

Sommerurlaub von allein bildete, als das Buch nur aus einigen gekritzeltten 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 sechsachsige *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.

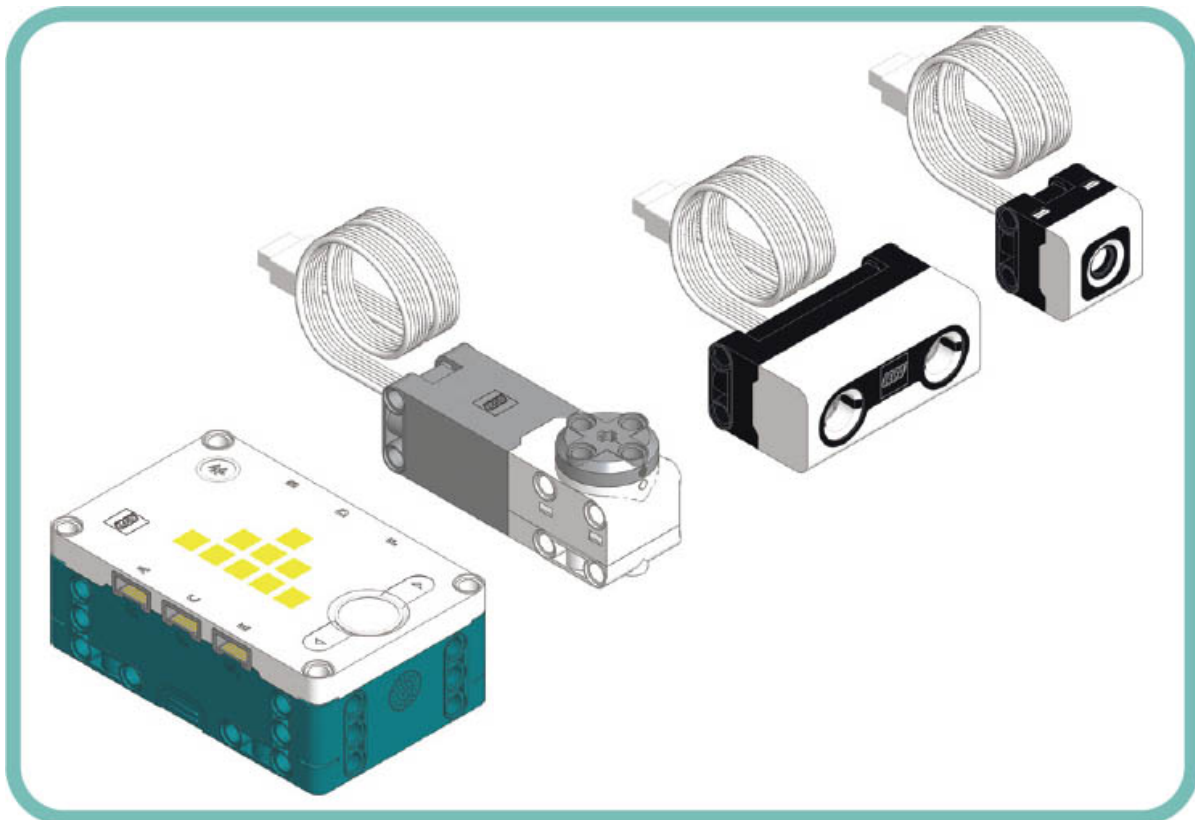


Abbildung 1-1: Die im LEGO-Mindstorms-Set enthaltenen elektronischen Elemente: (von links) der Hub, einer der vier Medium-Motoren, der Abstandssensor und der Farbsensor

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.