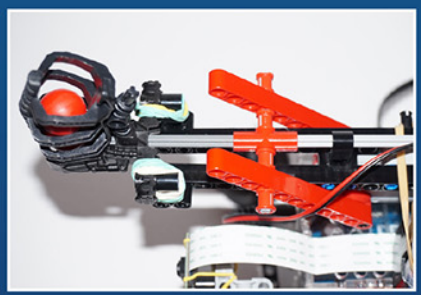
mitp

Thomas Kaffka

LEGO®-Roboter

bauen, steuern und programmieren

mit Raspberry Pi und Python



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Die Robotertechnologie wird in unserem alltäglichen Leben immer präsenter. Es gibt Roboter, die unseren Boden kehren, die unseren Rasen mähen oder uns in einem gewissen Umfang bedienen können. In der Industrie werden schon seit Längerem Roboter zur Fertigung eingesetzt. Es werden von ihnen dort aber auch Überwachungs- und Serviceleistungen erbracht. Es spannt sich schon jetzt ein weites Feld auf, in dem Roboter eingesetzt werden können.

Abb. 1: Roboter, die beispielsweise in der industriellen Fertigung eingesetzt werden können (mit freundlicher Genehmigung der Firma KUKA AG, Augsburg)

Und die Einsatzmöglichkeiten werden immer ausgefeilter. Es befinden sich Roboter in der Entwicklung, die kranke und alte Menschen versorgen können, oder Roboter, die uns eine echte Küchenhilfe sein können.

Außerdem wäre die Erforschung anderer Planeten, wie beispielsweise des Mars, ohne Roboter nicht denkbar. Aktuell befindet sich der NASA-Roboter »Perseverance« (Ausdauer) auf dem Mars, um diesen nach Lebensspuren zu erkunden.

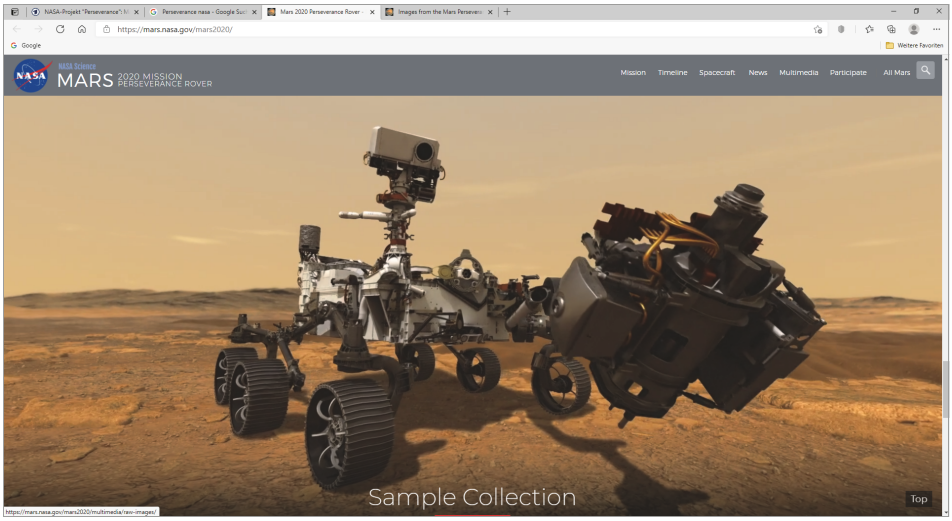


Abb. 2: Der Roboter Perseverance (Quelle: NASA-Webseite)

Wegen der großen Entfernung zwischen Mars und Erde sind die Signale, die der Roboter und das Kontrollzentrum der NASA austauschen, etwa drei Minuten unterwegs (der Mars ist zurzeit etwa 56 Mio. km von der Erde entfernt und die Lichtgeschwindigkeit beträgt etwa 300.000 km/sec). Diese Zeit ist zu lang, als dass die NASA den Roboter in Echtzeit steuern könnte. Es ist nur möglich, dem Roboter generelle Befehle zu senden, die er dann autark ausführt.

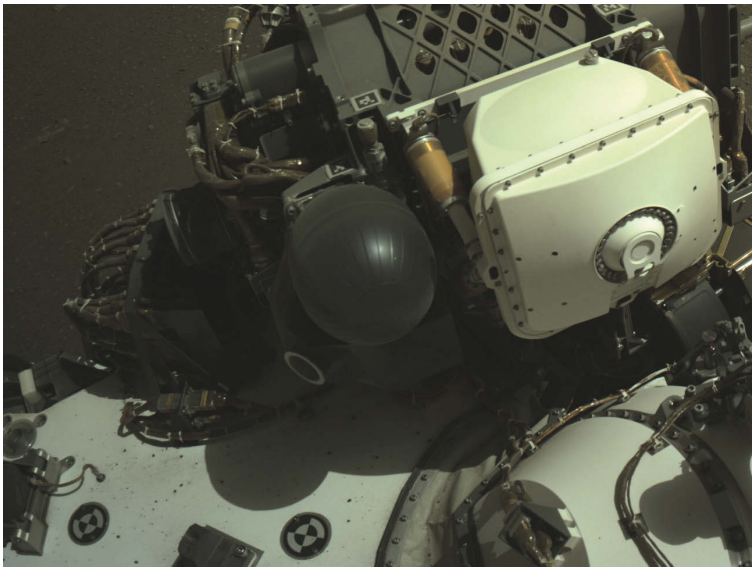


Abb. 3: Perseverance fotografiert sich selbst. (Quelle: NASA: NASA/JPL-Caltech)

Der Roboter muss, um seine Aufgaben zu erfüllen, eigenständig Entscheidungen treffen können. Dazu ist eine gewisse Intelligenz notwendig.

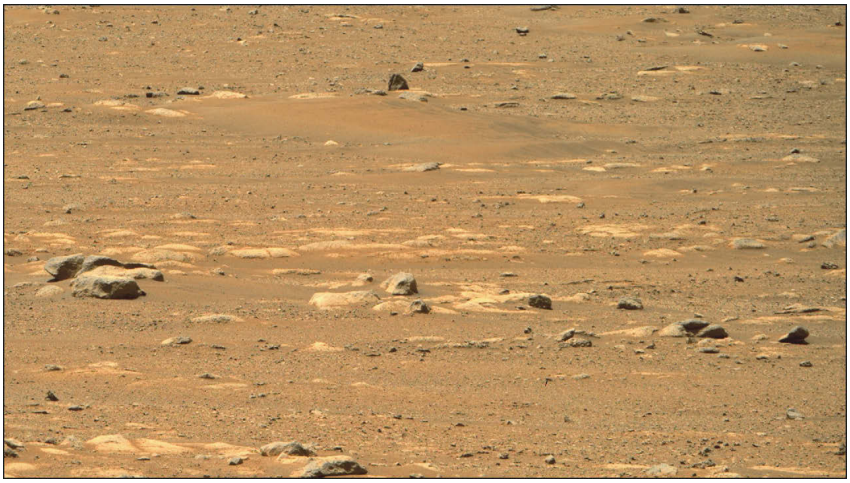


Abb. 4: Perseverance fotografiert die Marslandschaft. (Quelle: NASA: NASA/JPL-Caltech/ASU)

Wie Roboter so agieren können, erfahren Sie in diesem Buch. Sie lernen Grundfertigkeiten von Robotern kennen, die für verschiedene Aufgaben angewendet werden können. Vielleicht verfügt ja ein NASA-Roboter auch über eine von mir vorgestellte Grundfertigkeit.

Sie können mit diesem Buch alles praktisch erkunden, indem Sie meine Roboter mit LEGO-Teilen nachbauen, um so einen persönlichen Eindruck von der Leistungsfähigkeit auch schon kleinerer Roboter zu erlangen. LEGO-Teile haben dabei den Vorteil, dass Sie einen aufgebauten Roboter später wieder zerlegen und dann einen neuen bauen können.

Wir beschäftigen uns zunächst mit der generellen Steuerung von Robotern, später aber auch mit Themen der »Künstliche Intelligenz Forschung«. Sie werden neuronale Netze und ein Expertensystem einsetzen, um Roboter zu steuern. Solche Roboter besitzen schon eine gewisse Grundintelligenz und treffen intelligente Entscheidungen auf der Basis eigener Steuerungen.

Mit dem Buch arbeiten

Dieses Buch ist in drei Teile geteilt. Als Erstes stelle ich die Hardware für die Roboter vor. Danach gebe ich Ihnen eine Einführung in Python, die von mir zur Robotersteuerung verwendete Programmiersprache. Im dritten Teil stelle ich Ihnen elf Projekte vor, bei denen Sie selbst Roboter bauen und programmieren. Sie lernen dabei sukzessive die Roboter-Programmierung mit der Programmiersprache

Python, aber auch Konzepte kennen, die zur Steuerung von Robotern herangezogen werden.

Ich verwende zum Bau des Chassis der Roboter Bauteile aus dem LEGO-EV3-Baukasten. Sie können natürlich auch die Bauteile aus eigenen Beständen verwenden oder sich gewisse Teile, die Ihnen fehlen, von LEGO bestellen (Einzelteillisten befinden sich jeweils im Download zum Buch auf der Webseite `www.mitp.de/0310`). Ein Teil der Roboter wird mit den zum EV3-Baukasten gehörenden Motoren und Sensoren ausgestattet. Ich verwende aber auch LEGO-Sensoren, die dazugekauft werden können. Allgemein können Sie sich sämtliche LEGO-Komponenten separat beschaffen (richten Sie sich dazu an den oben genannten Teilelisten aus). Ein EV3-Baukasten ist natürlich nicht unbedingt erforderlich, Sie hätten aber so die Bauteile, bis auf die Hitechnic-Sensoren, komplett vorliegen.

Drei Projekte (Kapitel 18 bis 20) erstelle ich mit Fremdkomponenten im Sinne von allgemeinen Technikkomponenten, die nicht von LEGO sind. Es handelt sich dabei um Getriebemotoren und Sensoren wie einen Fototransistor oder Kommunikationsmittel wie eine LED. Wenn Sie Interesse haben, diese Projekte mit Fremdkomponenten zu erarbeiten, werden Sie in diesem Rahmen mit dem Lötkolben basteln.

Als Computer, der die Roboter steuert, verwende ich den *Raspberry Pi*-Computer. Dabei handelt es sich um einen etwa scheckkartengroßen Einplatinencomputer, der durch das Betriebssystem Linux gesteuert wird.

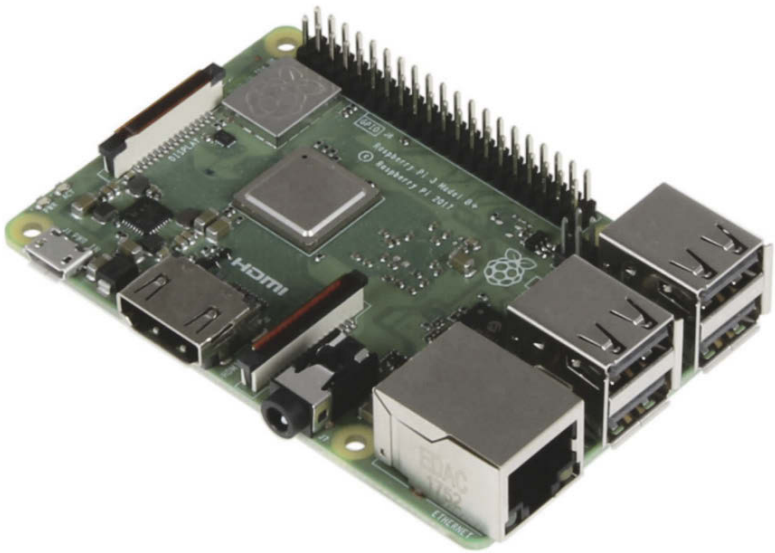


Abb. 5: Der Raspberry Pi

Er verfügt, wie Sie noch sehen werden, über eine Hardwareschnittstelle in Form von 40 kleinen Pins, an die die Roboterhardware zur Steuerung angeschlossen werden kann.

Zusätzlich verwende ich den *BrickPi3*. Das ist eine Hardwareplatine, die auf den Raspberry Pi gesteckt wird, um die LEGO-Hardware zu steuern. Der Verbund von Raspberry Pi und BrickPi3 erledigt dabei die Aufgaben, die der EV3-Baustein im LEGO-Baukasten erledigen würde. Der Vorteil bei der Verwendung des Raspberry Pi besteht darin, dass Sie zum einen eine vollwertige, momentan sehr aktuelle Programmiersprache (Python) einsetzen können, um Ihre Roboter zu steuern, der Einsatz neuronaler Netze wäre anders gar nicht denkbar. Zum anderen lernen Sie einen sehr interessanten und preiswerten Computer kennen, den Sie auch für andere Aufgaben verwenden können. Er verfügt über ein Betriebssystem, das *Raspberry Pi OS*, das eine grafische Benutzeroberfläche hat, sodass sich auch Apple- und Windows-Benutzer sehr schnell heimisch fühlen werden.

Der LEGO Digital Designer 4.3

Ich habe die Bauanleitungen zu den einzelnen Robotern mit dem Tool »LEGO Digital Designer 4.3« (`https://www.lego.com/de-de/ldd`) erstellt und diese in entsprechenden Dateien gespeichert, die dem Download zum Buch unter `www.mitp.de/0310` beiliegen (die Dateien haben die Endung `.lxf`). Auf diese Weise können Sie alle Roboter-Modelle im Buch ganz einfach nachbauen.

Wenn Sie, nachdem Sie den LEGO Digital Designer installiert haben, auf die Datei doppelklicken, wird das Programm gestartet und das Modell angezeigt. Da LEGO dieses Tool per Internetserver nicht mehr unterstützt, wird eine Fehlermeldung angezeigt, die Sie mit einem Klick auf den OK-Button quittieren.

In der oberen rechten Ecke der Buttonleiste befindet sich der Button  , mit dem Sie die Bauanleitung generieren können. Danach können Sie mit den Pfeilbuttons zwischen den einzelnen Steinen hin- und herschalten und das Modell erstellen. Da es für den BrickPi3 natürlich kein Symbol im Programm gibt, habe ich den Platz, den er einnimmt, im Modell immer frei gelassen.

Nun sind Sie sicherlich schon ganz gespannt auf die Themen, die ich Ihnen in meinem Buch zeigen werde, daher sollten wir sofort in die Behandlung der Technologie einsteigen. Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre meines Buches und beim Bau und der Programmierung der vorgestellten Roboter.

Thomas Kaffka, im Juli 2021

Teil I

Die Hardware für die Roboter

In diesem Teil:

Kapitel 1

LEGO als Grundlage für unsere Roboter

Es ist eine gute Idee, LEGO-Komponenten zum Roboterbau zu verwenden. Ein aufgebauter Roboter kann immer wieder zerlegt werden und ein neuer erfunden und gebaut werden. Der eigenen Fantasie sind dabei grundsätzlich keine Grenzen gesetzt. Daher verwende ich in meinem Buch LEGO-Komponenten, um ein Roboterchassis zu erstellen. Ich lege dabei die Bauteile des LEGO-EV3-Baukastens zugrunde.

Leser, die diesen Baukasten nicht besitzen, aber über LEGO-Bausteine verfügen oder gewillt sind, sich diese anzuschaffen, können auch ganz entspannt sein. Denn ich gebe bei jedem Roboter eine Teileliste über die LEGO- oder Fremdkomponenten an, die ich für den jeweiligen Roboter verwende. Diese Teilelisten sind im Download zum Buch (`www.mitp.de/0310`) sowie in den einzelnen Kapiteln zu finden.

1.1 Roboter als Bausatz

Sie könnten sich natürlich, wenn Sie sich mit der Robotik beschäftigen möchten, auch einen Bausatz zu einem fertigen Roboter anschaffen, statt eigene Roboter aus LEGO zu bauen. Diese Roboter haben aber den Nachteil, dass es sich um fertige Maschinen handelt, die in ihren Freiheitsgraden eben deshalb beschränkt sind. Wenn man ihre Motoren und sonstigen Aktoren programmiert hat, ist es nicht mehr interessant, sich mit ihnen weiter zu beschäftigen.

Dazu hier einige Beispiele von Robotern, die ich mir unter anderem angeschafft habe (Abbildung 1.1 bis Abbildung 1.3).

Der YETI (Abbildung 1.1) ist ein einfacher Roboter, der über zwei Beine verfügt. Er ist mechanisch so aufgebaut, dass er mit zwei Servomotoren gesteuert werden kann. Um zu gehen, verlagert er sein Gewicht auf eines der beiden Beine und bewegt das andere vor. Danach wird das gegenüberliegende Bein belastet. Ich habe für den Roboter zusätzlich ein Vier-Segment-Display angeschafft und eingebaut. Damit kann er Meldungen oder seinen Status mitteilen.

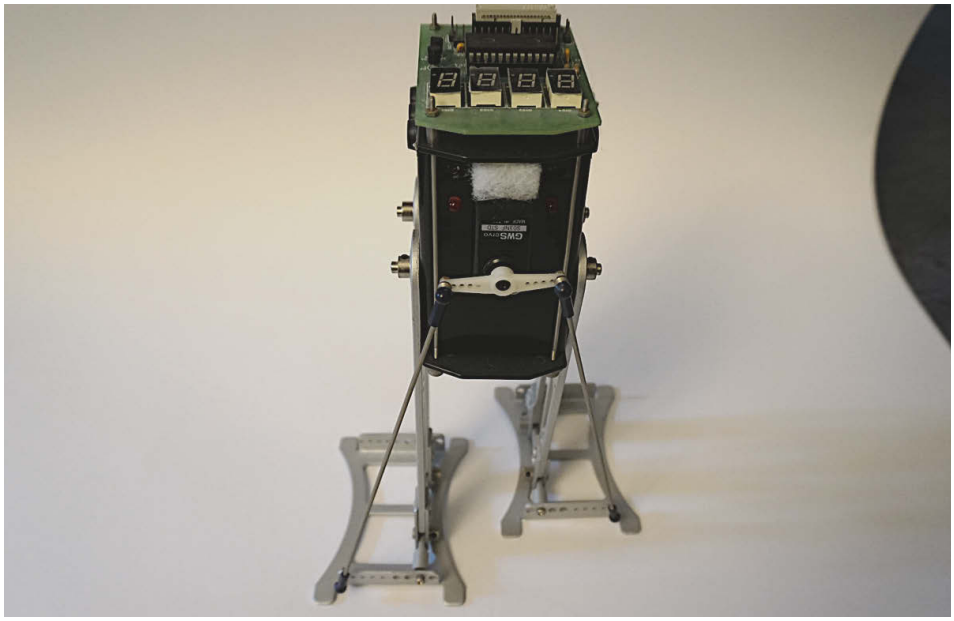


Abb. 1.1: Der YETI von AREXX Engineering

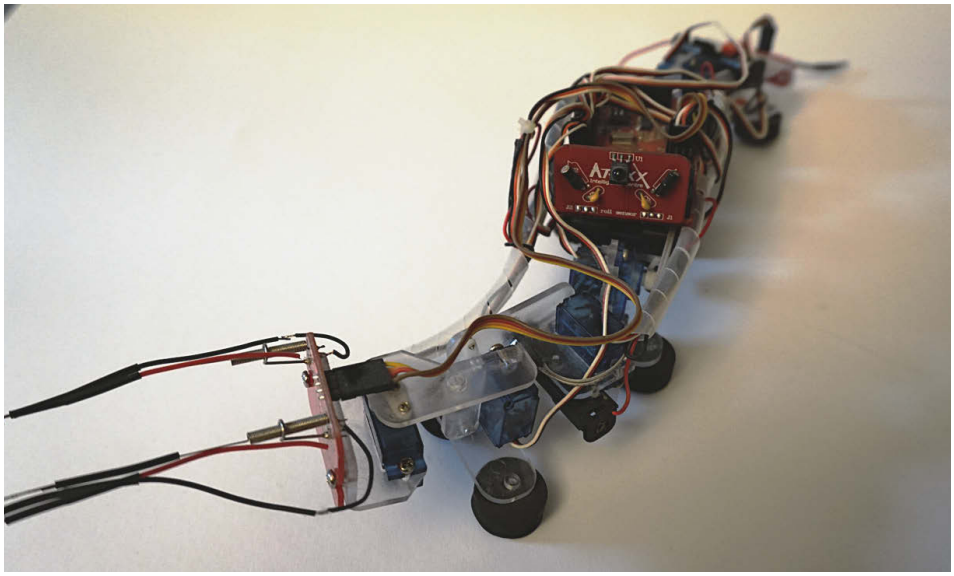


Abb. 1.2: Die Caterpillar von AREXX Engineering

Die Caterpillar ist ein wurmförmiger Roboter. Sein Körper ist in verschiedene Segmente geteilt, die sich durch Servomotoren jeweils auf und ab oder links und rechts bewegen lassen. Durch eine koordinierte Ansteuerung der Motoren ist der

Roboter in der Lage, sich fortzubewegen. Seine Sensoren sind zwei Antennen vorne und eine Antenne hinten sowie ein Rollsensor.

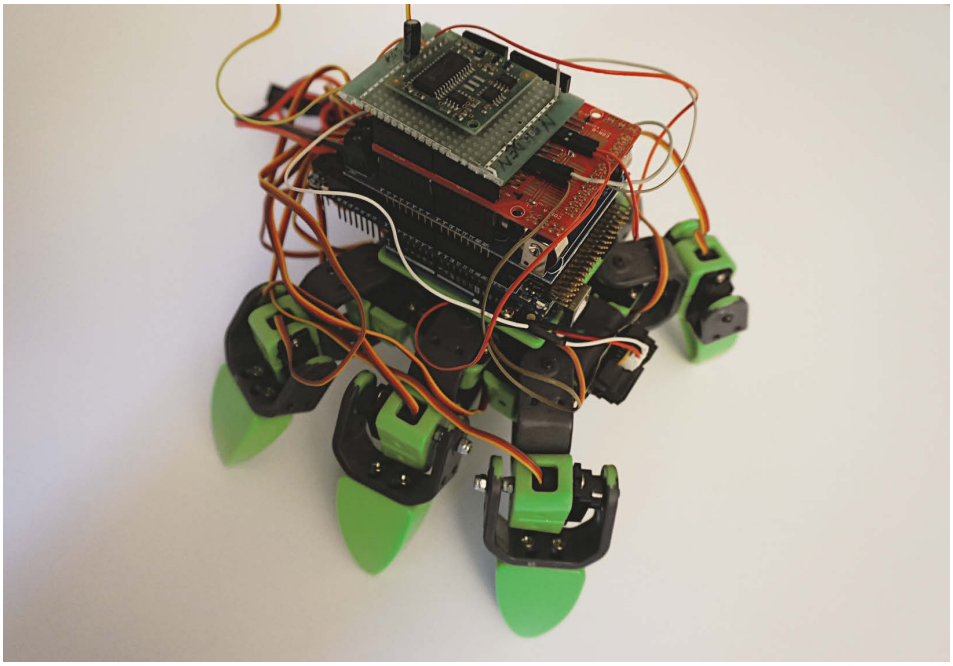


Abb. 1.3: Der ALLBOT von Velleman

Der ALLBOT ist ein sechsbeiniger Roboter, der entsprechend anspruchsvoll programmtechnisch gesteuert wird. Die sechs Beine müssen sich ja koordiniert bewegen, damit er sich vorwärtsbewegt. Dem Roboter habe ich einen Infrarotsensor (vorne am Chassis) spendiert, damit er Abstände zu einem Hindernis messen kann, sowie einen Kompass-Sensor (oberste Platine), der ihn befähigt, die Richtung zu bestimmen, in der er sich bewegt.

Natürlich kann man mit den vorgestellten Robotern vortrefflich experimentieren und diese auch mit zusätzlichen elektronischen Komponenten erweitern. Aber irgendwann hat man sie ausgereizt und dann stehen sie nur noch herum und sehen schön aus. Das ist schade.

Daher gehe ich in diesem Buch einen anderen Weg und verwende LEGO-Komponenten sowie elektronische Fremdkomponenten, um Roboter zu bauen. LEGO-Roboter haben den Vorteil, dass man sie, nachdem man sich ausführlich mit ihnen beschäftigt hat, zerlegen und dann einen neuen Roboter bauen kann. Wenn man LEGO für seine Roboter verwendet, wird dieses interessante Hobby niemals langweilig.

1.2 LEGO mit Elektronikkomponenten versehen

Das LEGO-Mindstorms-System bietet Computer, Motoren und Sensoren für den Bau von Robotern aus LEGO-Technikteilen an. Diese originalen LEGO-Bauteile sind im Vergleich zu Fremdkomponenten sehr teuer. Daher können sowohl die Originalteile als auch – als Alternative – elektronische Fremdkomponenten verwendet werden, wie Sie in den letzten drei Kapiteln zu den Roboterprojekten sehen können.

1.2.1 Folgende LEGO-Elektronikkomponenten werden verwendet

Für die Modelle im Buch verwende ich die folgenden LEGO-Komponenten.

Abb. 1.4: Der LEGO-Colorsensor

Abb. 1.5: Der LEGO-Infrarotsensor

Abb. 1.6: Der LEGO-Touchsensor

Abb. 1.7: Der Hitechnic-Kompass-Sensor

Abb. 1.8: Der mittlere Motor von LEGO EV3

Abb. 1.9: Der LEGO-EV3-Motor

Abb. 1.10: Der Hitechnic-Gyrosensor

1.2.2 Folgende Fremdkomponenten werden verwendet

Ein echter Elektronik-Bastler hat keine Angst vor Komponenten von Drittanbietern. Diese Bauteile haben den enormen Vorteil, dass sie teilweise nur einen Bruchteil der originalen LEGO-Komponenten kosten. Man muss allerdings bereit sein, auch mal etwas zu löten, da beispielsweise der Lichtsensor zusammengebastelt werden muss. Aber keine Bange, das kriegen Sie hin.

Ich verwende beim elektronischen Basteln einen 16-Watt-Lötkolben. Seine Leistung darf nicht zu hoch sein, damit die elektronischen Bauteile keinen Schaden nehmen. Dazu benötigt man noch eine Spule Lötzinn und wer es ganz komfortabel haben möchte, der legt sich noch eine Abisolierzange zu, fertig.

Als Fremdkomponenten setze ich die folgenden Bauteile ein.

Abb. 1.11: Der Lichtsensor (Fototransistor)

Abb. 1.12: Der Touchsensor (Mikroschalter)

Abb. 1.13: Die Raspberry-Pi-Kamera

Abb. 1.14: Getriebemotor plus Reifen und Encoder

Abb. 1.15: Die LED

Abb. 1.16: Der Piezo-Schallgeber

Teil III

Projekte

Sie haben jetzt einen Überblick über den Raspberry Pi sowie den BrickPi3 erhalten. Sie haben bereits etwas programmiert und ein paar Hardwarekomponenten eingesetzt. Das war sicherlich schon spannend, aber es geht natürlich noch mehr.

In den jetzt folgenden Kapiteln stelle ich jeweils einen Roboter vor. Ich gehe auf das Basteln des Roboters aus LEGO-Komponenten und in den letzten drei Kapiteln auf die Verwendung von Fremdkomponenten ein. Aber die Roboter werden natürlich auch programmiert.

Sie erfahren, wie Sie einen Roboter mit Motoren bewegen und Sie lernen die verschiedenen Sensoren kennen, mit denen ein Roboter gesteuert werden kann. Beispielsweise, wie ein Roboter mithilfe einer Kamera »sehen« kann.

Dabei lernen Sie die grundsätzliche Steuerung eines Roboters kennen, aber auch anspruchsvollere Anwendungen. Ich stelle Ihnen neuronale Netze vor, mit denen Roboter intelligent gesteuert werden können. Weiterhin arbeiten Sie sich in das Prinzip eines Expertensystems ein, das auch ein Instrument der Künstlichen Intelligenz ist.

Das alles soll Ihnen dieses spannende Gebiet näherbringen und so lernen Sie ganz nebenbei auch noch das Programmieren mit Python.

Projekte mit dem BrickPi3 und LEGO-Komponenten

In diesem Teil:

Kapitel 10

Wänden und Gegenständen ausweichen

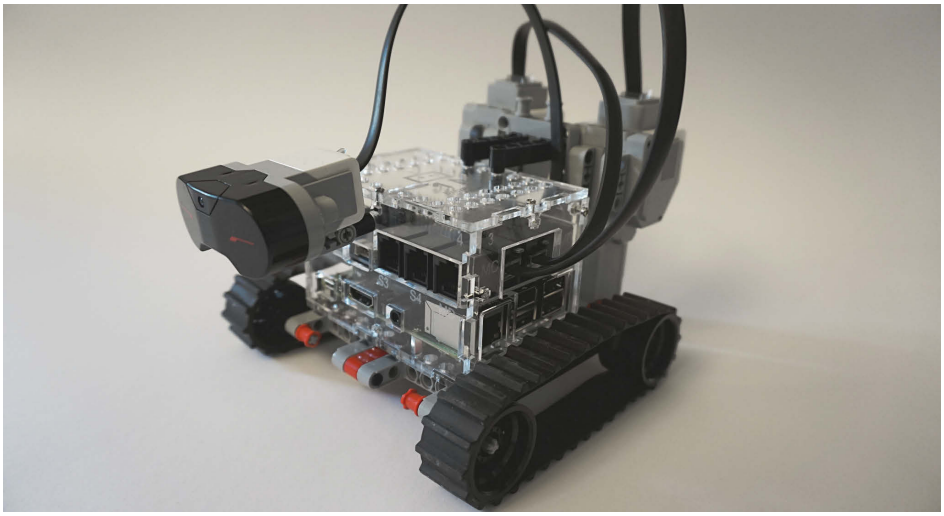


Abb. 10.1: Wänden und Gegenständen ausweichen

Der in diesem Kapitel vorgestellte Roboter hat die Aufgabe, Wänden und Gegenständen auszuweichen. Er verfügt über zwei Motoren, die ihn antreiben. Diese setzen dazu zwei Raupenriemen in Bewegung. Vorne am Roboter ist der Infrarotsensor befestigt, um den Abstand zu den Wänden und Gegenständen zu messen.

Starten Sie das Programm dieses Kapitels zunächst mit Tastatur und Bildschirm. Ziehen Sie dann die Kabel vom Raspberry Pi ab. Das sind: das HDMI-Kabel, das Tastaturkabel, das Mauskabel sowie das Kabel des Netzteils. Der Batterieschalter rechts neben dem Batterieanschluss muss dabei eingeschaltet und das Batteriepack angeschlossen sein. Wenn Sie den Roboter auf den Boden setzen und danach Ihre Hand weniger als fünf Zentimeter vor den Infrarotsensor halten, wird der Roboter eingeschaltet und fährt los. Trifft er auf eine Wand, stoppt er, setzt zurück und wendet ein wenig. Danach fährt er weiter geradeaus.

Das ist genau das Prinzip, nach dem die modernen Staubsaugerroboter funktionieren. Es fehlt nur noch einen Saugmotor unter dem Roboterchassis und fertig ist der Staubsaugroboter.

Sie können den Roboter ausschalten, indem Sie Ihre Hand wieder weniger als fünf Zentimeter entfernt vor den Infrarotsensor halten. Danach können Sie die erwähnten Kabel wieder einstecken.

Der Roboter in Aktion

youtu.be/
qCENsSaqnZU

Sie können ein Video mit dem Roboter im Einsatz sehen, wenn Sie dem QR-Code folgen.

10.1 Das LEGO-Modell

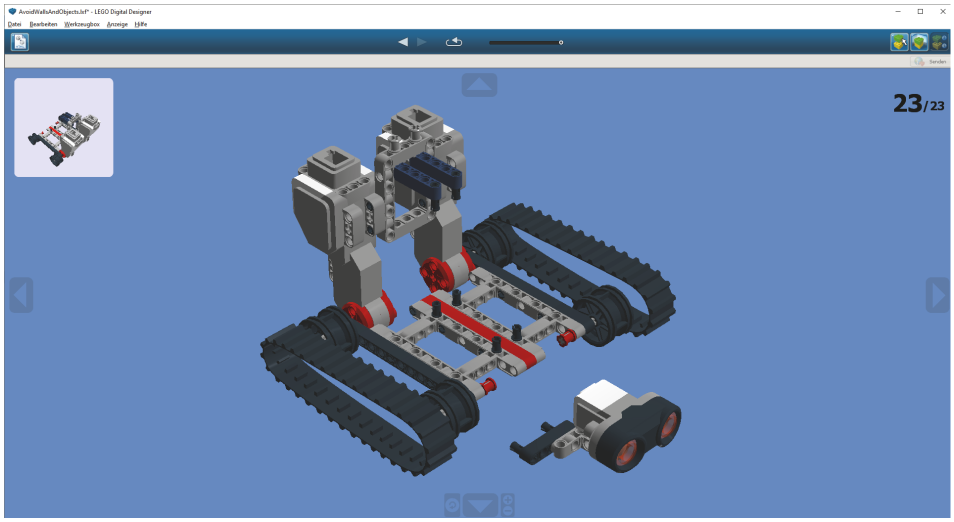


Abb. 10.2: Die Bauanleitung

Die Bauanleitung des Robotermodells rufen Sie mit dem LEGO Digital Designer auf. Wie Sie das Programm bedienen, habe ich in der Einleitung erläutert. Zum aktuellen Roboter gehört die Datei `AvoidWallsAndObjects.lxf`.

Den BrickPi3 platzieren Sie so, wie in Abbildung 10.1 dargestellt wird. Vorne am Gehäuse des BrickPi3 wird der Infrarotsensor von LEGO angebracht. Verbinden Sie ihn mit dem Port S1. Verbinden Sie den in Fahrtrichtung rechten Motor mit dem Port MB und den in Fahrtrichtung linken Motor mit MC. Die Maus und die

Tastatur verbinden Sie besser mit den oberen beiden USB-Ports, damit die Kabel nicht auf dem Riemen scheuern.

10.2 Die LED

Auf der Platine des BrickPi3 befindet sich links neben dem Batterieanschluss eine gelbe LED, die auch von den Programmen angesteuert werden kann. Bei unserem Roboter benutzen wir sie, um seinen Betriebsmodus anzuzeigen.

Ist der Roboter »ready to go« oder fährt nach vorne, blinkt die LED in einem Abstand von einer Sekunde. Fährt der Roboter rückwärts, blinkt sie mit einem schnellen und einem langsamen Blink, gewissermaßen als Warnung.

Zur Unterstützung der Steuerung der LED habe ich die Klasse `Led` entwickelt (siehe Listing 10.1). Diese wurde im Sinne der objektorientierten Programmierung (siehe Kapitel 9) erstellt.

```
#!/usr/bin/python
########################################
# class led                            #
# file: Led.py                         #
# Author: Th. Kaffka, Cologne, Germany #
# Date: 02.11.2020                     #
########################################

import brickpi3                         # ❶
import time
from threading import Thread

BP = brickpi3.BrickPi3()                # ❷
ok = True                               # ❸

class Led:

   def __init__(self):                  # ❹
      pass

   def __del__(self):                   # ❺
      BP.set_led(0)

   def ledOn(self):                     # ❻
      BP.set_led(100)
```

```
def ledOff(self):                    # ❼
   BP.set_led(0)

def blinkOn(self, time1, time2):     # ❽
   self.t = Thread(target=self.doBlink, args=(time1,time2,))
   self.t.setDaemon(True)
   self.t.start()

def blinkOff(self):                  # ❾
   global ok
   ok = False

def doBlink(self, time1, time2):     # ❿
   global ok
   ok = True
   while ok:                         # ⓫
      self.ledOn()
      time.sleep(time1)
      self.ledOff()
      time.sleep(time1)
      self.ledOn()
      time.sleep(time2)
      self.ledOff()
      time.sleep(time2)
```

Listing 10.1: LED-Steuerung (Led.py)

❶ Im Programm werden zunächst die nötigen Modulbibliotheken importiert. Neben der Bibliothek für den BrickPi3 und der Zeitbibliothek für die Zeitsteuerung wird die Bibliothek `threading` importiert. Diese dient dazu, das Blinken in einem parallelen Programmstrang zu verarbeiten. Das ist besser, da dann das Blinken unabhängig vom übrigen Programm verarbeitet wird und die LED gleichmäßig blinkt, während der Roboter gleichzeitig andere Aktionen durchführen kann.

Hinweis

Die Zeitsteuerung, die wir hier verwenden, ist das Statement `time.sleep()`. Das bewirkt, dass das Programm eine gewisse, angegebene Zeit anhält und danach weitermacht.

❷ Es wird ein Objekt in der Variablen `BP` erzeugt, das zur Steuerung des BrickPi3 dient.

❸ Dann wird die globale Variable `ok` auf `True` gesetzt.

❹ Der Konstruktor wird nur zu dokumentarischen Zwecken eingefügt. Ich will Ihnen damit zeigen, dass der Konstruktor existiert. Er verarbeitet hier aber nichts, daher das Statement `pass`.

❺ Im Destruktor wird die LED auf den Wert 0 (nicht leuchten) gesetzt. Dieser wird aufgerufen, wenn das Objekt gelöscht oder entfernt wird.

❻ In der Methode `ledOn` wird die LED auf 100% Leuchten gesetzt. Man kann der LED auch Werte zwischen 0 und 100 zuweisen, um sie beispielsweise schwächer leuchten zu lassen.

❼ Die Methode `ledOff` setzt die LED auf 0% Leuchten. Die LED ist dann aus.

❽ Die Methode `blinkOn` erhält zwei Parameter. Es handelt sich um zwei das Blinken steuernde Zeitparameter. Haben sie dieselben Werte, ist später das Blinken gleich lang. Sind deren Werte unterschiedlich, beispielsweise 1 und 0.1, dann blinkt die LED mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, einmal lang, einmal kurz. Diese Methode startet als paralleles Programm (Thread) die Blinkmethode `doBlink` und übergibt ihr beide Parameter. Ich habe die Verarbeitung des Blinkens in einen *Thread* verpackt, damit das Hauptprogramm von dieser Steuerung entlastet wird und das Blinken immer mit denselben Zeiten stattfindet.

❾ Die Methode `blinkOff` setzt die globale Variable `ok` auf `False` und das Blinken hört auf.

❿ `doBlink` ist die Methode, die im Thread (also parallel) verarbeitet wird. Sie setzt zunächst die globale Variable `ok` auf `True`.

⓫ In einer Schleife, die ausgeführt wird, solange `ok` `True` ist, wird das Blinken mit den zwei Zeitparametern durchgeführt.

10.3 Der Infrarotsensor

Abb. 10.3: Der Infrarotsensor

Der Infrarotsensor (IR) hat die Aufgabe, Infrarotsignale zu erkennen. Wir benutzen ihn bei diesem Roboter, um den Abstand zu einem Gegenstand oder einer Wand zu bestimmen. Seine vom BrickPi3 verarbeiteten Werte liegen zwischen 100 (weit entfernt) und 0 (sehr nah). Er kann Gegenstände in einer Entfernung von bis zu 70 cm erkennen.

Auch für diesen Sensor habe ich eine Klasse erstellt, um ihn komfortabler handhaben zu können.

```
#!/usr/bin/python
########################################
# class lego infrared sensor           #
# file: LegoInfraRedSensor.py          #
# Author: Th. Kaffka, Cologne, Germany #
# Date: 21.10.2020                     #
########################################

import brickpi3                         # ❶
import time

BP = brickpi3.BrickPi3()

class LegoInfraRedSensor:

   def __init__(self, port):            # ❷
      self.port = port
      BP.set_sensor_type(port, BP.SENSOR_TYPE.EV3_INFRARED_PROXIMITY)

   def __del__(self):
      pass

   def getPort(self):                   # ❸
      return self.port

   def getDistance(self):               # ❹
      return BP.get_sensor(self.port)
```

Listing 10.2: IR-Sensor-Steuerung (LegoInfraRedSensor.py)

❶ Zuerst werden die Modulbibliotheken importiert und danach die globale Variable `BP` erstellt, in der sich das Objekt zur Steuerung des BrickPi3 befindet.

❷ In dem Konstruktor wird der Sensor mit seinem Port, der als Parameter übergeben wird, assoziiert. Dabei wird auch der Sensortyp definiert.

❸ Mit der `getPort`-Methode kann später auf die Portnummer zugegriffen werden.

❹ Mit dieser Methode wird die aktuelle Distanz zwischen dem IR-Sensor und dem Gegenstand oder der Wand ermittelt.

Stichwortverzeichnis

S

T