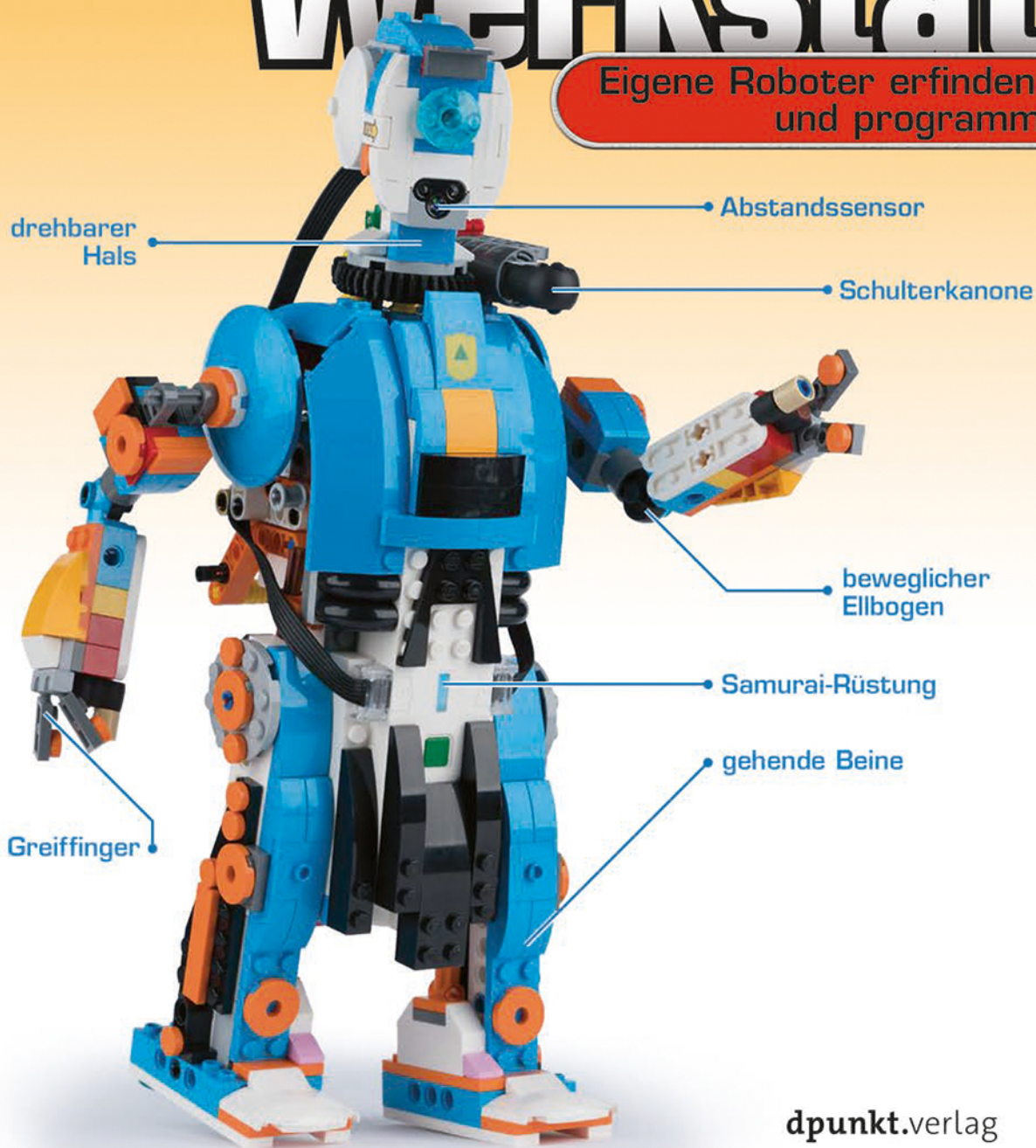


# Die LEGO®-Boost- Werkstatt

Daniele Benedettelli

Eigene Roboter erfinden  
und programmieren



dpunkt.verlag

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

# Die LEGO<sup>®</sup>-Boost- Werkstatt

Eigene Roboter erfinden  
und programmieren

Daniele Benedettelli



dpunkt.verlag

Daniele Benedettelli

Lektorat: Gabriel Neumann

Lektoratsassistentz: Julia Griebel

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

Copy-Editing: Claudia Lötschert, [www.richtiger-text.de](http://www.richtiger-text.de)

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

Herstellung: Stefanie Weidner

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

Druck und Bindung: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG, 39240 Calbe (Saale)

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:

Print 978-3-86490-644-2

PDF 978-3-96088-706-5

ePub 978-3-96088-707-2

mobi 978-3-96088-708-9

1. Auflage 2020

Translation Copyright für die deutschsprachige Ausgabe © 2020 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17

69123 Heidelberg

Copyright © 2019 by Daniele Benedettelli. Title of English-language original: The LEGO BOOST Activity Book: A Beginner's Guide to Robotics, ISBN 978-1-59327-932-5, published by No Starch Press. German-language edition copyright © 2020 by dpunkt.verlag GmbH. All rights reserved.

*Hinweis:*

Der Umwelt zuliebe verzichten wir auf die Einschweißfolie.

*Schreiben Sie uns:*

Falls Sie Anregungen, Wünsche und Kommentare haben, lassen Sie es uns wissen: [hallo@dpunkt.de](mailto:hallo@dpunkt.de).

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 noch Übersetzer können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

Für Lucia, in Liebe

# Der Autor

Daniele Benedettelli ist für seine LEGO MINDSTORMS-Kreationen weltweit bekannt. Während der letzten zwölf Jahre hat er für die LEGO-Gruppe LEGO MINDSTORMS-Produkte getestet und entwickelt. 2012 wurde er als externer Programmierer für LEGO Education angeworben. In dieser Eigenschaft hat er Programme für Modelle des Grundbaukastens von LEGO MINDSTORMS Education EV3 entwickelt. Er ist der Verfasser von *Creating Cool LEGO MINDSTORMS NXT Robots* (Apress, 2008), *LEGO MINDSTORMS NXT Thinking Robots* (No Starch Press, 2010) und *Das LEGO-MINDSTORMS-EV3-Labor* (dpunkt, 2014).

Als freiberuflicher LEGO-Konstrukteur entwirft Daniele Modelle auf der Grundlage von LEGO Education-Produkten für Einrichtungen, die Nachmittagsbetreuung und Weiterbildung anbieten. Außerdem hat er vielschichtige funktionierende Modelle von automatischen Industrieanlagen für große, internationale Unternehmen wie CEA Technologies, Reply und ABB Robotics gebaut. Er hat an vielen LEGO-Veranstaltungen teilgenommen und wurde als Redner und Seminarleiter in viele Länder eingeladen. Zurzeit arbeitet Daniele als fest angestellter Oberstufenlehrer für Robotik in der Toskana. Sein YouTube-Kanal wird millionenfach gesehen, und seine Modelle wurden in Fernsehsendungen rund um die Welt vorgestellt.

Mehr über seine Arbeit erfährst du auf seiner Website <https://robotics.benedettelli.com/> und seiner Facebook-Seite <http://www.facebook.com/robotics.benedettelli/>.

# Der Fachgutachter

Xander Soldaat ist ein ehemaliger Mindstorms Community Partner für LEGO MINDSTORMS. Er hatte 18 Jahre lang als IT-Infrastrukturarchitekt und Ingenieur gearbeitet, bevor er zum Vollzeit-Softwareingenieur umsattelte, erst für Robomatter und zurzeit für VEX Robotics. In den letzten fünf Jahren hat er an der Entwicklung von Firmware und der Programmierung von Umgebungen für verschiedene Robotikplattformen im Bildungswesen gearbeitet. In seiner Freiheit beschäftigt er sich mit Roboterbasteleien und 3-D-Druck. Außerdem sammelt und bemalt er Figuren für Tabletop-Spiele.

# Danksagung

Wenn ein neues LEGO-Produkt wie LEGO Boost herauskommt, ist die Versuchung groß, ein neues Buch darüber zu schreiben, aber ich kann dir sagen, das ist wirklich harte Arbeit! Es gibt viele Leute, denen ich dafür danken muss, dass sie dieses Buch möglich gemacht haben. An erster Stelle steht dabei meine überaus geduldige Frau Lucia, die es mit mir aushält und auch versteht, dass ich manchmal auch mit LEGO *arbeite* und nicht einfach *spiele*. Ich danke auch unserer wunderbaren Maria Sole, die mir mit ihren molligen kleinen Händen geholfen hat, alle Roboter in diesem Buch einem Belastungstest zu unterziehen.

Danke an Marco Agostini, einen klugen Jungen, der mir dabei half, den Inhalt dieses Buchs zu prüfen, und mir Ideen für weitere Projekte gegeben hat. Danke auch an Beatrice Grasso, ein aufgewecktes, kreatives Mädchen, für ihre Vorschläge, wie die Bauanleitungen übersichtlicher gemacht werden können.

Danke an das Team von No Starch Press, vor allem an Bill Pollock, der die Tür geöffnet hat, als ich mit einer neuen Idee anklopfte, und an Annie Choi und Meg Sneeringer für ihre Unterstützung, ihre kritische Begutachtung und ihre Vorschläge.

Ein großes Dankeschön geht an Xander Soldaat, einen langjährigen LEGO-Kollegen, der nicht nur ein gründlicher und ernst zu nehmender Fachgutachter, sondern auch ein geistreicher Freund ist, ob man nun zusammen abhängt oder nur aus der Ferne kommuniziert.

Ein weiteres großes Dankeschön geht an die Mitglieder der LDraw-Community, die die Werkzeuge entwickelt haben, um hochwertige Bauanleitungen zu erstellen. Mein besonderer Dank gilt dem Meisterkonstrukteur und Autor Philippe Hurbain (Philo), einem Meister bei der 3-D-Modellierung von LEGO-Elementen, Roland Melkert für seine beeindruckende LDCad-Software, Travic Cobbs für LDView und Trevor Sandy für seine Arbeit zur Entwicklung von LPub3D aus den Überresten der Originalsoftware von Kevin Clague.

Danke auch an meinen lieben Fotografenfreund Francesco Rossi (<https://www.fr-ph.com/>) für das großartige Foto auf dem Titelbild. Dieses Mal war es einfach, Francesco, nicht wahr?

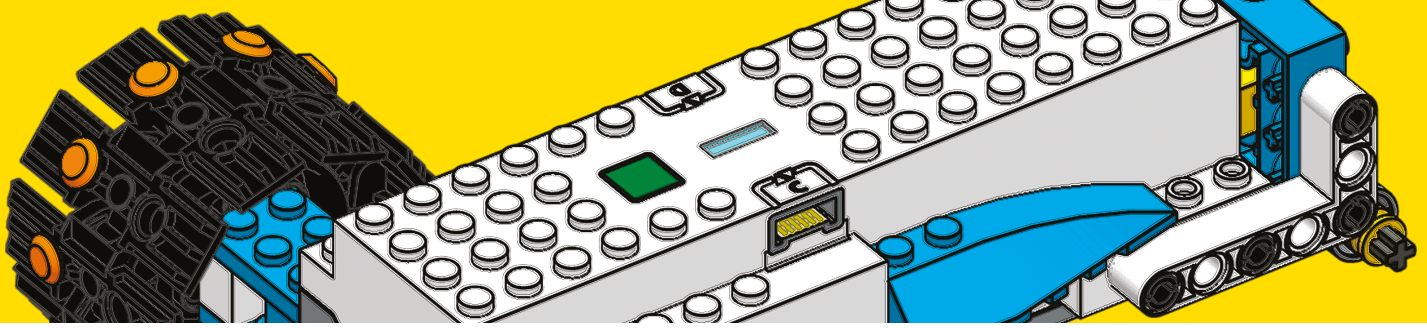






# Inhaltsübersicht

Einleitung	.....	xv
<b>Teil I</b>	<b>Grundlagen der Programmierung</b>	
Kapitel 1	Der LEGO-Boost-Werkzeugkasten . . . . .	3
Kapitel 2	Gestatten: MARIO! . . . . .	7
Kapitel 3	Motorblöcke . . . . .	21
Kapitel 4	Präzise Steuerung . . . . .	31
Kapitel 5	Aktionen mithilfe von Schleifen wiederholen . . . . .	43
Kapitel 6	MARIO erkundet die Welt . . . . .	47
Kapitel 7	Farben erkennen . . . . .	57
<b>Teil II</b>	<b>Techniken für Fortgeschrittene</b>	
Kapitel 8	Ein Spurfollower . . . . .	67
Kapitel 9	Immer an der Wand lang . . . . .	79
Kapitel 10	Ein klanggesteuerter Roboter . . . . .	89
Kapitel 11	MARIO schaut sich um. . . . .	101
Kapitel 12	Pfeilspiel . . . . .	121
Kapitel 13	Bautechniken . . . . .	137
<b>Teil III</b>	<b>BrickPecker</b>	
Kapitel 14	BrickPecker: Ein Vogel sortiert Steine . . . . .	163
Kapitel 15	Den BrickPecker programmieren . . . . .	187
<b>Teil IV</b>	<b>CYBOT</b>	
Kapitel 16	Den CYBOT bauen . . . . .	197
Kapitel 17	Den CYBOT programmieren . . . . .	225
Lösungen der Versuche	.....	239
Index	.....	249



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>		<b>xv</b>
	Warum dieses Buch?	xv
	Voraussetzungen	xvi
	Über dieses Buch	xvi
	Onlinequellen	xviii
<b>Teil I</b>	<b>Grundlagen der Programmierung</b>	
<b>Kapitel 1</b>	<b>Der LEGO-Boost-Werkzeugkasten</b>	<b>3</b>
	Die LEGO-Sprache beherrschen	4
	Roboter programmieren	5
	Bau dir einen Roboter!	6
<b>Kapitel 2</b>	<b>Gestatten: MARIO!</b>	<b>7</b>
	MARIO bauen	8
	Die Kreative Leinwand	13
	Das erste Programm für MARIO	16
	Was du gelernt hast	20
<b>Kapitel 3</b>	<b>Motorblöcke</b>	<b>21</b>
	Hin und wieder zurück	22
	Ein Programm mithilfe von Pseudocode planen	22
	Programmierung in Boost	23
	Roboter mit Differenzialantrieb	26
	Der Unterschied zwischen Steuerrad- und Hebellenkung	26
	Drei weitere Motorblöcke	29
	Was du gelernt hast	30
<b>Kapitel 4</b>	<b>Präzise Steuerung</b>	<b>31</b>
	Drehsensoren	31
	Steuerradlenkung der Antriebsbasis für eine Entfernung	32
	Drehwinkel sichtbar machen	33
	Bewegung um eine bestimmte Strecke	34
	Den erforderlichen Winkel für die gewünschte Strecke berechnen	35

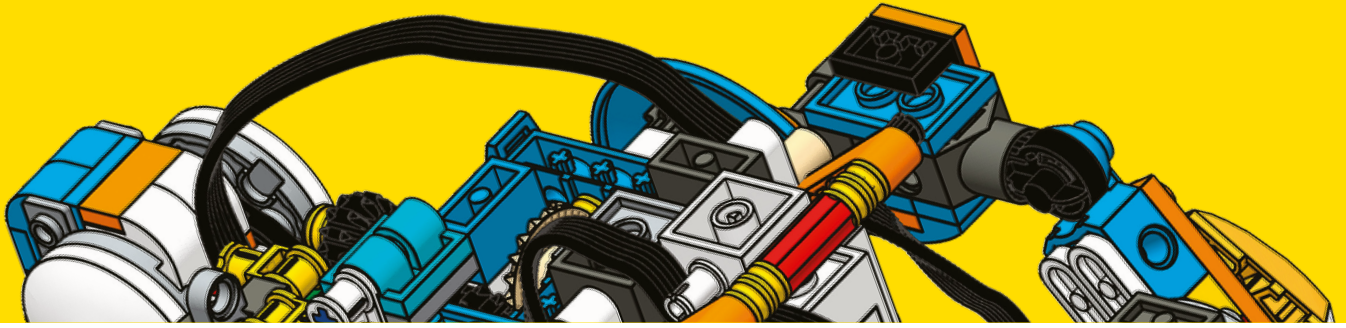
	Drehung um einen festen Winkel . . . . .	37
	Die Winkleingabe für eine exakte Drehung berechnen . . . . .	38
	Was du gelernt hast . . . . .	41
<b>Kapitel 5</b>	<b>Aktionen mithilfe von Schleifen wiederholen . . . . .</b>	<b>43</b>
	Bewegung entlang eines quadratischen Wegs . . . . .	43
	Schleifenblöcke . . . . .	45
	Was du gelernt hast . . . . .	46
<b>Kapitel 6</b>	<b>MARIO erkundet die Welt. . . . .</b>	<b>47</b>
	Der LEGO-Boost-Sensor . . . . .	47
	Den Sensorkopf bauen . . . . .	48
	Abstände mit Sensorblöcken messen . . . . .	49
	Hindernissen ausweichen . . . . .	49
	Aktionen auslösen . . . . .	50
	Konflikte . . . . .	51
	Töne abspielen . . . . .	52
	Klangeffekte ausprobieren. . . . .	53
	Klänge auslösen . . . . .	54
	Töne aufnehmen . . . . .	54
	Eigene Klänge bearbeiten und löschen. . . . .	56
	Was du gelernt hast . . . . .	56
<b>Kapitel 7</b>	<b>Farben erkennen . . . . .</b>	<b>57</b>
	Tipps zur Farberkennung . . . . .	57
	Farbsensorblöcke . . . . .	58
	Den Farbcontroller bauen . . . . .	58
	Farbbefehle. . . . .	61
	Das Programm . . . . .	62
	Eigene Klänge aufnehmen . . . . .	63
	Das Programm testen . . . . .	63
	Was du gelernt hast . . . . .	64
 <b>Teil II Techniken für Fortgeschrittene</b>		
<b>Kapitel 8</b>	<b>Ein Spurfolgeroboter . . . . .</b>	<b>67</b>
	Eine einfache Vorgehensweise zur Roboternavigation . . . . .	67
	Der Schalterblock. . . . .	68
	Datentypen. . . . .	68
	Vergleichsblöcke . . . . .	68
	MARIO als Spurfolgeroboter. . . . .	69
	Spurenfolgeprogramm mit einem Schalterblock . . . . .	70
	Probleme durch verzögerte Übermittlung . . . . .	71
	Verbessertes Spurenfolgeprogramm mit zwei Schalterblöcken . . . . .	72
	Sensorwerte überwachen . . . . .	73
	Auf Bedingungen warten . . . . .	74
	Sequenzen aufgrund von Bedingungen auslösen. . . . .	76
	Farben vergleichen . . . . .	77

	Aktionen wiederholen, während eine Bedingung wahr ist . . . . .	78
	Was du gelernt hast . . . . .	78
<b>Kapitel 9</b>	<b>Immer an der Wand lang . . . . .</b>	<b>79</b>
	Eine Lösung für das Wandfolgeproblem . . . . .	82
	Der Pseudocode . . . . .	82
	Der Block »Auf wahr warten« . . . . .	82
	Wandfolgeprogramm mit Schalterblock . . . . .	83
	Lösung mit dem Block »Start bei wahr« . . . . .	84
	Gleichmäßigere Bewegungen mit Matheblöcken . . . . .	84
	Proportionale Lenkung . . . . .	85
	Die Werte R und K anpassen . . . . .	87
	Aus Ecken entkommen . . . . .	87
	Was du gelernt hast . . . . .	88
<b>Kapitel 10</b>	<b>Ein klanggesteuerter Roboter . . . . .</b>	<b>89</b>
	Lautstärkeblöcke . . . . .	89
	Klatschschalter . . . . .	90
	Klatschnavigation . . . . .	90
	Neigungssensordblöcke . . . . .	91
	»He, lass mich runter!« . . . . .	92
	Stöße erkennen . . . . .	94
	LED-Blöcke . . . . .	95
	Zufällige Aktionen . . . . .	95
	Zufallszahlen . . . . .	95
	Farben und Klänge zufällig auswählen . . . . .	96
	Sequenzen gleichzeitig ausführen . . . . .	97
	Der Witz mit dem Unterbrecherroboter . . . . .	98
	Das Programm schreiben . . . . .	99
	Was du gelernt hast . . . . .	100
<b>Kapitel 11</b>	<b>MARIO schaut sich um . . . . .</b>	<b>101</b>
	Den Scankopf bauen . . . . .	102
	Blöcke für einzelne Motoren . . . . .	104
	Die Drehsensoren . . . . .	105
	Der Scanvorgang . . . . .	106
	Bewegung relativ zu einer Nullstellung . . . . .	107
	Den Scankopf zurücksetzen . . . . .	109
	Aktionsblöcke erstellen . . . . .	110
	Aktionsblöcke mit Eingängen erstellen . . . . .	112
	Aktionsblöcke bearbeiten und entfernen . . . . .	114
	Eingaben hinzufügen . . . . .	115
	Eingänge löschen . . . . .	115
	Aktionsblöcke löschen . . . . .	115
	Ein Handfolgeprogramm . . . . .	116
	Zahlen in Variablen speichern . . . . .	117
	Hindernisse umgehen . . . . .	118
	Was du gelernt hast . . . . .	120

<b>Kapitel 12</b>	<b>Pfeilspiel . . . . .</b>	<b>121</b>
	Fernsteuerungsblöcke . . . . .	122
	Fernsteuerung für MARIO . . . . .	123
	Das Taster-Widget zur Fernsteuerung hinzufügen . . . . .	125
	Geschütz und Zielscheibe bauen . . . . .	126
	QuickDraw: Ein Schießspiel . . . . .	128
	Programmbeschreibung . . . . .	128
	Die Aktionsblöcke . . . . .	130
	Das Hauptprogramm schreiben . . . . .	133
	Die Fernsteuerung verwenden . . . . .	134
	Automatisches Schießen . . . . .	134
	Der Aktionsblock Nachladen . . . . .	134
	Funktionsweise des Programms . . . . .	135
	Was du gelernt hast . . . . .	136
<b>Kapitel 13</b>	<b>Bautechniken . . . . .</b>	<b>137</b>
	LEGO-Geometrie . . . . .	137
	SNOT-Bautechniken . . . . .	138
	Stabile und robuste Roboter bauen . . . . .	139
	Technic-Verbindungen . . . . .	139
	Aussteifungstechniken . . . . .	140
	Gebogene Liftarme . . . . .	141
	Zahnräder . . . . .	142
	Verwendung von Zahnrädern . . . . .	144
	Gute Verzahnung . . . . .	145
	Passende und unpassende Zahnradkombinationen . . . . .	146
	Zahnräder auf parallelen Achsen . . . . .	146
	Zahnräder im rechten Winkel . . . . .	147
	Antrieb der Drehscheibe . . . . .	148
	Zahnstangen . . . . .	150
	Längere Getriebe . . . . .	153
	Bewegungen umwandeln . . . . .	155
	Motorgetriebene Mechanismen . . . . .	158
	Was du gelernt hast . . . . .	159
<b>Teil III</b>	<b>BrickPecker</b>	
<b>Kapitel 14</b>	<b>BrickPecker: Ein Vogel sortiert Steine . . . . .</b>	<b>163</b>
	Ein Motor für zwei Bewegungen . . . . .	186
	Was du gelernt hast . . . . .	186
<b>Kapitel 15</b>	<b>Den BrickPecker programmieren . . . . .</b>	<b>187</b>
	Funktionsweise des Getriebes . . . . .	188
	Der Aktionsblock Zurücksetzen . . . . .	189
	Der Aktionsblock Drehung . . . . .	191
	Der Aktionsblock AufnehmenAblegen . . . . .	192
	Das Steinsortierprogramm . . . . .	192
	Was du gelernt hast . . . . .	194

# Teil IV CYBOT

<b>Kapitel 16</b>	<b>Den CYBOT bauen</b> . . . . .	<b>197</b>
	Batteriewechsel . . . . .	224
	Was du gelernt hast . . . . .	224
<b>Kapitel 17</b>	<b>Den CYBOT programmieren</b> . . . . .	<b>225</b>
	Die Aktionsblöcke erstellen . . . . .	225
	Der Aktionsblock Zurücksetzen . . . . .	225
	CYBOT zurücksetzen . . . . .	226
	Der Aktionsblock KopfBewegen . . . . .	228
	Der Aktionsblock Ausrichten . . . . .	228
	Der Aktionsblock Vorwärts. . . . .	230
	Der Aktionsblock WendeRechts . . . . .	230
	Der Aktionsblock WendeLinks . . . . .	230
	Der Aktionsblock DrehungRechts. . . . .	231
	Der Aktionsblock DrehungLinks . . . . .	231
	Der Aktionsblock Schießen. . . . .	231
	Das Erkundungsprogramm . . . . .	232
	Das Fernsteuerungsprogramm . . . . .	233
	Sprachsteuerung . . . . .	234
	Wörter zählen. . . . .	234
	Der Aktionsblock Befehl . . . . .	235
	Der Code . . . . .	236
	Was du gelernt hast . . . . .	237
	<b>Lösungen der Versuche</b> . . . . .	<b>239</b>
	<b>Index</b> . . . . .	<b>249</b>



# Einleitung

Der LEGO-Boost-Bausatz 17101 wird nicht umsonst als »kreativer Werkzeugkasten« (Creative Toolbox) beworben. Mit seiner großen Auswahl an LEGO-Elementen und elektronischen Geräten kannst du deine LEGO-Modelle zum Leben erwecken. Der Boost-Kasten und die zugehörige App wurden entworfen, um Kindern auf einfache Weise Programmierung und Robotik beizubringen. Mit LEGO Boost kannst du deine eigenen Roboter bauen und programmieren und die Möglichkeiten deiner bisherigen LEGO-Modelle erweitern (weshalb es »Boost« heißt), indem du sie mit Motoren und Sensoren ausstattest.

## Warum dieses Buch?

Programmierung ist in Schulen rund um die Welt zu einem neuen Trend geworden, da sie im 21. Jahrhundert als grundlegende Fähigkeit gilt. Der Einstieg in die Robotik mit LEGO Boost ist eine hervorragende Möglichkeit, um Kinder jeglicher Altersgruppen, auch ganz junge, in die Programmierung einzuführen.

Der LEGO-Boost-Kasten enthält zwar fertige Programmierblöcke, mit denen du komplizierte Dinge tun kannst, doch gibt es kein Handbuch, das dir sagt, wo du anfangen sollst oder wie du eigene Roboter erstellen und programmieren kannst. Dazu ist dieses Buch da.

*Die LEGO-Boost-Werkstatt* verfolgt einen praktischen, vergnüglichen Ansatz, um dich in den LEGO-Boost-Bausatz einzuführen und dir zu zeigen, wie du deine eigenen Roboter bauen und programmieren kannst. Das Buch deckt die Funktionsweise von Boost und allgemeine LEGO-Bautechniken ab und gibt eine gründliche Einführung in die Roboterprogrammierung, wie du sie im Boost-Bausatz selbst nicht finden wirst. Du lernst hier, wie du die Programmierblöcke der Boost-App nutzt, um deine eigenen Modelle zu programmieren. Außerdem erhältst du Bauanleitungen für drei verschiedene Roboter!

Beim Durcharbeiten dieses Buchs findest du ausführliche Beschreibungen der Programme, die dir zeigen, wie du sie selbst von Grund auf erstellen kannst. Wenn du verstanden hast, wie und warum wir bei der Programmierung gewisse Dinge getan haben, lernst du zu denken wie ein Programmierer. Wenn du in eines der Themen tiefer einsteigen möchtest, solltest du nach den grünen »Gehirn-Booster«-Kästen in diesem Buch Ausschau halten.

# Voraussetzungen

Um dieses Buch nutzen zu können, brauchst du folgende Dinge:

- Den LEGO-Boost-Kasten »Programmierbares Robotikset« #17101
- Die LEGO-Boost-App (in dem Kasten enthalten)
- Ein Boost-kompatibles Gerät, siehe dazu die Listen auf <http://www.lego.com/de-de/service/device-guide/boost/>
- Wenigstens sechs neue AAA-Batterien (ich empfehle wiederaufladbare Batterien)
- Einen Schraubendreher, um das Batteriefach des Move Hubs zu öffnen

In diesem Buch setze ich voraus, dass du dich bereits mit der LEGO-Boost-App vertraut gemacht und die im Set enthaltenen offiziellen Modelle gebaut und programmiert hast.

# Über dieses Buch

In diesem Buch lernst du durch Ausprobieren. Falls du noch nie programmiert hast, solltest du ganz am Anfang des Buchs beginnen. Wenn du vorblätterst, verpasst du einige Grundlagen, die du in den späteren Kapiteln benötigst. Solltest du schon etwas erfahrener sein, kannst du im Index gezielt nach den Themen suchen, über die du etwas mehr erfahren möchtest, oder gleich vorblättern, um die anspruchsvolleren Roboter zu bauen und zu programmieren.

Im ersten Teil des Buchs erhältst du eine Einführung in den Boost-Kasten und einige der Programmierblöcke, die auf der Kreativen Leinwand zur Verfügung stehen. Außerdem lernst du deinen neuen Freund MARIO kennen, einen leicht zu bauenden Roboter mit Rädern, den du später mit zusätzlichen Werkzeugen und Sensoren ausstatten wirst.

Am Anfang sorgst du mit nur einem einzigen Programmierblock dafür, dass sich MARIO vorwärts bewegt, und erweiterst seine Fähigkeiten dann nach und nach. Schließlich wirst du ihn so programmieren, dass er sich präzise bewegt, Aktionen wiederholt, redet und Klänge abspielt, seine Umgebung erkundet, Linien auf dem Boden folgt, sich an der Wand orientiert, nach Zielen sucht, auf die er schießen kann, und deiner Hand folgt. Du kannst ihn sogar dadurch steuern, dass du ihm Farben zeigst, mit ihm sprichst und die Boost-App als Fernsteuerung nutzt.



Am Ende von Teil II lernst du mehr über das LEGO-System kennen und erhältst einige Tipps und Tricks für das Bauen mit den Teilen im LEGO-Boost-Set. Besondere Bautechniken und Konstruktionsmöglichkeiten sind in den Bauanleitungen aller Roboter in diesem Buch hervorgehoben. Die Versuche in den einzelnen Kapiteln helfen dir, das Gelernte zu wiederholen und anzuwenden.

In den letzten Teilen des Buchs findest du die Bau- und Programmieranleitungen für zwei Roboter, einen Steine sortierenden Vogel namens BrickPecker und einen gehenden, menschenähnlichen Roboter namens CYBOT. Du programmierst den BrickPecker, sodass er Steine nach Farben sortieren kann, und lässt CYBOT gehen, reden und auf deine Sprachbefehle reagieren.

In den einzelnen Kapiteln lernst du Folgendes:

## Teil I: Grundlagen der Programmierung

**Kapitel 1, »Der LEGO Boost-Werkzeugkasten«**, beschreibt den Inhalt des LEGO-Boost-Kastens.

**Kapitel 2, »Gestatten: MARIO!«**, zeigt dir, wie du MARIO baust und programmierst. Diesen einfachen Roboter auf Rädern wirst du im Großteil des Buchs verwenden.

**Kapitel 3, »Motorblöcke«**, beschreibt, wie du MARIO mithilfe von Motorblöcken steuerst.

**Kapitel 4, »Präzise Steuerung«**, erklärt, wie du den Roboter bewegst und lenkst.

**Kapitel 5, »Aktionen mithilfe von Schleifen wiederholen«**, zeigt, wie du Code wiederverwenden kannst, damit dein Roboter Aktionen wiederholt.

**Kapitel 6, »MARIO erkundet die Welt«**, erläutert, wie du den Boost-Sensor verwendest, damit dein Roboter Objekte erkennen und darauf reagieren kann.

**Kapitel 7, »Farben erkennen«**, erklärt, wie du MARIO mithilfe von farbigen Fliesen steuern kannst.

## Teil II: Techniken für Fortgeschrittene

**Kapitel 8, »Ein Spurfolgeroboter«**, erklärt, wie du MARIO so programmierst, dass er Linien folgt.

**Kapitel 9, »Immer an der Wand lang«**, zeigt dir, wie du MARIO so programmierst, dass er einer Wand folgt und dabei auch um die Ecken herumkommt.

**Kapitel 10, »Ein klanggesteuerter Roboter«**, beschreibt, wie du den Roboter mit deiner Stimme oder dadurch steuern kannst, dass du ihn kippst.

**Kapitel 11, »MARIO schaut sich um«**, zeigt, wie du einen Scankopf für MARIO baust, mit dem er seine Umgebung absuchen und dann entscheiden kann, wohin er sich bewegt.

**Kapitel 12, »Pfeilspiel«**, bringt dir bei, wie du den Roboter mit der Fernsteuerung bewegst und wie du ein Spiel schreibst, bei dem MARIO mit Pfeilen schießt.

**Kapitel 13, »Bautechniken«**, beschreibt einige Grundlagen des LEGO-Systems und einige Bautechniken für Fortgeschrittene wie Aussteifung und SNOT (Studs Not On Top, also »Noppen nicht oben«). Außerdem lernst du hier, wie du die Bewegungen der Motoren mithilfe von Zahnrädern umwandelst.

## Teil III: BrickPecker

**Kapitel 14, »BrickPecker: Ein Vogel sortiert Steine«**, enthält die Bauanleitung für den Robotervogel BrickPecker.

**Kapitel 15, »Den BrickPecker programmieren«**, zeigt, wie du BrickPecker so programmierst, dass er Steine nach Farben sortiert.

## Teil IV: CYBOT

**Kapitel 16, »Den CYBOT bauen«**, enthält die Bauanleitung für den menschenähnlichen Roboter CYBOT.

**Kapitel 17, »Den CYBOT programmieren«**, erklärt, wie du CYBOT so programmierst, dass er geht, Kopf und Arme bewegt, redet, auf Objekte schießt und auf Sprachbefehle reagiert.

Der **Anhang »Lösungen der Versuche«** enthält die Lösungen der Versuchsaufgaben aus den einzelnen Kapiteln.

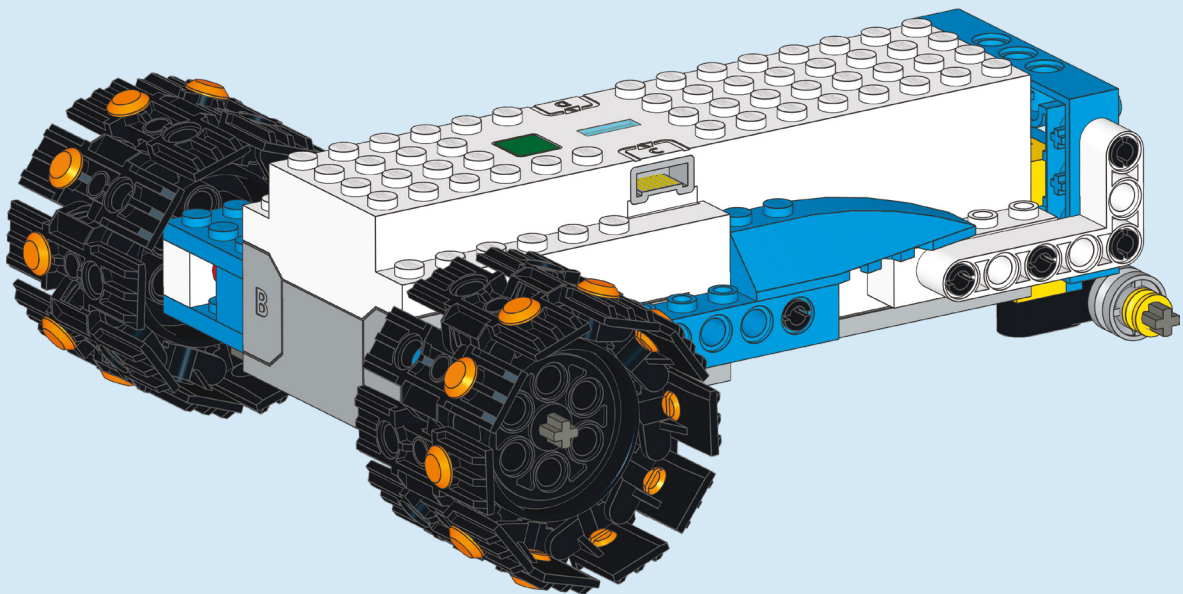
# Onlinequellen

Die Welt von LEGO Boost ändert sich ständig. Um Aktualisierungen, neue Informationen und Lösungen für Probleme zu erhalten, kannst du in den folgenden Onlinequellen nachschauen:

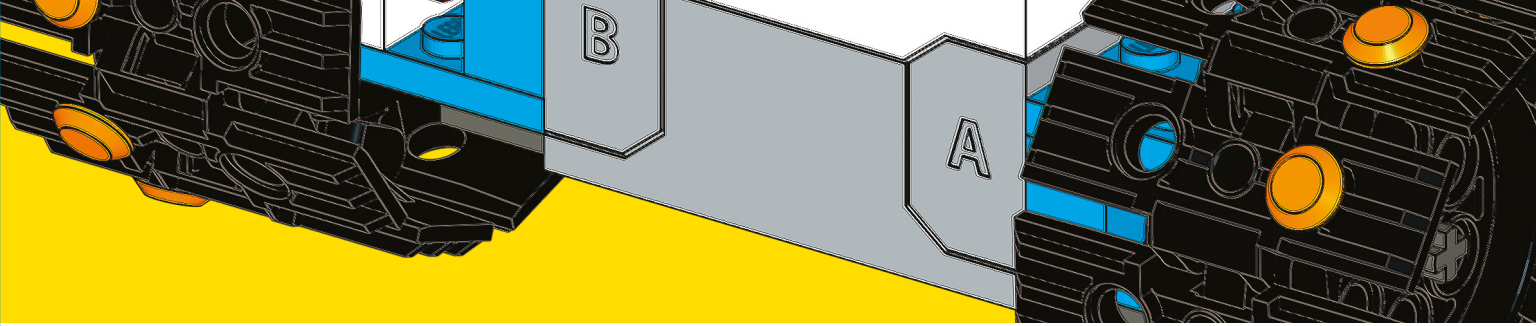
- Die offizielle Webseite zu LEGO Boost auf <http://www.lego-com/de-de/themes/boost/> enthält die neuesten Nachrichten zum Produkt sowie Links zum Onlinesupport von LEGO und Ratschläge für die Fehlersuche.
- Auf <http://www.lego.com/de-de/service/device-guide/boost/> findest du eine Liste aller Geräte, auf denen die LEGO-Boost-App läuft.
- Die Begleitwebsite zu diesem Buch auf <https://nostarch.com/boostactivitybook> enthält nützliche Links (in englischer Sprache).
- Die Website des Autors auf <https://robotics.benedettelli.com/lego-boost-activity-book/> bietet weitere Tipps und Tricks, Anleitungen und Korrekturen (in englischer Sprache).

TEIL I

# Grundlagen der Programmierung





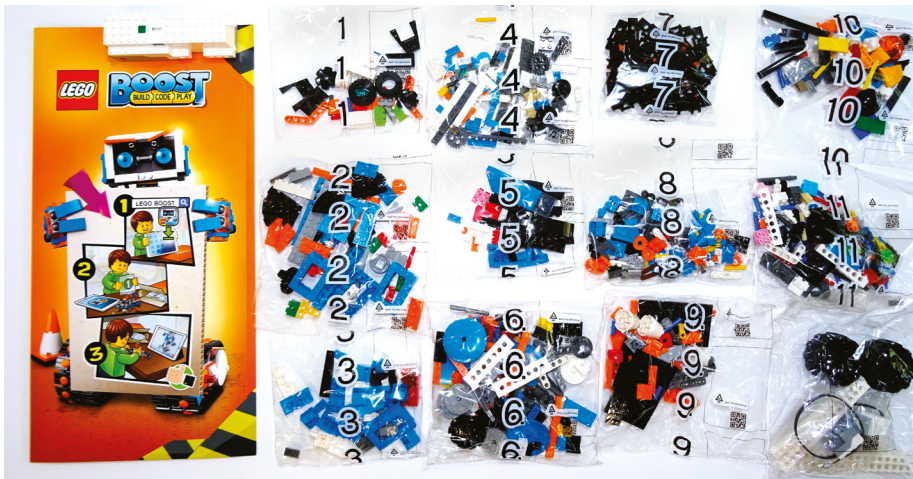


# 1

## Der LEGO-Boost-Werkzeugkasten

Das Boost-Set enthält eine erstaunliche Vielfalt an bunten LEGO-Teilen, von einfachen Steinen, Platten und Fliesen über Technic-Steine, Liftarme, Achsen, Pins, Zahnräder, Räder und Raupenketten bis hin zu komischen Zierelementen. Der englische Name für das Set ist »Creative Toolbox«, kreativer Werkzeugkasten. Was diesen Kasten aber so einzigartig macht, sind der LEGO Boost Move Hub, der externe Motor und der Sensor!

Wenn du den Kasten aufmachst, findest du wie in Abb. 1-1 gezeigt, elf nummerierte Beutel, einen weiteren Beutel mit Teilen, einen weißen Kasten mit dem LEGO Boost Move Hub sowie die LEGO-Boost-Spielmatte aus Karton.



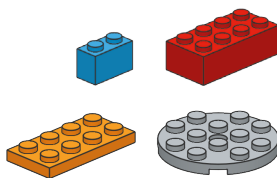
**ABBILDUNG 1-1:** Das LEGO-Boost-Set #17101 enthält LEGO-Elemente, elektronische Bauteile und eine Spielmatte aus Karton.

# Die LEGO-Sprache beherrschen

Stell dir vor, du baust mit ein paar Freunden an einem LEGO-Boost-Modell und brauchst ein ganz bestimmtes Teil. Aber alles, was du hervorbringen kannst, ist: »He, reichst du mir mal dieses ... Dingens ... sachmaschnell ... dieses Dingsbums da?«

Es ist viel einfacher, die LEGO-Bautechniken anzuwenden – und mit anderen darüber zu sprechen –, wenn du weißt, wie die einzelnen LEGO-Teile heißen, in welche Kategorien sie gehören und wie du ihre Größe angibst. Ohne Grammatikkenntnisse und einen ausreichenden Wortschatz kann man keinen Roman schreiben, und genauso verhält es sich auch mit dem Bauen von LEGO-Modellen: Du musst die LEGO-Sprache beherrschen.

Im LEGO-Boost-Kasten findest du Teile der folgenden Arten:

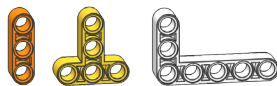


**Steine** Dies sind die grundlegenden Bauelemente. Gemessen und benannt werden sie anhand der *Noppen* auf ihrer Oberseite, also beispielsweise als »2-mal-4-Stein«, was im Druck als »2x4-Stein« wiedergegeben wird.



**Platten und Fliesen** Diese flachen Teile haben nur ein Drittel der Höhe eines Steins.

**SNOT-Konverter** SNOT steht für »Studs Not On Top«, also »Noppen nicht oben«. Diese Elemente haben auch Noppen an den Seiten, was es ermöglicht, in mehrere Richtungen zu bauen.



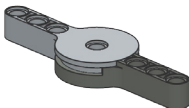
**Liftarme** Diese Technic-Elemente werden durch Verbinder zusammengehalten. Ähnlich wie bei Steinen wird ihre Größe anhand der Anzahl der Löcher angegeben.



**Achsen** Diese Stangen können sich frei drehen, du kannst sie aber auch dazu verwenden, Elemente fest miteinander zu verbinden.



**Pins** Es gibt zwei Varianten von Pins: Diejenigen mit Reibung halten Teile fest zusammen, während sich diejenigen ohne Reibung frei drehen können. Um ein Gefühl für den Unterschied zu bekommen, probiere einfach mal aus, zwei Liftarme mit unterschiedlichen Arten von Pins zu verbinden.



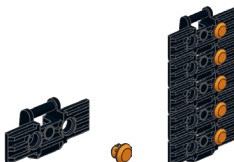
**Scharniere** Mit diesen Teilen kannst du deine Modelle mit Gelenken versehen.



**Zahnräder** Diese Elemente übertragen Bewegung.

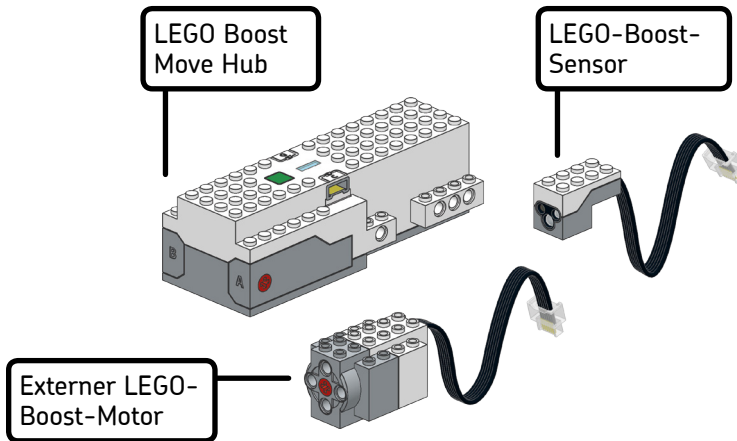


**Räder** Räder gibt es in verschiedenen Größen.



**Raupenkettten** Diese Elemente kannst du für Panzer und Planiertraupen verwenden. Die Länge bestimmst du dadurch, wie viele Teile du hinzufügst. Die orangefarbenen Gumminoppen geben der Raupenkette ein griffigeres Profil.

Der LEGO-Boost-Kasten enthält drei elektronische Bauteile (siehe Abb. 1-2).



**ABBILDUNG 1-2:** Die elektronischen Bauteile

**Move Hub** Dies ist das Gehirn des Boost-Systems, das über Bluetooth mit deinem Gerät kommuniziert. Der Move Hub, der auch als *Antriebsbasis* bezeichnet wird, verfügt über zwei Motoren, einen eingebauten Neigungssensor und eine mehrfarbige Lampe. Den externen Motor und den Sensor kannst du mit seinen beiden Anschlüssen verbinden. Als Stromquelle benötigt er sechs AAA-Batterien. Am besten nimmst du wiederaufladbare Batterien. Der Move Hub ist ein echter Stromfresser, der einen kompletten Satz Batterien in wenigen Stunden leersaugt.

**Motor** Wenn der Motor an den Move Hub angeschlossen ist, kannst du ihn genau steuern.

**Sensor** Dieser Sensor kann Farben erkennen, den Abstand zu anderen Objekten messen usw.

Spiele ein bisschen mit diesen Elementen herum, um ein besseres Gefühl dafür zu bekommen, was sie machen und wie sie funktionieren. Eine vollständige Liste aller Teile im LEGO Boost-Kasten findest du auf <https://nostarch.com/lego-boost-activity-book/> (in Englisch, aber mit genauen Abbildungen).

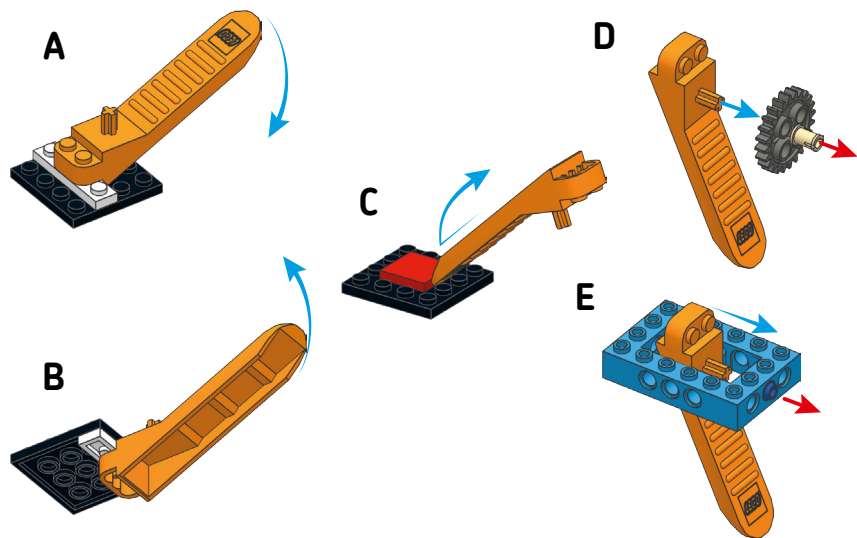
# Roboter programmieren

Einen Roboter zu programmieren, bedeutet, ihm genau zu sagen, was er tun soll. Um den LEGO-Boost-Hub zu programmieren, musst du die LEGO-Boost-App herunterladen. Damit kannst du *Code schreiben*, also dem Roboter Anweisungen in seiner eigenen Sprache geben. Für ein Android-Gerät lädst du dir die App aus dem Google Play Store herunter, für ein Apple-Gerät aus dem App Store und für einen Windows 10-Computer aus dem Windows Store.

Auf <https://www.lego.com/de-de/service/device-guide/BOOST> unterhält LEGO Listen der kompatiblen Geräte. Es gibt auch eine ständig wachsende inoffizielle Liste mit getesteten, kompatiblen iOS- und Android-Geräten, die von der Facebook Unofficial LEGO Boost Community Group veröffentlicht wird (<https://www.facebook.com/groups/BOOSTcommunity/>).

## Den Teiletrenner verwenden

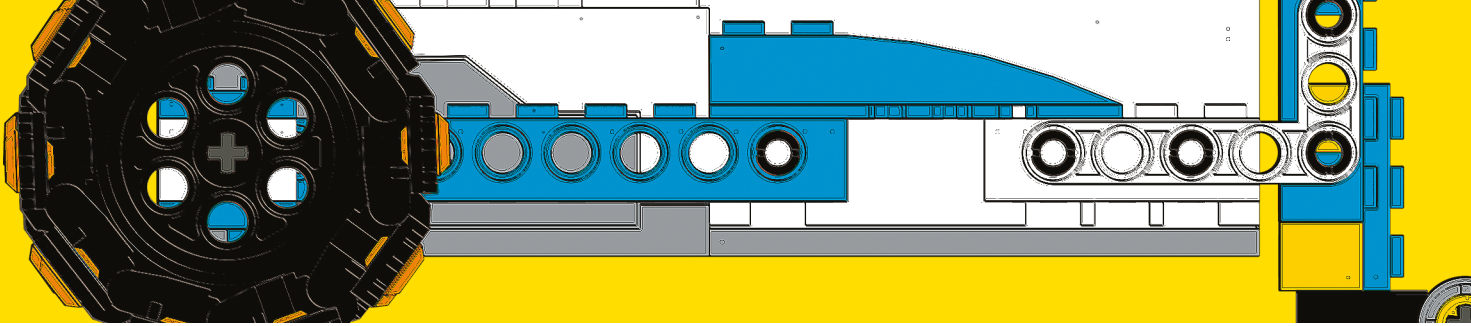
Der Boost-Kasten enthält auch den Teiletrenner, ein sehr praktisches Werkzeug, das ein bisschen wie eine Brechstange aussieht. Damit kannst du eine Platte von der Oberseite (A) oder Unterseite (B) einer anderen Platte lösen, Fliesen an ihrer kleinen Nut anheben (C) und Pins und Achspins aus den Öffnungen von Zahnrädern (D) und Steinen (E) drücken.



# Bau dir einen Roboter!

Nachdem wir uns die in dem LEGO-Boost-Kasten enthaltenen Teile angesehen und die App zur Robotersteuerung heruntergeladen haben, wollen wir als Nächstes einen einfachen beweglichen Roboter bauen, um die Welt der Robotik kennenzulernen.



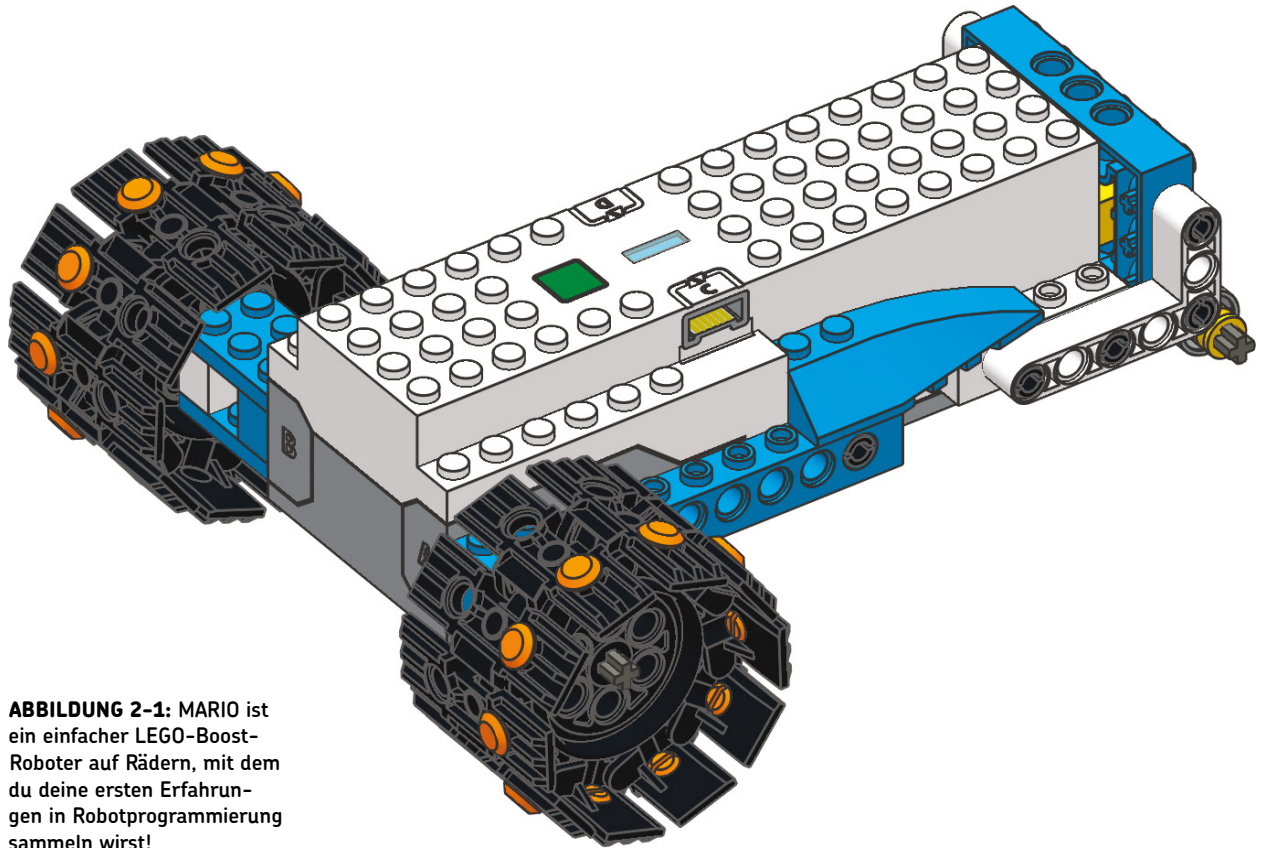


# 2

## Gestatten: MARIO!

In diesem Kapitel baust du einen Roboter auf Rädern und schreibst dein erstes Programm! Dazu verwendest du einen Abschnitt der LEGO-Boost-App, der als *Kreative Leinwand* bezeichnet wird und es dir erlaubt, eigene Programme von Grund auf zu erstellen.

Der einfache Roboter, den du in Abb. 2-1 siehst, trägt den Namen MARIO, was für *Multi-Accessory Robot Is Obligatory* steht, also etwa »Roboter mit viel Zubehör ist unverzichtbar«. Das heißt also, dass wir diesen Roboter mit viel Zubehör ausstatten können, sodass er eine Menge toller Sachen machen kann! In den späteren Kapiteln erweitern wir ihn dann auch tatsächlich um viele neue Zusatzteile.

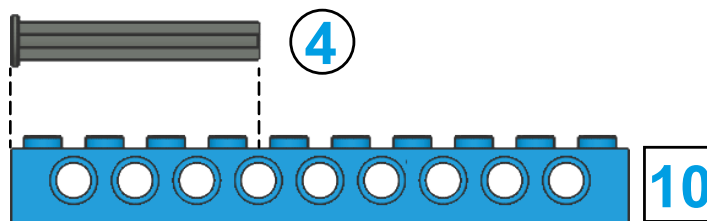


**ABBILDUNG 2-1:** MARIO ist ein einfacher LEGO-Boost-Roboter auf Rädern, mit dem du deine ersten Erfahrungen in Robotprogrammierung sammeln wirst!

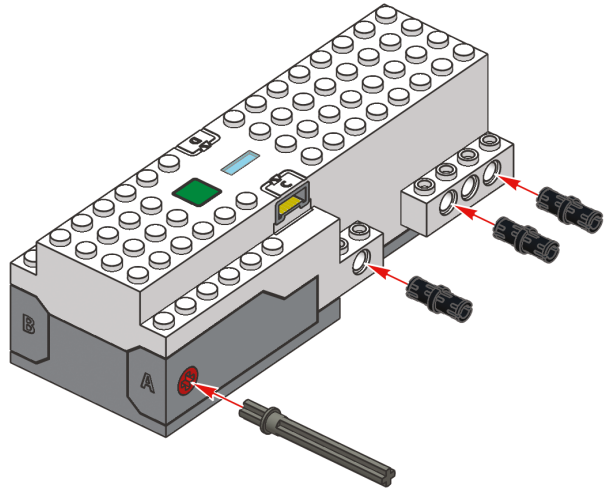
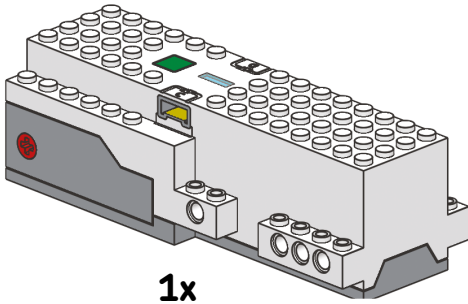
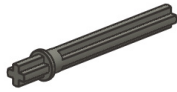
## MARIO bauen

Die folgenden Anleitungen beschreiben den Bau Schritt für Schritt, wobei auch jeweils angegeben ist, welche Teile du brauchst. Bei einigen Teilen, etwa Achsen, gebe ich die Länge in LEGO-Einheiten an, damit klar ist, welche Größe du verwenden musst. Um die Achsen zu messen, legst du sie neben einen Technic-Stein und zählst die Noppen, wie Abb. 2-2 zeigt.

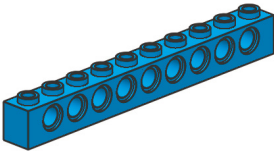
**ABBILDUNG 2-1:** Die Länge von Steinen wird durch die Anzahl der Noppen angegeben. Eine LEGO-Achse hat keine Noppen, aber du kannst sie neben einen Stein legen und dessen Noppen zählen, um die Länge der Achse zu bestimmen.



# 1



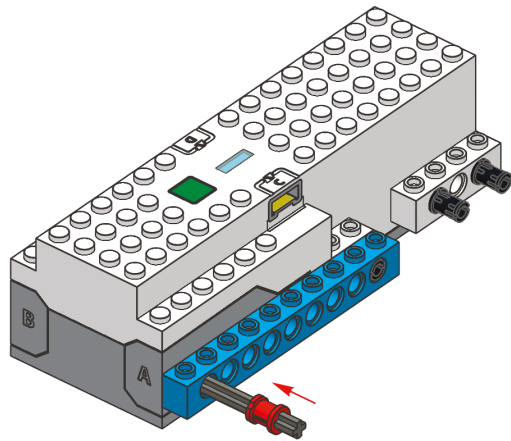
# 2



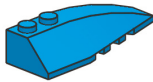
1x



1x



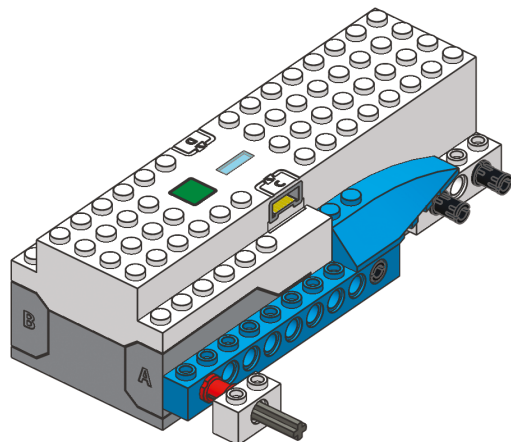
# 3



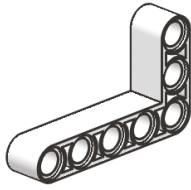
1x



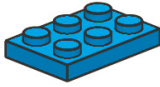
1x



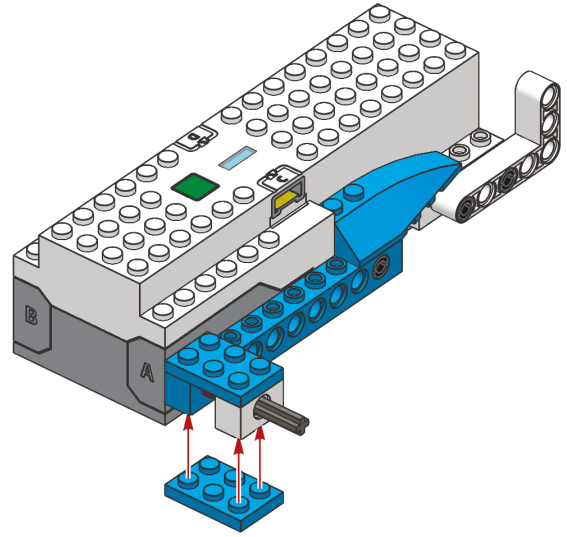
# 4



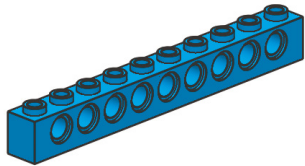
1x



2x



# 5



1x



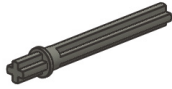
1x



2x



1x



1x



1x

