

DAS LEGO® MINDSTORMS® ROBOTER-ERFINDER LABOR

Bauen, programmieren und
experimentieren mit 7 tollen Modellen

Daniele Benedettelli



dpunkt.verlag

Daniele Benedettelli

Lektorat: Gabriel Neumann

Lektoratsassistentz: Anja Weimer

Übersetzung: Ralf J. Klumb

Copy-Editing: Claudia Lötschert, www.richtiger-text.de

Satz: Veronika Schnabel

Herstellung: Stefanie Weidner

Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de, nach Vorlage von No Starch Press Inc.

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 978-3-86490-905-4

PDF 978-3-96910-840-6

ePub 978-3-96910-841-3

mobi 978-3-96910-842-0

1. Auflage 2022

Translation Copyright für die deutschsprachige Ausgabe © 2022 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17

69123 Heidelberg

Copyright © 2021 by Daniele Benedettelli. Title of English-language original: *LEGO MINDSTORMS Robot Inventor Activity Book: A Beginner's Guide to Building and Programming LEGO Robots*, ISBN 9781718501812, published by No Starch Press Inc. 245 8th Street, San Francisco, California United States 94103. The German-language edition Copyright © 2022 by dpunkt.verlag under license by No Starch Press Inc. 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.

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

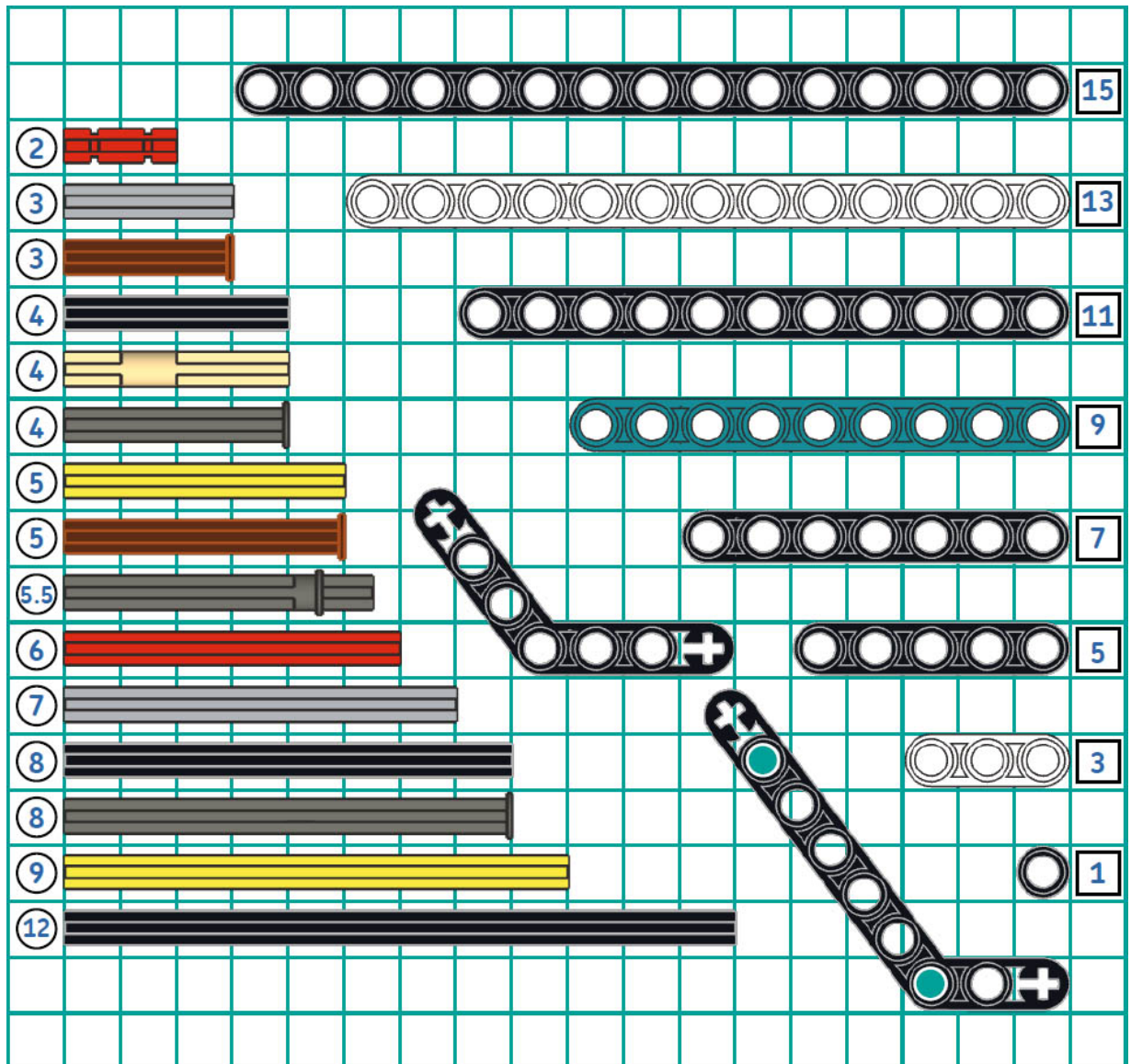
Copyright und Urheberrechte:

Die durch die dpunkt.verlag GmbH vertriebenen digitalen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Der Nutzer verpflichtet sich, die Urheberrechte anzuerkennen und einzuhalten. Es werden keine Urheber-, Nutzungs- und sonstigen Schutzrechte an den Inhalten auf den Nutzer übertragen. Der Nutzer ist nur berechtigt, den abgerufenen Inhalt zu eigenen Zwecken zu nutzen. Er ist nicht berechtigt, den Inhalt im Internet, in Intranets, in Extranets oder sonst wie Dritten zur Verwertung zur Verfügung zu stellen. Eine öffentliche Wiedergabe oder sonstige Weiterveröffentlichung und eine gewerbliche Vervielfältigung der Inhalte wird ausdrücklich ausgeschlossen. Der Nutzer darf Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Für Maria Sole und Libero

LEGO®-MINDSTORMS®-Roboter- Erfinder-Set (#51515) Teileliste

Elementdiagramm in realer Größe



Über den Autor

Daniele Benedettelli ist ein italienischer Robotik-Ingenieur und in aller Welt für seine innovativen LEGO-Mindstorms-Roboter bekannt, darunter der erste NXT-Rubik-Würfel-Löser, verschiedene humanoide Roboter und funktionsfähige Autofabrikmodelle. Von 2006 bis 2013 unterstützte er Tests der LEGO-Gruppe und entwickelte Software für die LEGO-Mindstorms-Produktreihe. Er arbeitet als selbstständiger LEGO-Designer, hält Robotik-Vorträge und -Workshops in aller Welt und lehrt Robotik an Sekundarschulen.

Über den Fachgutachter der Originalausgabe

Xander Soldaat ist ehemaliger Mindstorms-Community-Partner für LEGO Mindstorms. Er war 18 Jahre lang IT-Infrastruktur-Architekt und -Ingenieur, bevor er begann, sich in Vollzeit als Softwareentwickler zu betätigen. Er hat vor Kurzem den Kreis ganz geschlossen und ist bei Red Hat zu seinen Linux-Wurzeln zurückgekehrt. In seiner Freizeit bastelt er an Robotern, beschäftigt sich mit 3D-Druck und selbstgebauten Retrorechnern.

Inhaltsübersicht

Danksagungen

- 1 Los geht's**
- 2 Baseballschläger**
- 3 Der Gobbler**
- 4 SARKIAP-1, der Transformer**
- 5 Shelly, die Schildkröte**
- 6 Whac-A-Mole!**
- 7 Flipper**
- 8 Gitarre**
- 9 Wie geht's weiter?**

Anhang: Kurzübersicht zu Textblöcken

Index

Inhaltsverzeichnis

1

Los geht's

Was ist im Karton?

Der Hub

Die Motoren und Sensoren

Die App

So nutzt du dieses Buch

Zusammenfassung

2

Baseballschläger

Den Baseballschläger bauen

Den Schläger programmieren

Einführung zur App

Ein erstes Programm schreiben

Das Programm speichern und der Ablauf des Programms

Das Programm verstehen

Was hast du gelernt?

3

Der Gobbler

Den Gobbler bauen

Den Gobbler programmieren

- Das Grundprogramm schreiben
- Das Grundprogramm verstehen
- Das Grundprogramm verbessern
- Das verbesserte Programm verstehen
- Den Gobbler Fragen beantworten lassen

Was hast du gelernt?

4

SARKIAP-1, der Transformer

- Den Kerns des aufrecht gehenden Roboters bauen
- Den aufrecht gehenden Roboter programmieren
 - Eigene Blöcke
 - Das Programm des aufrecht gehenden Roboters verstehen

Bau des Transformers

Den Roboterkörper aufrichten

Letzte Arbeiten am Transformer

Eine benutzerdefinierte Fernsteuerungsschnittstelle erstellen

Reaktion auf Fernsteuerungseingaben

Die Ausrichtung des Hubs im Raum feststellen

Start des gleichzeitigen Ablaufs mehrerer Stapel

Den Transformer programmieren

- Eigene Blöcke für Umwandlung in Zweifüßer und Auto

- Eigene Blöcke, damit der Roboter geht und wendet

- Eigene Blöcke für Auto- und Zweifüßer-Fernsteuerung

- Programmstapel zur Verwaltung der Widget-Ereignisse

Was hast du gelernt?

5

Shelly, die Schildkröte

Die Schildkröte bauen

Die Schildkröte programmieren

- Benutzerdefinierte Muster auf dem Hub-Display erstellen

- Komplexe logische Bedingungen erstellen

- Die Blöcke zum Gehen und Bewegen des Kopfs verstehen

- Einsatz des Zeitgebers

Interessantere Verhaltensweisen erzeugen

- Variablen einsetzen

- Das erweiterte Programm verstehen

Was hast du gelernt?

6

Whac-A-Mole!

Das Whac-A-Mole-Spiel bauen

Das Whac-A-Mole-Spiel programmieren

- Spielen

- Den Hauptstapel verstehen

- Die Blöcke für die Auf- und Abwärtsbewegung verstehen

- Die Spiellogik verstehen

Was hast du gelernt?

7

Flipper

Den Flipper bauen

Listen einsetzen

Das Hub-Display steuern mit Zeichenfolgen

Das Flipper-Grundprogramm schreiben

- Spielen

- Das Grundprogramm verstehen

Den Flipper fertigstellen

Das Licht des Abstandssensors steuern mit Zeichenfolgen

Das Flipper-Programm verbessern

- Die Schlagtürme programmieren

Zusätzliche Bälle gewinnen
Eine Schräglagenüberwachung hinzufügen
Was hast du gelernt?

8

Gitarre

Die Gitarre bauen

Soli spielen

Das Programm schreiben

Die Gitarre spielen

Das Gitarren-Solo-Programm verstehen

Akkorde spielen

Das Programm schreiben

Berühmte Songs auf der Gitarre spielen

Das Gitarren-Akkorde-Programm verstehen

Die Reglerknöpfe hinzufügen

Die Transpositionssteuerung zum Solo-Programm
hinzufügen

Die Transpositions- und Temposteuerung zum Akkorde-
Programm hinzufügen

Spielvariationen

Was hast du gelernt?

9

Wie geht's weiter?

Erweiterung der Software

Erweiterung der Hardware

Knöpfe Kontakte

Was kommt als Nächstes?

A

Anhang: Kurzübersicht zu Textblöcken

Motoren

Bewegung

Licht

Soundeffekte

Ereignisse

Steuerung

Sensoren

Operatoren

Fernsteuerung

Variablen

Mehr Bewegung (Erweiterung)

Mehr Motoren (Erweiterung)

Index

Danksagungen

Ich habe einfach meine Energie und Ideen gesammelt, während ich auf das Erscheinen dieses neuen LEGO-Mindstorms-Sets wartete, da ein neues LEGO-Mindstorms-Set bedeutet, dass ich ein neues Buch schreiben muss! Es gibt viele Menschen, denen ich danken muss, dass dieses möglich wurde.

Zuerst gilt der Dank meiner Familie: meiner Frau **Lucia** für ihre Geduld mit mir, meiner Tochter **Maria Sole**, die alle Modelle des Buchs mit stetig steigendem Interesse und hilfreichem Feedback dem Beta-Test unterzog, meinem sehr jungen Sohn **Libero**, der immer noch nicht versteht, welche LEGO-Spielsachen seine sind und welche meine (ihm fällt es schwer, bei all den verfügbaren LEGO-Roboter-Sachen bei seinen DUPLO-Steinen zu bleiben!).

Ein Dankeschön geht auch an die **Großeltern**, die sich um die Kinder kümmerten und mir für die Arbeit an diesem Buch einige Stunden am Tage gaben (der Rest bestand leider aus Nachtstunden). Ein großes Dankeschön an meinen Bruder Alessandro, ein talentierter Gitarrist und Musiklehrer, für seine exzellenten Hinweise, die Gitarrentonleitern und -Techniken allen zu eröffnen, selbst auf einer LEGO-Gitarre ohne Saiten.

Danke auch an das Team von No Starch Press, insbesondere an **Nathan Heidelberger**, einen präzisen,

kreativen und zuverlässigen Redakteur, sowie **Bill Pollock** für seine stetige und resolute Führung.

Ein riesiges Dankeschön gilt **Xander Soldaat** – Mann, ich stelle fest, dass du seit 2006 keine Chance ausgelassen hast, mich mit deinen exzentrischen *Genuine Italian*[™] - Gerichten zu sticheln! –, der ein ebenso wertvoller, ernsthafter technischer Rezensent ist wie beim Abhängen ein geistreicher Freund, in den vergangenen Jahren leider nur in der Ferne. Danke an **Maureen**, eine liebe Freundin, die nie aufgehört hat, mich im Laufe dieses Projekts zu ermutigen (bitte entschuldige mein gelegentliches Jammern!).

Ich möchte der lieben **Amelia** für ihren unschätzbaren frühen Beitrag zur allgemeinen Stimmung des Buchs und den darin erforderlichen Spaßfaktor danken. Danke an all die Kinder in meiner lockeren Fokusgruppe, die sich im Sommerurlaub von allein bildete, als das Buch nur aus einigen gekritzelt Seiten bestand. Danke an **Adele** für ihr Feedback zur Projektliste.

Danke an meinen Fotografen und Freund **Matteo Neri** (<https://matteoneriphoto.com/>) für das wundervolle Foto auf der Titelseite des Buchs.

Ein großes Dankeschön an all die Mitglieder der LDraw-Community, die die Kleinigkeiten und Werkzeuge entwickelten, die zur Schaffung der hochwertigen Bauanleitungen beitrugen. Ein besonderer Dank gilt Master Builder und Buchautor **Philippe Hurbain** (Philo), ein Meister der Modellierung von 3D-LEGO-Elementen, **Roland Melkert** für seine fantastische LDCad-Software und **Trevor Sandy** für seine Arbeit an der Entwicklung von LPub3D.

1

Los geht's

»Let's go already!«
Bender, *Futurama*

Alle Modelle in diesem Buch lassen sich mit einem einzigen LEGO-Set bauen: dem LEGO-MINDSTORMS-Roboter-Erfinder-Set mit der Nummer 51515. Mit diesem LEGO-Set und einem Gerät, auf dem die LEGO-Mindstorms-App laufen kann, bist du bereit, jeden beliebigen Roboter zu kreieren, den du dir vorstellen kannst.

Von einem ferngesteuerten Auto, das sich in einen gehenden humanoiden Roboter verwandelt, bis hin zu einer Gitarre, die du tatsächlich spielen kannst, sind deinem Erfindungseifer keine Grenzen gesetzt!

Was ist im Karton?

Das LEGO-Mindstorms-Roboter-Erfinder-Set enthält fast 1.000 LEGO-Technic-Elemente, darunter große Technic-Rahmen, Räder und Verbinder, die es ganz einfach machen, schnell richtig funktionierende Roboter zu bauen, die alle möglichen coolen Dinge machen können. Neben einfachen LEGO-Technic-Elementen umfasst das Set einige elektronische Bausteine, die in [Abbildung 1-1](#) dargestellt sind: vier Medium-Motoren mit eingebauten Rotationssensoren, ein Farbsensor, ein Abstandssensor und

der Hub (kurz für den großen LEGO Technic Large Hub), der das Gehirn aller von dir geschaffenen Roboter sein wird.

Der Hub

Der Hub ist ein Computer, ein *programmierbarer* LEGO-Stein, der deine Roboter in Funktion setzt. Du kannst den Hub zum Ausführen von *Programmen* verwenden, Anweisungen, die du für die von dir gebauten Roboter schreibst. Die Programme sagen dem Hub, wie er die Motoren und Sensoren steuern soll, die du an den sechs Ein-/Ausgängen des Hubs (drei auf jeder Seite, wir nennen sie in diesem Buch *port*, englisch für Anschluss) anschließen kannst. Der Hub ist schlau genug, zu wissen, welche Art von Motor oder Sensor an jedem Port angeschlossen ist, ohne dass ihm das gesagt werden muss.

Der Hub hat ein *5×5-Matrix-Display*, bestehend aus fünf Reihen und Spalten mit Licht emittierenden Dioden (LEDs), und einen eingebauten Lautsprecher. Er hat eine sechssachsiges *Inertialnavigationseinheit* (IMU), die aus einem dreiachsigen *Beschleunigungsmesser* und einem dreiachsigen *Gyroskop* besteht. Eine IMU ist dieselbe Art von Einrichtung, die einem Smartphone oder Tablet sagt, wo oben ist, und du kannst die IMU des Hubs ebenso zum Feststellen der Rotation oder der Orientierung des Hubs im Raum verwenden.

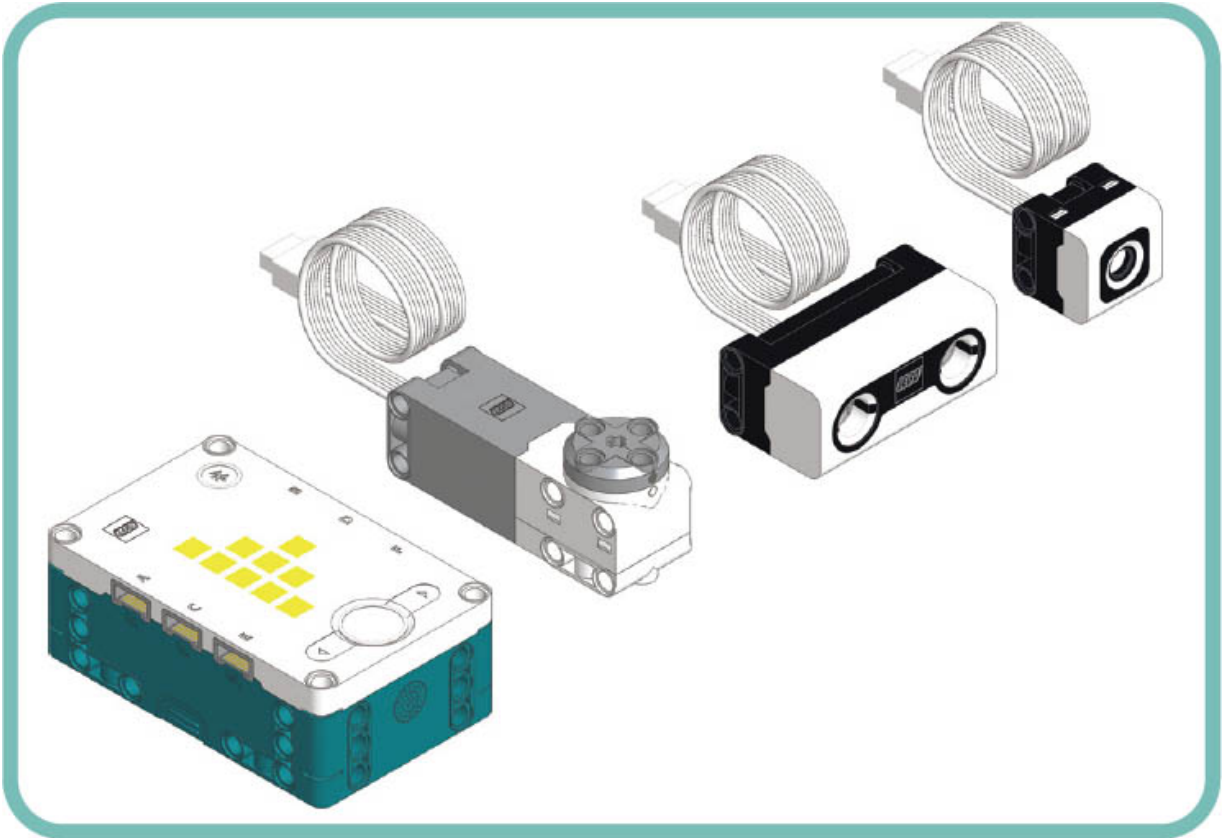


Abbildung 1-1: Die im LEGO-Mindstorms-Set enthaltenen elektronischen Elemente: (von links) der Hub, einer der vier Medium-Motoren, der Abstandssensor und der Farbsensor

Der Hub verfügt zudem über drei Tasten für die Menünavigation und eine Taste zum Aktivieren der Bluetooth-Verbindung. Du kannst den Hub mit anderen Geräten zur Programmierung und Fernsteuerung mittels USB oder Bluetooth verbinden.

Schließlich hat der Hub einen Akku, der sich durch Anschließen des Hubs an einer USB-Stromversorgung mit dem im Set enthaltenen Micro-USB- auf USB-Kabel laden lässt. Das ist echt praktisch und umweltfreundlich!

Die Motoren und Sensoren

Mit den vier Medium-Motoren kann man dank ihrer kompakten Form und der vielen Montagelöcher sehr gut

arbeiten. Sie sind *Servomotoren*, das heißt, du kannst sie in bestimmte Positionen drehen und ihre Geschwindigkeit steuern. Jeder Motor hat eine Null-Position, die auf dem Motorgehäuse mit einem Kreis markiert ist. Der im Motor eingebaute Rotationssensor misst die Position der Motorwelle (der Teil des Motors, der sich dreht) relativ zu dieser Null-Position. Dieses praktische Merkmal bedeutet, dass du den Motor nicht in eine erste bekannte Position bringen musst.

Der Abstandssensor misst den Abstand eines vor ihm angeordneten, bis zu 2 Meter entfernten Objekts. Er kann in Zentimetern oder Zoll messen. Er misst Abstände genauso wie Fledermäuse es tun. Der Sensor sendet von seinem Sender-»Auge« einen Impuls mit *Ultraschallwellen* (sehr hohe Töne, die das menschliche Ohr nicht hören kann) und misst die Zeit, die der Ton benötigt, um von einem Objekt reflektiert zu werden und zum anderen »Auge«, dem Empfänger, zurückzukommen.

Der Sensor berechnet den Abstand anhand dieser Zeitmessung und der Geschwindigkeit des Schalls in der Luft. Die Abstandsmessungen sind bei flachen, harten Objekten ziemlich präzise, aber gegenüber Stoffen oder anderen weichen Objekten, die Schallwellen absorbieren, ist der Sensor blind. Der Sensor besitzt vier programmierbare Leuchten rund um die Augen. Cool – du kannst deine Roboter zwinkern lassen!

Der Farbsensor kann von seiner LED aus Licht auf ein rund 2 Zentimeter (etwas weniger als 1 Zoll) vor ihm angeordnetes Objekt scheinen lassen und den Prozentsatz des von diesem Objekt reflektierten Lichts messen. Diese Art der *Graustufenmessung* ist zum Beispiel nützlich, um die Kante einer schwarzen Linie auf einer weißen Oberfläche zu erkennen. Der Sensor kann auch die Farbe eines Objekts erkennen und eine Zahl wiedergeben, die einer der LEGO-

Farben entspricht (Weiß, Blau, Schwarz, Grün, Gelb, Rot, Dunkeltürkis, Violett oder keine Farbe).

Die App

Die LEGO-Mindstorms-App verwendest du zum Programmieren deiner Roboter. Die App kann auf vielen Geräten laufen, darunter Computer mit Windows 10, mit macOS sowie Smartgeräte mit Android und iOS (sowohl Smartphones als auch Tablets). Prüfe vor dem Kauf des Roboter-Erfinder-Sets, dass dein Gerät die für den Betrieb der App nötigen Mindestanforderungen erfüllt. Die Informationen zur Gerätekompatibilität und Mindestanforderungen findest du auf der offiziellen Supportseite von LEGO: <https://www.lego.com/de-de/service/device-guide/mindstorms-robot-inventor>.

Selbst wenn du die App schon mit den fünf Robotern verwendet hast, die Teil des Roboter-Erfinder-Sets sind, könntest du manches Detail oder Merkmal der App übersehen haben, oder du hast vielleicht selbst noch kein Programm in der App geschrieben. Daher beschreibe ich die Programmierblöcke und die Eigenschaften der App, wie wir sie in den folgenden Kapiteln verwenden.

So nutzt du dieses Buch

Dieses Buch hat einen projektbasierten Ansatz. In jedem Kapitel erstellst du einen vollständigen Roboter. Ich habe die spannendsten, unterhaltsamsten und interaktivsten Modelle gewählt, die ich mir vorstellen konnte, von einem Transformer über einen Flipper bis zu einer elektrischen Gitarre, und noch ein paar mehr. Jedes Projekt baut auf den in den vorhergehenden Kapiteln gewonnenen Kenntnissen

auf, weshalb ich empfehle, die Kapitel der Reihe nach durchzugehen.

Teil eines jeden Kapitels sind schrittweise Anleitungen für den Bau des jeweiligen Roboters. Beim Befolgen der Anleitungen lernst du viele coole Bautechniken, die du auf deine eigenen LEGO-Kreationen anwenden kannst. Der andere Teil jedes Kapitels erläutert, wie du dem Roboter mittels der Programmiersprache Scratch sagst, was er tun soll. Wir sprechen jedes Programm im Detail durch, damit du siehst, wie es funktioniert und wie du deine eigenen Programme schreiben kannst. Wenn du es aber eilig hast oder einfach nicht abwarten kannst, mit den Robotern aus dem Buch zu spielen, dann kannst du alle Programme für die Roboter (ihren *Quellcode*) unter <https://www.nostarch.com/lego-mindstorms-robot-inventor-activity-book/> herunterladen. Vergiss nicht, für Updates und ergänzende Materialien zu diesem Buch und LEGO Mindstorms im Allgemeinen meine Website <https://robotics.benedettelli.com/> mit einem Lesezeichen zu versehen.

Zusammenfassung

Das LEGO-Mindstorms-Roboter-Erfinder-Set schließt alles ein, was du für den Bau starker, origineller Roboter benötigst. Es umfasst viele LEGO-Technic-Elemente aus Kunststoff, aber das wahre Herz – oder eher das Gehirn – des Sets ist der Hub, ein programmierbarer Baustein, den du zum Steuern der Motoren und Sensoren des Sets verwenden kannst.

Im nächsten Kapitel erfährst du, wie du einen Baseball spielenden Roboter von Grund auf programmierst.

2

Baseballschläger

»Take me out to the ball game ...«
J. Norworth & A. Von Tilzer

Die einfache Vorrichtung, die du gleich bauen wirst, ist ein Baseball spielender Roboter ([Abbildung 2-1](#)). Dieses Projekt führt dich an die drei Stufen eines jeden Robotersystems heran: Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe.

Eingaben sind Daten aus der Welt außerhalb des Roboters. In diesem Fall erfolgt die Eingabe durch die LEGO-Sensoren, die erkennen, wenn sich der Ball nähert. Verarbeitung erfolgt, wenn wir diese Eingabe nehmen und damit etwas tun. Die *Verarbeitung* erfolgt im Hub, der ein Programm laufen lassen wird, das wir schreiben werden. Das Programm wird dem Roboter sagen, auf den Ball zu warten und dann den Schläger zu schwingen.

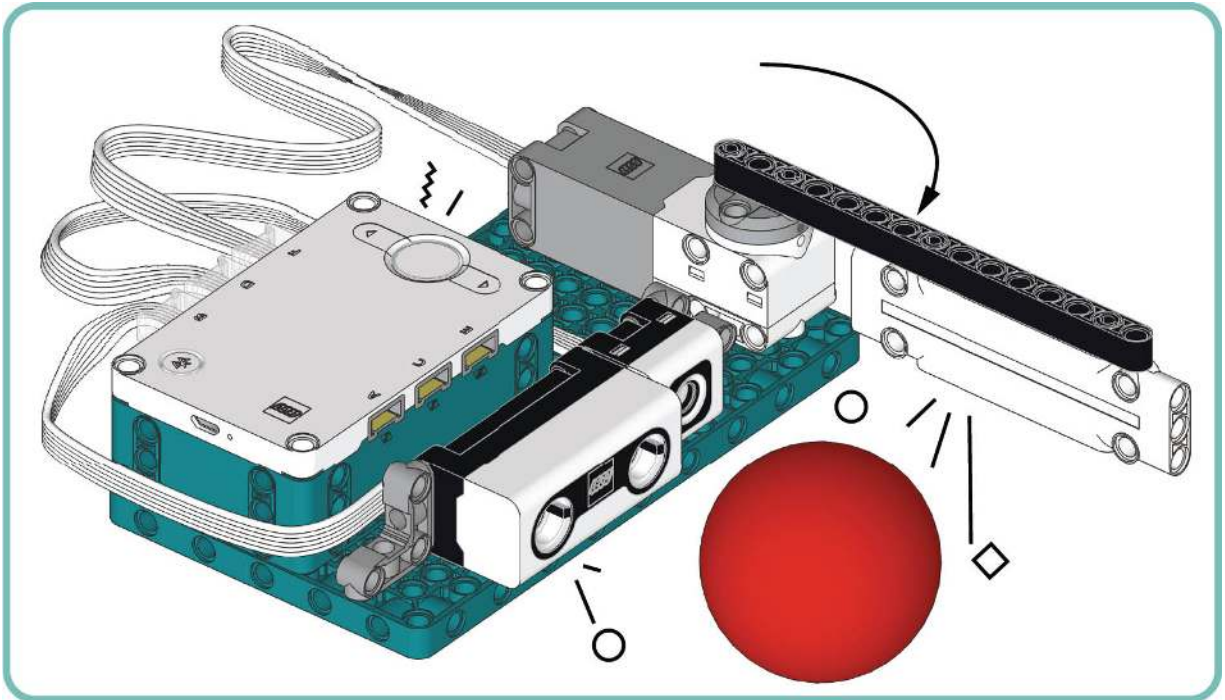


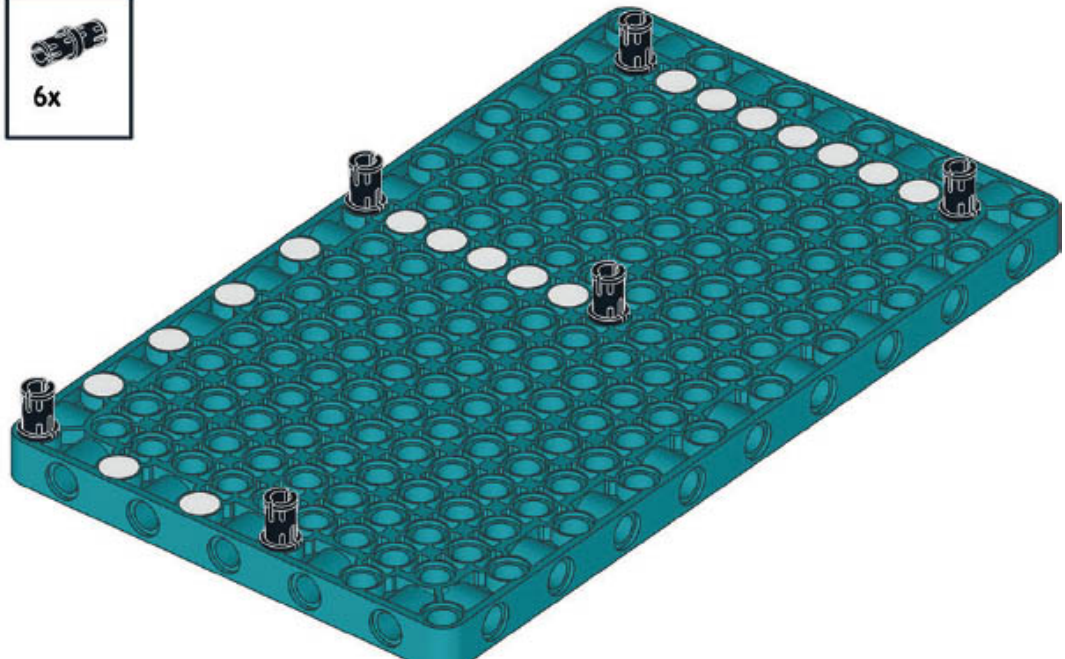
Abbildung 2-1: Der Baseballschläger ist eine einfache Vorrichtung, die dir bei deinen ersten Schritten zur Programmierung von Robotern hilft.

Ausgabe ist das, was der Roboter als Resultat der Verarbeitung tut. Unsere Ausgabe wird eine Handlung sein: Der Motor schwingt den Schläger, um den Ball zu schlagen. Wir können noch mehr Spaß mit dem Roboter haben, indem wir weitere Ausgaben hinzufügen, wie zum Beispiel das Abspielen eines Soundeffekts und die Anzeige einer netten Animation auf dem Hub-Display.

Den Baseballschläger bauen

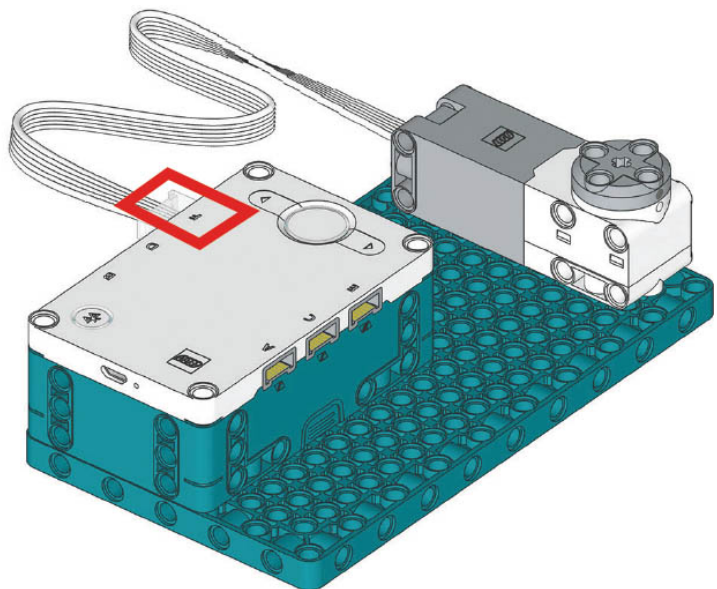
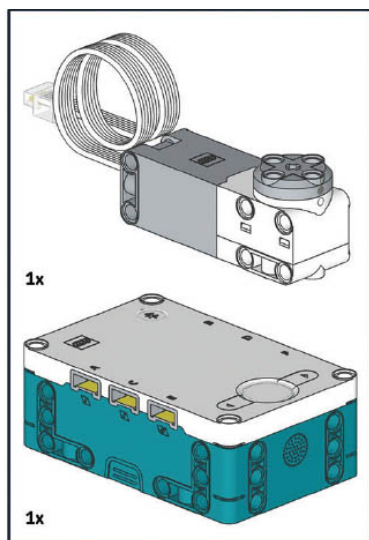
In diesem Abschnitt findest du die schrittweise Anleitung zum Bau des Baseballschlägers. In jedem Schritt zeigt der erste Kasten die Teile, die du für diesen Schritt benötigst.

1



Die weißen Punkte helfen dir, die schwarzen Technic-Pins in die richtigen Löcher zu stecken. Die dunkeltürkisfarbene Technic-Grundplatte wird in der Teileliste nicht angezeigt, um Platz zu sparen.

2



Schließe den Motor an Port F des Hubs an.

Im Verlauf des Buchs siehst du manchmal neben einem Teil eine Zahl in einem Kreis (für Achsen oder Paneele) oder in einem Kästchen (für Balken). Diese Zahl nennt dir die Länge

des Teils in LEGO-Einheiten oder *Noppen*. Du kannst die Länge eines Balkens durch Zählen seiner Löcher ermitteln. Du kannst die Länge von Achsen ermitteln, indem du sie neben einen Balken legst und die Löcher im Balken zählst. [Abbildung 2-2](#) zeigt zum Beispiel eine 5 Noppen lange Achse (5L) neben einem 9L-Balken.

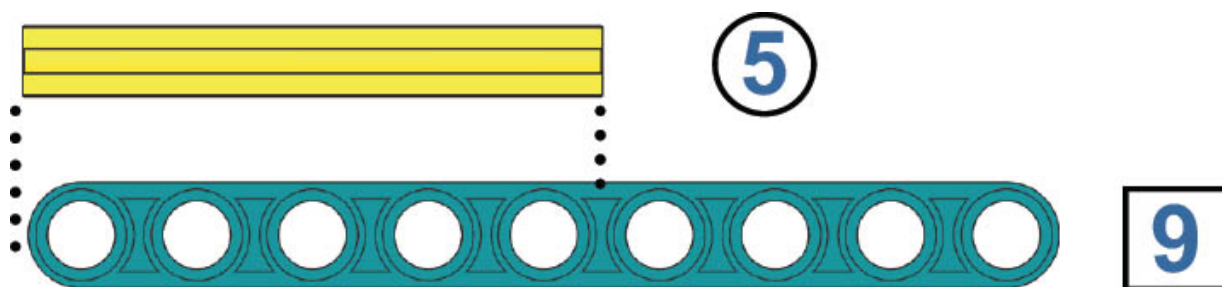
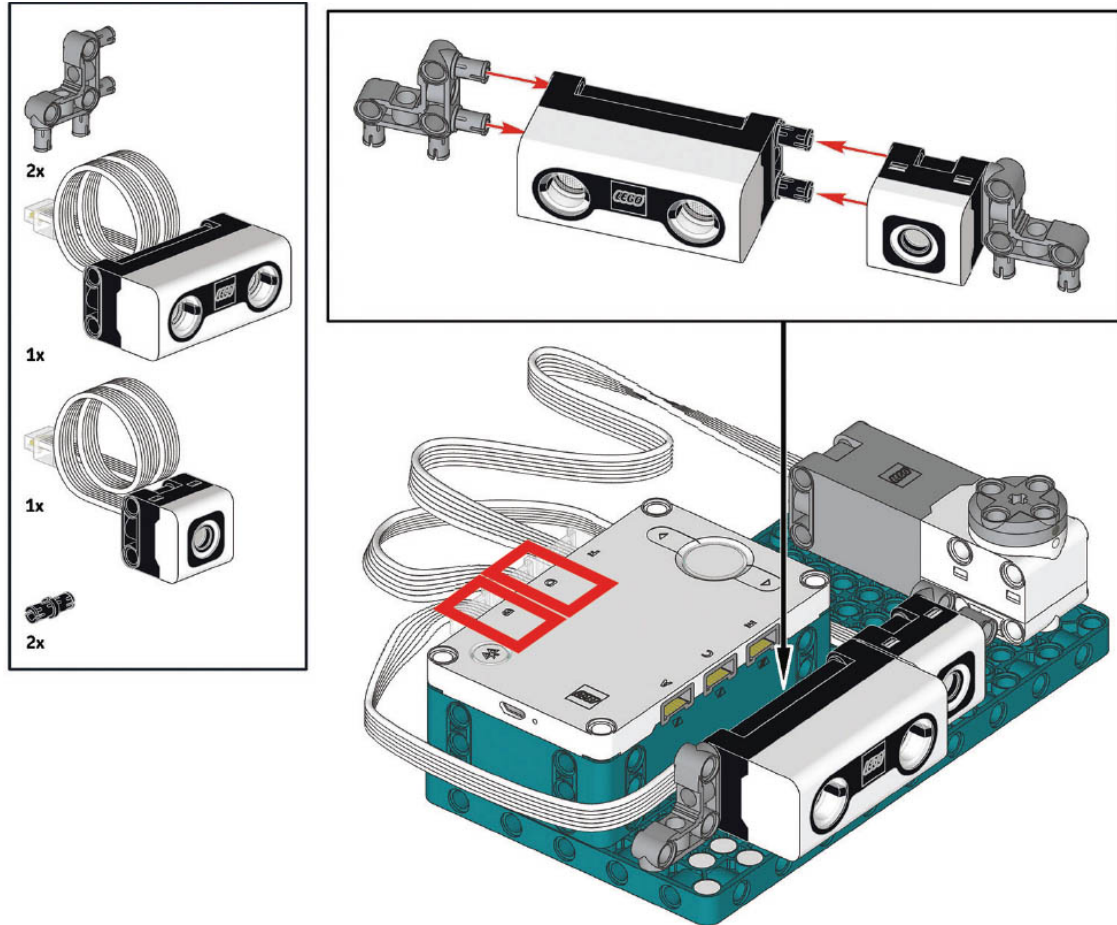


Abbildung 2-2: Du kannst die Länge eines Balkens durch Zählen seiner Löcher ermitteln. Zum Ermitteln der Länge einer Achse halte sie neben einen Balken und zähle die Löcher im Balken.

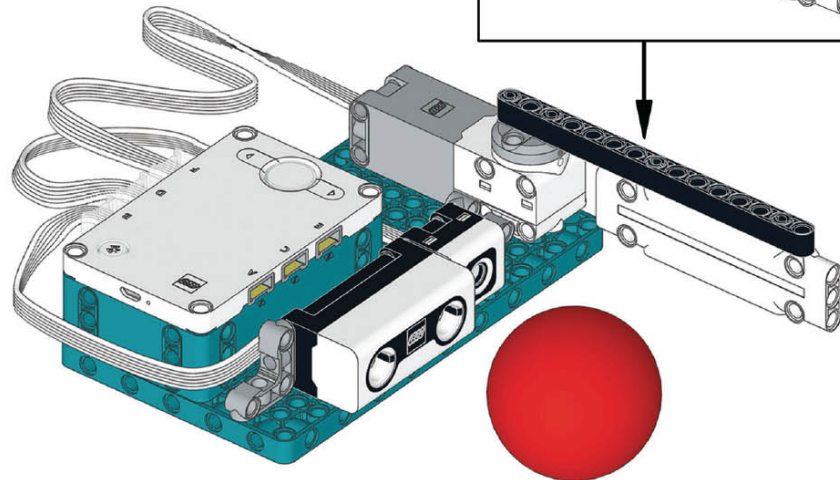
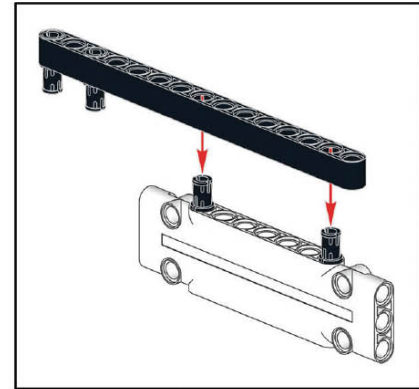
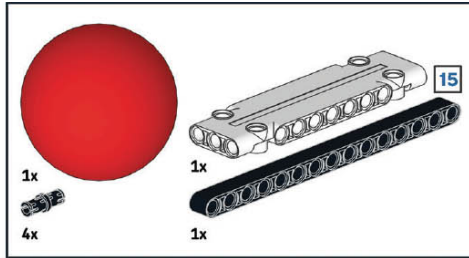
3



Wenn du ein Submodell in seinem eigenen Kasten wie hier siehst, dann baue es zusammen, bevor du es an das Hauptmodell montierst.

SchlieÙe den Abstandssensor an Port B und den Farbsensor an Port D an.

4



Das Modell ist vollständig!

Den Schläger programmieren

Jetzt, da du den Roboter gebaut hast, ist es an der Zeit, ihm zu sagen, was er tun soll. Mit anderen Worten: Du musst ihn programmieren. Vielleicht kennst du eine andere Bezeichnung für das Programmieren: *Codieren*. Beim Programmieren schreibst du Code mit Anweisungen, die eine Maschine wie ein Roboter verstehen kann. Ich führe dich schrittweise durch den Ablauf des Programmierens des Baseballschlägers, damit du siehst, wie man in der Mindstorms-App Code schreibt. Denke dran, dass du den gesamten in diesem Buch verwendeten Code unter <https://nostarch.com/lego-mindstorms-robot-inventor-activity-book/> herunterladen kannst.

HINWEIS Wenn du bereits Experte in der Anwendung der Mindstorms-App bist, dann kannst du dir das vollständige Programm in [Abbildung 2-5](#) ansehen, bevor du direkt zu »[Das Programm verstehen](#)« auf [Seite 12](#) gehst.

Einführung zur App

Starte die LEGO-Mindstorms-App mit einem Doppelklick oder Antippen ihres Symbols, je nachdem, welches Gerät du verwendest. Nach wenigen Augenblicken sollte der Lobby-Bildschirm erscheinen. Auf einem Computer sollte es wie in [Abbildung 2-3](#) aussehen. Auf kleineren Bildschirmen siehst du nur jeweils einen Roboter. In jedem Fall solltest du am unteren Bildschirmrand vier Tasten sehen und eine oben rechts.

Die unteren Schaltflächen von links nach rechts: Die *Startseite*-Schaltfläche bringt dich zur Lobby, *Community* zeigt eine Liste von Erfindungen, die von LEGO-Fans ausgetüftelt wurden, *Projekte* zeigt dir eine Liste der von dir erstellten Projekte, und *Programmieren* führt dich direkt in die Programmierumgebung. Die *Einstellungen*-Taste in Gestalt eines Zahnrads in der oberen rechten Ecke des Bildschirms zeigt Einstellungen daneben führt ein Knopf mit einem Fragezeichen zum Hilfe-Center.