	230

Der Zufallsblock .....	231
<i>Selbst entdecken 93: Zufallsfrequenz</i> .....	231
Der Vergleichsblock .....	232
<i>Selbst entdecken 94: Zufälliger Motor und Geschwindigkeit</i> .....	232
Der Block Logische Verknüpfungen .....	233
<i>Selbst entdecken 95: Logiksensoren</i> .....	234
<i>Selbst entdecken 96: Auf drei Sensoren warten</i> .....	234
Der Bereichsblock .....	234
Der Rundungsblock .....	235
Der Textblock .....	235
<i>Selbst entdecken 97: Countdown</i> .....	236
Eigene Blöcke mit Datenleitungen erstellen .....	236
Ein Eigener Block mit Eingabe .....	236
Eigene Blöcke bearbeiten .....	239
<i>Selbst entdecken 98: Eigene Einheiten</i> .....	239
<i>Selbst entdecken 99: Erweiterte Anzeige</i> .....	239
Ein Eigener Block mit Ausgabe .....	240
<i>Selbst entdecken 100: Entfernungsdurchschnitt</i> .....	241
<i>Selbst entdecken 101: Annäherungsrate</i> .....	241
Ein Eigener Block mit Ein- und Ausgabe .....	242
<i>Selbst entdecken 102: Kreisberechnungen</i> .....	243
Strategien für Eigene Blöcke .....	243
Ausgangspunkte für Eigene Blöcke .....	243
Eigene Blöcke zwischen Projekten austauschen .....	243
Weitere Experimente .....	243
<i>Selbst entdecken 103: Ist es eine ganze Zahl?</i> .....	244
<i>Selbst entdecken 104: Doppelt blockiert</i> .....	244
<i>Selbst entdecken 105: Reflextest</i> .....	244
<i>Selbst konstruieren 26: Roboter-Stoppuhr</i> .....	244

## 16

<b>Konstanten und Variablen verwenden</b> .....	<b>245</b>
Konstanten verwenden .....	245
Variablen verwenden .....	245
Variablen definieren .....	246
Den Variablenblock einsetzen .....	246
<i>Selbst entdecken 106: Alt vs. Neu</i> .....	248
<i>Selbst entdecken 107: Vorher vs. Neu</i> .....	248
Variablenwerte ändern und erhöhen .....	249
Variablen initialisieren .....	249
Einen Durchschnitt berechnen .....	250
Weitere Experimente .....	251
<i>Selbst entdecken 108: Hoch- und runterzählen</i> .....	251
<i>Selbst entdecken 109: Ein begrenzter Durchschnitt</i> .....	251
<i>Selbst entdecken 110: Zufallsprüfung</i> .....	251
<i>Selbst entdecken 111: Dichteste Annäherung</i> .....	252
<i>Selbst konstruieren 27: Ein eigener Zähler</i> .....	252

## 17

<b>Spiele auf dem EV3</b> .....	<b>253</b>
Schritt 1: Einfache Zeichnungen erstellen .....	254
Eigener Block 1: Clear .....	254
Eigener Block 2: Coordinates .....	254
Das Basisprogramm fertigstellen .....	254
Schritt 2: Die Stiftsteuerung hinzufügen .....	255
Den Stift bewegen, ohne zu zeichnen .....	255
Den Stift in einen Radiergummi verwandeln .....	255
Den Bildschirm löschen .....	257
Die Stiftstärke festlegen .....	257
<i>Selbst entdecken 112: Roboterkünstler</i> .....	259
<i>Selbst entdecken 113: Force Feedback</i> .....	259
<i>Selbst entdecken 114: Stiftzeiger</i> .....	259
Weitere Experimente .....	259
<i>Selbst entdecken 115: Ein Arcade-Spiel</i> .....	259
<i>Selbst entdecken 116: Ein Gehirntrainer</i> .....	260
<i>Selbst konstruieren 28: Ein Plotter</i> .....	260

## TEIL 6 MASCHINEN UND MENSCHENÄHNLICHE ROBOTER

## 18

<b>Der SNATCH3R: Ein autonomer Roboterarm</b> .....	<b>263</b>
Der Greifer .....	263
Der Greifmechanismus .....	265
Der Hubmechanismus .....	265
Den SNATCH3R bauen .....	266
Den Greifmechanismus steuern .....	299
Eigener Block 1: Grab .....	299
Eigener Block 2: Reset .....	299
Eigener Block 3: Release .....	299
Das Fernsteuerungsprogramm schreiben .....	300
<i>Selbst entdecken 117: Erweiterte Fernsteuerung</i> .....	301
<i>Selbst entdecken 118: Geschwindigkeitsregelung über die Fernsteuerung</i> .....	301
Probleme mit dem Greifer beheben .....	301
Die IR-Fernsteuerung suchen .....	301
Den IR-Käfer bauen .....	301
Eigener Block 4: Search .....	303
<i>Selbst entdecken 119: Signalbestätigung</i> .....	307
Das endgültige Programm schreiben .....	307
Weitere Experimente .....	308
<i>Selbst entdecken 120: Den Roboter beschäftigt halten</i> .....	309
<i>Selbst entdecken 121: Einer Spur folgen</i> .....	309
<i>Selbst entdecken 122: Objekte in der Nähe finden</i> .....	309
<i>Selbst konstruieren 29: Bagger</i> .....	309

## 19

<b>LAVA R3X: Ein Maschinenmensch, der geht und spricht</b> .....	<b>311</b>
Die Beine bauen .....	312
Den Roboter zum Gehen bringen .....	330
Eigener Block 1: Reset .....	330
Eigener Block 2: Return .....	330
Eigener Block 3: OnSync .....	332
Eigener Block 4: Left .....	334
Die ersten Schritte machen .....	334
<i>Selbst entdecken 123: Der Eigene Block Walk</i> .....	335
<i>Selbst entdecken 124: Umkehren</i> .....	335
<i>Selbst entdecken 125: Rechts um!</i> .....	335
Den Kopf und die Arme bauen .....	335
Den Kopf und die Arme steuern .....	344
Eigener Block 5: Head .....	344
Hindernissen ausweichen und auf Händeschütteln reagieren .....	344
Weitere Experimente .....	347
<i>Selbst entdecken 126: Tanzende Roboter</i> .....	347
<i>Selbst entdecken 127: groß ist die Abweichung?</i> .....	348
<i>Selbst entdecken 128: Der Roboter als Aufpasser</i> .....	348
<i>Selbst entdecken 129: Der Roboter als Begleiter</i> .....	348
<i>Selbst entdecken 130: Arme und Beine synchronisieren</i> .....	348
<i>Selbst entdecken 131: Den Roboter fernsteuern</i> .....	348
<i>Selbst entdecken 132: Tamagotchi</i> .....	349
<i>Selbst konstruieren 30: Zweibeiniger Roboter</i> .....	349

## A

<b>Fehlerbehebung für Programme, den EV3-Stein und drahtlose Verbindungen</b> .....	<b>351</b>
Kompilierungsfehler beheben .....	351
Fehlende Eigene Blöcke .....	351
Fehler in Programmierblöcken .....	351
Fehlende Variablendefinitionen .....	352
Laufende Programme korrigieren .....	352
Fehlerbehebung auf dem EV3-Stein .....	354
Die Hardwareseite .....	354
Probleme mit der USB-Verbindung lösen .....	355
Den EV3-Stein neu starten .....	355
Die EV3-Firmware aktualisieren .....	355
Datenverluste mit einer microSD-Karte verhindern .....	356
Drahtlose EV3-Programmierung .....	356
Programme über Bluetooth auf den EV3-Stein herunterladen .....	356
Programme über eine WLAN-Verbindung auf den EV3-Stein herunterladen .....	358
Bluetooth oder WLAN? .....	358
Zusammenfassung .....	358

## **B**

<b>On-Brick-Programme erstellen</b> .....	<b>359</b>
On-Brick-Programme erstellen, speichern und ausführen .....	359
Blöcke zu der Schleife hinzufügen .....	359
Die Einstellungen eines Blocks festlegen .....	360
Programme ausführen .....	360
Programme speichern und öffnen .....	360
On-Brick-Programmierblöcke verwenden .....	361
On-Brick-Programme importieren .....	361
Zusammenfassung .....	363
 <b>Index</b> .....	 <b>365</b>

# Einleitung

Bist du bereit, die faszinierende Welt der Robotik zu betreten? Wenn du dieses Buch liest, gehe ich davon aus, dass du den Robotikbausatz LEGO MINDSTORMS EV3 als Lernmittel ausgewählt hast – eine kluge Entscheidung.

Meinen ersten Kontakt mit MINDSTORMS hatte ich 2005 im Alter von 13 Jahren mit dem Robotics Invention System, das damals erhältlich war. Es begann als Hobby, ich fand Roboter so faszinierend, das ich mich zu einer Laufbahn als Ingenieur entschloss. LEGO MINDSTORMS bot eine hervorragende Möglichkeit, um mich mit vielen Prinzipien der Robotik und des Maschinenbaus vertraut zu machen, z. B. Programmierung und Verwendung von Motoren und Sensoren.

Dieses Buch soll dir helfen, die vielen Möglichkeiten von MINDSTORMS auszuprobieren. Ich hoffe, dass du dabei genauso viel Spaß mit diesem Robotikbausatz hast wie ich und dass du eine Menge dabei lernst!

## Wozu ist dieses Buch gut?

Der Robotikbausatz LEGO MINDSTORMS EV3 enthält zahlreiche Teile sowie Anleitungen für fünf Roboter. Es macht zwar viel Spaß, diese Roboter zu bauen und zu programmieren, aber als Anfänger kann es eine ziemliche Herausforderung sein, auf eigene Faust über diese Modelle hinauszugehen. Der Baukasten enthält zwar alles, was du brauchst, um die Roboter zum Funktionieren zu bringen, aber die Bedienungsanleitung deckt nur einen Bruchteil dessen ab, was du wissen musst, um eigene Roboter zu bauen und zu programmieren.

Dieses Buch soll als Leitfaden dienen, mit dessen Hilfe du die Möglichkeiten von LEGO MINDSTORMS EV3 ausloten und lernen kannst, deine eigenen Roboter zu erfinden, zu bauen und zu programmieren.

## Ist dieses Buch etwas für dich?

In diesem Buch werden keine vorherigen Erfahrungen mit dem Bau oder der Programmierung mit LEGO MINDSTORMS vorausgesetzt. Du gehst hier von grundlegender zu immer anspruchsvollerer Programmierung über und lernst immer kompliziertere Roboter zu bauen. Anfänger sollten mit Kapitel 1 beginnen und dann den Schritt-für-Schritt-Anleitungen in Kapitel 2 folgen, um einen einfachen Roboter zu bauen und zu programmieren. Wenn du bereits Erfahrungen mit MINDSTORMS hast, kannst du auch einfach mit einem Kapitel anfangen, das dich interessiert, und von dort aus weitermachen. Die Kapitel zur erweiterten

Programmierung in Teil V und die Roboterdesigns in Teil VI sind vor allem für Leser mit mehr Erfahrung interessant.

## Wie ist dieses Buch aufgebaut?

Du kannst das Buch zwar auch zum Nachschlagen verwenden, aber es ist eigentlich als Arbeitsbuch angelegt. Ich habe Bau, Programmierung und Probleme der Robotik gemischt, um zu verhindern, dass du dich mühselig durch lange Kapitel voller Theorie kämpfen musst.

Beispielsweise lernst du grundlegenden Programmieretechniken kennen, während du erfährst, wie du deinen ersten Roboter in Bewegung setzen kannst, und erfährst mehr über fortgeschrittene Programmierer, während du weitere Roboter baust. Dieses Buch verfolgt den Ansatz des Lernens durch Ausprobieren, was meiner Meinung nach die beste Möglichkeit ist, um das Bauen und Programmieren von MINDSTORMS-Robotern zu erlernen.

### Selbst entdecken

Um die in den einzelnen Kapiteln besprochenen Prinzipien zu verinnerlichen, habe ich viele Aufgaben mit dem Titel *Selbst entdecken* eingestreut. Darin wirst du aufgefordert, die Beispielprogramme zu erweitern oder ganz neue Programme zu schreiben. Nachdem du beispielsweise gelernt hast, wie du Töne abspielt und Text auf dem Bildschirm anzeigst, wirst du dazu aufgefordert, ein Programm zu schreiben, mit dem der Roboter auf dem Bildschirm Untertitel anzeigt, während er spricht.

Am Ende vieler Kapitel findest du auch Aufgaben unter dem Titel *Selbst konstruieren*, die dir Anregungen geben, um den in dem Kapitel gebauten Roboter zu ändern oder zu verbessern. Beispielsweise wirst du dazu aufgefordert, einen Rennroboter schneller zu machen, indem du ein Getriebe zwischen Motor und Räder einschaltest, oder gar einen neuen Roboter zu bauen, der aus deinem EV3 eine Alarmanlage macht!

### Schwierigkeitsgrad und Zeit

Als Entscheidungshilfe dafür, welche der *Selbst-entdecken*-Aufgaben du angehen möchtest, habe ich jeweils den Schwierigkeitsgrad angegeben. Leichte Aufgaben (☐) können gewöhnlich dadurch gelöst werden, indem du ein Programm mit ähnlichen Techniken wie im Beispiel schreibst oder erweiterst. Der mittlere Schwierigkeitsgrad (☐☐) ermutigt dich, weiter Ausschau zu halten und die neue Theorie mit einigen zuvor gelernten Techniken zu kombinieren. Schwierige Aufgaben (☐☐☐) stellen dich und deine Kreativität vor die Herausforderung, über die vorgestellten Beispiele hinauszugehen.

Bei der Einschätzung des Schwierigkeitsgrads bin ich davon ausgegangen, dass du die Kapitel in der vorgegebenen Reihenfolge liest.

Eine Aufgabe, die in Kapitel 4 als schwer gekennzeichnet ist, ist daher im Gegensatz zu einer schweren Aufgabe aus Kapitel 19 ganz leicht.

Außerdem habe ich bei den *Selbst-entdecken*-Aufgaben jeweils angegeben, wie viel Zeit du in etwa zur Lösung brauchst. Auch hier reicht die Skala von kurz (🕒) über mittel (🕒🕒) zu lange (🕒🕒🕒). Bei kurzen Aufgaben ist es gewöhnlich nur erforderlich, einige wenige Änderungen an dem Beispielprogramm vorzunehmen, während du für die langwierigen ein komplett neues Programm erstellen musst.

Die *Selbst-konstruieren*-Aufgaben nehmen in der Regel mehr Zeit in Anspruch, da es hierbei um Bau und Programmierung geht. Bei ihnen habe ich jeweils den zu erwartenden Aufwand für das Bauen (🌀) und für die Programmierung (📄) angegeben.

## Lösungen finden

Bei einigen Aufgaben sind ein oder zwei Hinweise als Anhaltspunkte gegeben, aber es gibt jeweils viele Möglichkeiten, um sie zu lösen. Es spielt keine Rolle, wenn du dich nicht genau an die Orientierungshilfen hältst. Schließlich kann es durchaus sein, dass du auf eine innovative Lösung gekommen bist, die mir nicht eingefallen ist!

Die Schwierigkeitsgrade und Zeitangaben der Aufgaben sind nur Schätzwerte. Mach dir keine Sorgen, wenn du zur Lösung eines Problems etwas mehr Zeit brauchst. Hauptsache, du hast Spaß, wenn du diese Herausforderungen annimmst!

Lösungen für einige der *Selbst-entdecken*-Aufgaben findest du auf <http://ev3.robotsquare.com/>. Sie können dir als Ausgangspunkt dienen. Um Aufgaben zu lösen, für die keine Lösungen zum Download bereitstehen, musst du deine eigene Kreativität einsetzen.

## Was ist in den einzelnen Kapiteln zu finden?

Die folgenden Abschnitte geben dir einen Überblick über die sechs Teile dieses Buchs. Einige der Begriffe, die hier fallen, sind dir vermutlich neu. Wenn du das Buch liest, wirst du aber erfahren, was es damit auf sich hat.

### Teil I: Erste Schritte

Teil I beginnt mit der Beschreibung des Inhalts des Robotikbausatzes EV3 in Kapitel 1. In Kapitel 2 baust du deinen ersten Roboter und lernst den EV3-Stein kennen. Die EV3-Software zur Programmierung der Roboter wird in Kapitel 3 vorgestellt. In Kapitel 4 erfährst du, wie du diese Software dazu verwendest, um einen Roboter in Bewegung zu setzen, indem du dein erstes Programm mit den grundlegenden Programmierblöcken schreibst. In Kapitel 5 lernst du unverzichtbare Programmier Techniken kennen, z. B. um deinen Roboter Handlungen wiederholen oder mehrere Dinge gleichzeitig tun zu lassen.

### Teil II: Roboter mit Sensoren programmieren

In diesem Teil lernst du alles über Sensoren, die wichtige Bestandteile von MINDSTORMS-Robotern sind. In Kapitel 6 fügst du dem zuvor gebauten Roboter einen Berührungssensor hinzu und lernst die zur Verwendung von Sensoren erforderlichen Programmier Techniken

kennen. Danach geht es weiter mit dem Farbsensor in Kapitel 7, dem Infrarotsensor und dem Infrarotsender in Kapitel 8 und zwei Arten von eingebauten Sensoren in Kapitel 9.

### Teil III: Techniken des Roboterbaus

Dieser Teil behandelt die LEGO Technic-Bauelemente, die im EV3-Kasten enthalten sind. Du lernst in Kapitel 10, wie du Balken, Achsen und Verbinder verwendest. Um Zahnräder geht es in Kapitel 11.

### Teil IV: Fahrzeuge und Tierroboter

Nachdem du den Umgang mit Motoren und Sensoren gelernt hast, baust du zwei Roboter, mit denen du diese neuen Fähigkeiten unter Beweis stellst, nämlich das Formel-EV3-Rennauto in Kapitel 12 und die Roboterameise ANTY in Kapitel 13.

### Teil V: Fortgeschrittene Programme

Teil V behandelt Programmier Techniken für Fortgeschrittene. Du erfährst hier etwas über Datenleitungen (Kapitel 14), über die Verarbeitung von Sensorwerten und über Berechnungen auf dem EV3-Stein (Kapitel 15) und darüber, wie du den Roboter dazu bringst, sich etwas mithilfe von Variablen zu merken (Kapitel 16). In Kapitel 17 schließlich kombinierst du all diese Programmier Techniken, um einen Roboter zu bauen, mit dem du den EV3-Bildschirm ähnlich wie eine Zaubertafel verwenden kannst.

### Teil VI: Maschinen und menschenähnliche Roboter

Nachdem du Motoren, Sensoren und anspruchsvolle Programmier Techniken kennengelernt hast, baust du in diesem Teil zwei komplizierte Roboter. In Kapitel 18 konstruierst und programmierst du den SNATCH3R, einen autonomen Roboterarm, der die Infrarotfernbedienung selbstständig finden, packen, anheben und transportieren kann.

In Kapitel 19 schließlich baust du den LAVA R3X, den menschenähnlichen Roboter vom Titelbild, der geht und spricht. Die Gestaltung geht auf den legendären Alpha Rex aus der vorherigen LEGO MINDSTORMS-Generation zurück.

## Die Begleitwebsite

Auf der Begleitwebsite (<http://ev3.robotsquare.com/>) findest du Links zu anderen hilfreichen Websites, herunterladbare Versionen aller Beispielprogramme in diesem Buch und Lösungen für einige der *Selbst-entdecken*-Aufgaben.

# Schlusswort

MINDSTORMS regt die Kreativität und Erfindungsgabe von Konstrukteuren aller Altersstufen an. Schnapp dir also deinen EV3-Robotikbausatz, fang bei Kapitel 1 an zu lesen und betritt die kreative Welt von LEGO MINDSTORMS. Ich hoffe, dieses Buch dient dir als Anregung!

TEIL I

# Erste Schritte



# Deinen EV3-Kasten vorbereiten

Alle Roboter dieses Buchs können mit nur einem Lego-Mindstorms-EV3-Kasten gebaut werden (Lego-Katalognummer 31313). Wenn du diesen Kasten, gezeigt in Abbildung 1-1, besitzt, kann es schon losgehen. Wenn du die Schulversion des Kastens hast (#44554), findest du unter <http://ev3.robotsquare.com/> eine Liste mit den zusätzlich erforderlichen Teilen für die Projekte dieses Buchs.

In diesem Kapitel lernst du den EV3-Stein und die anderen Bestandteile des Kastens kennen. Außerdem wirst du die Software, die für die Roboterprogrammierung notwendig ist, herunterladen und sie installieren.

## Was ist drin?

Der Lego-Mindstorms-EV3-Kasten wird mit vielen Technic-Bauteilen und Elektronikkomponenten geliefert, wie z.B. Motoren, Sensoren, dem EV3-Stein, einer Fernsteuerung und Kabel (siehe Abbildung 1-2). Im Verlauf dieses Buches liest, lernst du die einzelnen Komponenten kennen. Zusätzlich findest du auf der Innenseite des Rückumschlags eine vollständige Liste der Bauteile.

EV3-Roboter verwenden große oder mittlere Motoren um ihre Räder, Arme und andere bewegliche Komponenten anzutreiben. Sie können mittels Sensoren ihre Umgebung wahrnehmen, z.B. die Farbe einer Oberfläche oder den ungefähren Abstand zu einem Objekt. Mit *Kabeln* werden die Motoren und Sensoren an den EV3-Stein angeschlossen. Die *Infrarotfernsteuerung*, oder einfach Fernsteuerung, steuert einen Roboter aus der Distanz.

### Der EV3-Stein

Der EV3-Stein, oder einfach der EV3, ist ein kleiner Computer, der die Motoren und Sensoren eines Roboters steuert, sodass er selbstständig umherfahren kann. Zum Beispiel wirst du in Kürze einen Roboter bauen, der sich automatisch von einem Objekt wegbewegt, das seinen Weg kreuzt. Wenn ein Sensor dem EV3 mitteilt, dass sich ein Objekt in der Nähe befindet, aktiviert der EV3 den Motor, und der Roboter fährt davon.



Abbildung 1-1: Der Lego-Mindstorms-EV3-Kasten (#31313) enthält alle Teile für die in diesem Buch vorgestellten Roboter.

Dein Roboter führt diese Aktionen mittels eines Programms aus, also einer Liste von Anweisungen, die dem Roboter normalerweise nacheinander gegeben werden. Programme erstellst du mit einem Computer, auf dem die Programmiersoftware des Lego Mindstorms EV3 installiert ist. Wenn du mit dem Erstellen eines Programms fertig bist, sendest du es über ein dem Kasten beiliegendes USB-Kabel an den EV3-Stein, und dein Roboter sollte dann tun, was die Programmierung vorsieht.

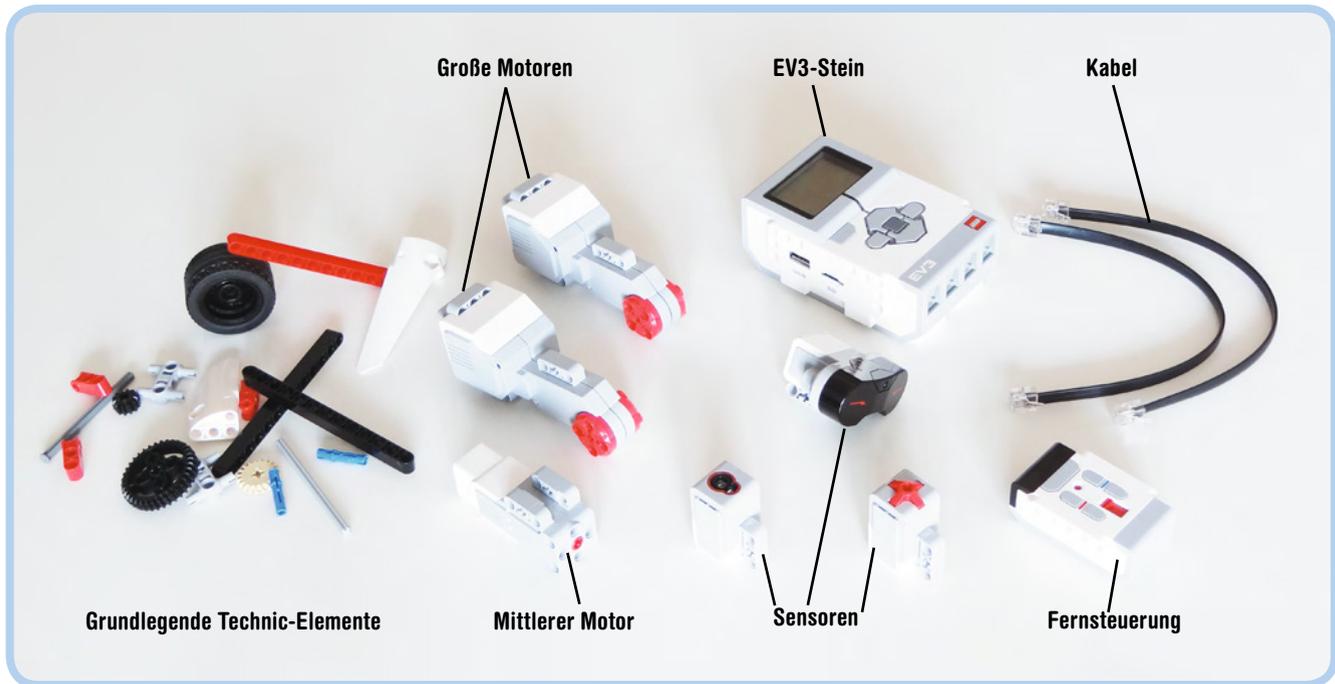


Abbildung 1-2: Der EV3-Kasten enthält grundlegende Technic-Elemente wie Motoren, Sensoren, den EV3-Stein eine Fernsteuerung und Kabel.

Um deinen EV3 mit Strom zu versorgen, legst du entweder sechs AA-Batterien ein (wie in Abbildung 1-3 gezeigt) oder verwendest den Lego-EV3-Akku (#45501) und das Ladegerät (#8887). Die Form des Akkupacks macht den EV3-Stein etwas größer. Die Roboter können alle auch mit dem Akkupack gebaut werden, mit Ausnahme des

TRACK3R-Roboters, der auf dem Baukasten gezeigt wird. Für dieses Modell musst du die Konstruktion ein wenig anpassen, um Platz zu schaffen.

Die Infrarotfernsteuerung versorgst du mittels zweier AAA-Batterien mit Strom.



Abbildung 1-3: Du kannst den EV3-Stein mithilfe von sechs AA-Batterien oder dem EV3-Akkupack mit Strom versorgen.

## Technic-Elemente sortieren

Um bei der Suche nach speziellen Technic-Teilen Zeit zu sparen, solltest du die Bauteile, wie in Abbildung 1-4 gezeigt, in einem Kasten sortieren. Dadurch wird es leichter, die Modelle dieses Buchs nachzubauen und später auch deine eigenen Roboter zu entwerfen. Du kannst so auf einen Blick sehen, wenn ein spezielles Bauteil zur Neige geht, und verschwendest keine Zeit damit, nach Teilen zu suchen, die du nicht hast.

Du sortierst die Elemente am besten nach ihrer Funktion. Zum Beispiel kannst du jeweils Balken, Zahnräder, Achsen usw. getrennt lagern. Wenn du nicht genügend Fächer für die einzelnen Elementtypen

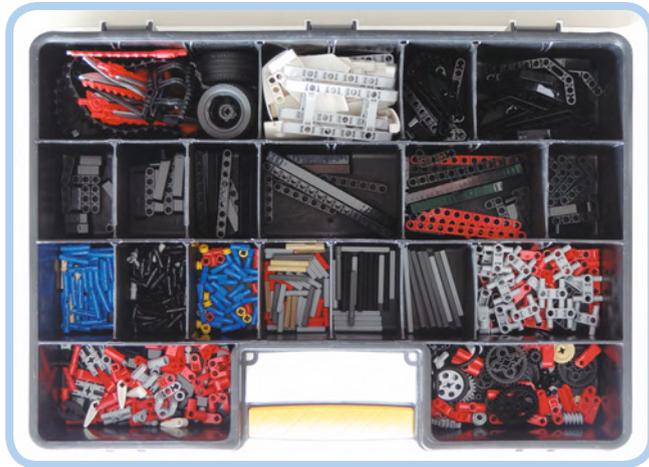


Abbildung 1-4: So könnte ein Sortierkasten für die Technic-Elemente eines EV3-Kastens aussehen.

hast, legst du solche Teile zusammen, die sich leicht unterscheiden lassen. Lege beispielsweise kurze graue Achsen und kurze rote Achsen in ein gemeinsames Fach statt grauer Achsen verschiedener Längen.

Der EV3-Kasten wird mit einer Reihe von Aufklebern geliefert, jeweils einer pro weißes Paneel-Element. Klebe die Aufkleber jetzt auf die Paneele, wie in Abbildung 1-5 gezeigt. Die Aufkleber helfen dir dabei, zu erkennen, welches Paneel (klein oder groß) du später in diesem Buch verwenden wirst.

## Das Mission-Pad

Die EV3-Schachtel enthält ein Mission-Pad, das du innen im Karton um den Kasten findest, wie es Abbildung 1-6 zeigt. Du kannst deine Roboter so programmieren, dass sie mit dem Pad interagieren und z.B.

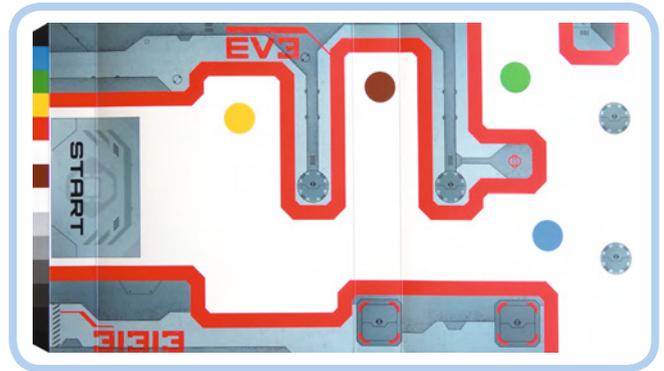


Abbildung 1-6: Das Mission-Pad. Du findest es auf der Innenseite des Umkartons des EV3-Kastens (markiert durch eine gestrichelte Linie und eine kleine Schere).



Abbildung 1-5: Um die Aufkleber passend auf die Paneele zu kleben, fügst du zuerst zusammengehörige Elemente mittels zweier schwarzer Pins zusammen, sodass sie besser ausgerichtet werden können. Anschließend entfernst du die Pins.

der dicken roten Linie folgen (siehe Kapitel 7). Für die Projekte dieses Buchs kannst du auch dein eigenes Pad verwenden, das du unter <http://ev3.robotsquare.com/> herunterladen und ausdrucken kannst.

## Steuerung des Roboters

Mit dem EV3-Kasten kannst du deinen Roboter auf verschiedene Weise steuern (siehe Abbildung 1-7). In diesem Buch lernst du mit der EV3-Programmiersoftware Anweisungen zu schreiben, die deinen Roboter bestimmte Dinge automatisch tun lassen. Du lernst aber auch, wie du deine Roboter mit einer Fernsteuerung steuerst. Du kannst deinem Roboter mit der Infrarotfernsteuerung aus dem EV3-Kasten Anweisungen geben, aber auch mit einer App, die dein Smartphone oder Tablet in eine solche Fernsteuerung verwandelt. Diese Anwendungen ermöglichen die Steuerung der Motoren und Sensoren deines Roboters

und können auch als Spezialfernsteuerung eingesetzt werden (siehe auch <http://ev3.robotsquare.com/>, wo du eine App-Liste findest).

## Die EV3-Software herunterladen und installieren

Bevor du Programme für deinen Roboter schreiben kannst, musst du die EV3-Software herunterladen und installieren. Für die folgenden Schritte benötigst du eine Internetverbindung.

(Wenn der Computer, den du für die Programmierung verwendest, nicht mit dem Internet verbunden ist, führe die Schritte 1 und 2 auf einem Computer mit Internetzugang aus und lade die Installationsdateien auf einen USB-Stick mit mindestens 1 GB Speicher. Dann kopiere sie auf den anderen Computer und fahre mit Schritt 3 fort.)

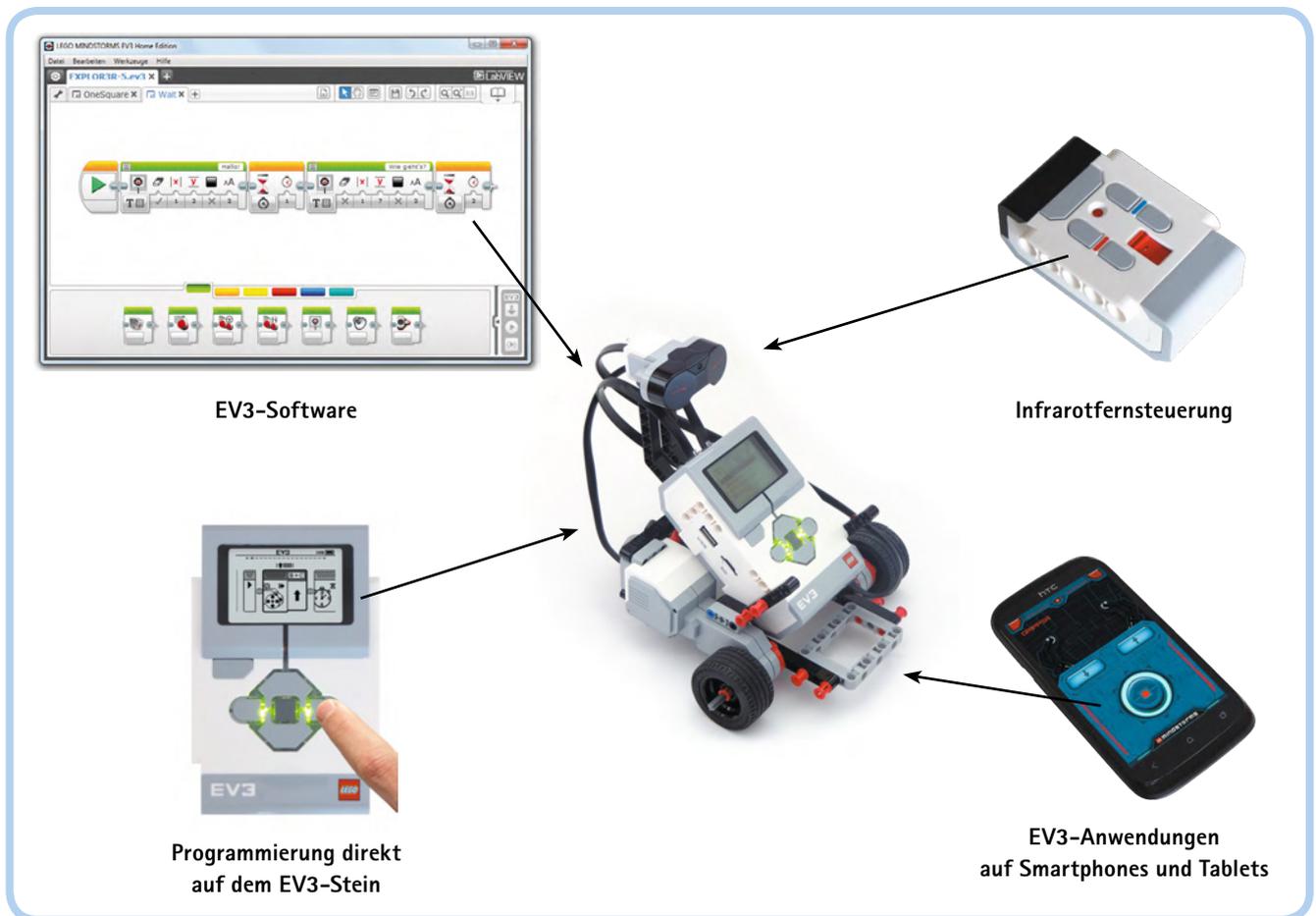


Abbildung 1-7: Du kannst deinen Roboter mittels Programmen automatisch steuern oder manuell mit der Fernsteuerung.

1. Gehe zu <http://LEGO.com/MINDSTORMS/>, klicke auf **Downloads**, wähle die EV3-Software und klicke auf **Herunterladen** (siehe Abbildung 1-8).
2. Auf der folgenden Seite wählst du dein Betriebssystem und die gewünschte Sprache aus (siehe Abbildung 1-9). Du kannst jede gewünschte Sprache anklicken, in diesem Buch wird jedoch Deutsch verwendet. Für Windows XP, Vista, Windows 7 und Windows 8 wählst du Win32 und klickst dann auf die Datei mit der Endung `.exe`. Für Mac OS 10.6 oder höher wähle `OSX` und klicke auf die Datei mit der Endung `.dmg`. Eine neue Seite mit einer Download-Schaltfläche erscheint. Klicke auf diese Schaltfläche und speichere die Datei auf deinem Computer.

**HINWEIS** Wenn der Download sehr lange dauert, kannst du auch schon mit Kapitel zwei weitermachen und mit dem Bauen beginnen. Kehre an diese Stelle zurück, wenn der Download abgeschlossen ist.

3. Unter Windows doppelklicke auf die gerade heruntergeladene Datei und installiere die Software gemäß den Anweisungen auf dem Bildschirm (siehe Abbildung 1-10). Auf einem Mac doppelklicke auf die `.dmg`-Datei und dann auf das erscheinende Paket. Folge den Anweisungen auf dem Bildschirm, um die Software zu installieren.
4. Wenn die Installation abgeschlossen ist (und du deinen Computer nach der Aufforderung neu gestartet hast), sollte eine Verknüpfung namens LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition auf deinem Desktop sein. Doppelklicke auf sie, um die Software zu starten. Dazu ist keine Internetverbindung mehr notwendig.

**HINWEIS** Um die Software auf eine neuere Version zu aktualisieren, lade einfach die neueste Version herunter und installiere sie wie hier gezeigt. Du musst die alte Fassung nicht manuell entfernen.



Abbildung 1-8: Die Download-Seite auf der Website von Lego Mindstorms EV3. Hier kannst du auch Zusatzmaterial herunterladen, wie Bedienungsanleitungen und Programmierblöcke.

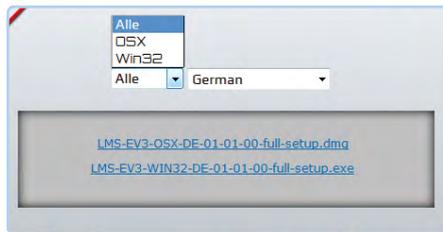


Abbildung 1-9: Wähle Betriebssystem und Sprache. Die 01-01 im Dateinamen bedeutet, dass es sich um Version 1.01 handelt. Wenn du die Software herunterlädst, wähle immer die neuestmögliche.

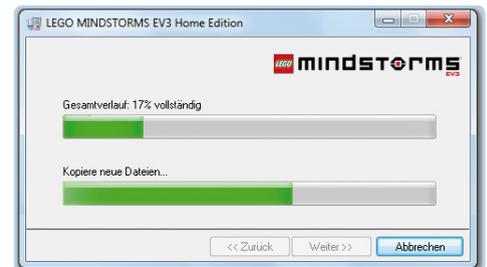


Abbildung 1-10: Der Installationsvorgang. Starte den Installer durch Doppelklick auf die Installationsdatei, die du heruntergeladen hast.

## Zusammenfassung

Jetzt ist alles bereit, um einen Roboter zu bauen und ein Programm zu schreiben, das ihn steuert. Legen wir also los. In Kapitel 2 erfährst du mehr über den EV3-Stein, Motoren und die Fernsteuerung und baust deinen ersten Roboter.

