

Auf einen Blick

1	Einleitung: Was dieses Buch leistet, und was Sie erwartet	23
2	Einführung in die elektronischen Komponenten	27
3	Eine Übersicht über die benötigten Werkzeuge	45
4	Der richtige Antrieb für das Roboter-Auto.....	51
5	Das Chassis	61
6	Grundlagen der Elektrizitätslehre.....	79
7	Verkabelung der elektronischen Komponenten.....	85
8	Das Raspberry-Pi-Betriebssystem installieren.....	99
9	Befehle und Programme im Terminal-Fenster	109
10	Softwareinstallation und -konfiguration.....	119
11	Programmieren mit Scratch.....	137
12	Programmieren mit Python	145
13	Geisterfahrer aufgepasst! Wir sorgen für Durchblick.....	159
14	Webinterface-Steuerung über WLAN.....	167
15	Den Autostart der Programme konfigurieren	187
16	Mit diesen Komponenten fahren Sie autonom.....	199
17	Anbau und Verkabelung der elektronischen Komponenten.....	213
18	Neue Software für das autonome Fahren.....	231
19	Bringen Sie die Sensoren und Aktoren zum Laufen.....	241
20	Einführung in die parallele Programmierung mit Python.....	277
21	Programme für autonomes Fahren	311
22	Pimpen Sie Ihr Roboter-Auto	345
23	Weitere Ideen aus der Welt der Modell-Roboter-Autos	359

Inhalt

Materialien zum Buch	14
Geleitwort	15
Vorwort	19

1 Einleitung: Was dieses Buch leistet, und was Sie erwartet 23

TEIL I Bauen Sie Ihr eigenes ferngesteuertes Roboter-Auto mit dem Raspberry Pi!

2 Das etwas andere Kfz-Praktikum: Einführung in die elektronischen Komponenten 27

2.1	Komponenten für ein ferngesteuertes Roboter-Auto	27
2.2	Raspberry Pi: Der Single-Board-Computer	29
2.2.1	Das Gehirn des Roboter-Autos: Warum der Raspberry Pi zum Einsatz kommt	29
2.2.2	Der Raspberry Pi 4 Modell B und seine Familienmitglieder	32
2.2.3	Das kleinste Familienmitglied: Die Raspberry-Pi-ZERO-Familie	32
2.3	Das Raspberry-Pi-Kameramodul	34
2.4	Motortreiber	36
2.5	Getriebemotoren	37
2.6	Step-down-Converter	38
2.7	Batteriehalter und Akkus	39
2.7.1	Die Akku-Notlösung	39
2.8	Kabel	40
2.8.1	Jumper-Kabel	40
2.8.2	Zweiadriges Kupferkabel	41
2.8.3	USB-C-Kabel	41
2.8.4	Mini-Tamiya-Kabel	41
2.9	Die richtige microSD-Karte	42
2.10	Optional, aber unabhängiger trotz Kabel: Ein Netzteil	42

- 2.11 Optional, aber gut für weite Strecken: Ein WLAN-USB-Modul 43
- 2.12 Optional, aber ideal für die Montage: Raspberry-Pi-Abstandshalter 44

3 Schrauber aufgepasst: Eine Übersicht über die benötigten Werkzeuge 45

- 3.1 Lötstation 46
- 3.2 Löten 47
 - 3.2.1 Lötzubehör 47
 - 3.2.2 Optionales Zubehör: Die »Dritte Hand« 49

4 Besseres Drehmoment? Der richtige Antrieb für das Roboter-Auto 51

- 4.1 Grundlagen zum Elektromotor 51
 - 4.1.1 Gleichstrommotor 51
 - 4.1.2 Der Servomotor 53
 - 4.1.3 Bürstenloser Gleichstrommotor 54
 - 4.1.4 Schrittmotoren 54
 - 4.1.5 Elektromotoren und das Drehmoment 55
- 4.2 Gar nicht so banal: Räder 57
 - 4.2.1 Rad-Typen 57
 - 4.2.2 Radbefestigung 59

5 Damit es mit dem Blick unter die Haube klappt: Das Chassis 61

- 5.1 Ein Chassis aus Pappe 61
 - 5.1.1 Cardboard-Chassis: Modellzeichnung 63
 - 5.1.2 Einbau der Getriebemotoren und der Elektronik 66
- 5.2 Ein Chassis aus LEGO®-Bausteinen 68
 - 5.2.1 Aufbau der Getriebemotorhalterung 69
 - 5.2.2 Fahrgestell montieren 71
- 5.3 Ein Chassis mithilfe eines Acrylglas-Bausatzes 74

6 Benzin war gestern: Grundlagen der Elektrizitätslehre 79

- 6.1 Elektrische Gesetze und Formeln 79
 - 6.1.1 Die Reihenschaltung 79
 - 6.1.2 Die Parallelschaltung 80
 - 6.1.3 Ohmsches Gesetz 81
 - 6.1.4 Elektrische Leistung 81
- 6.2 Beispielrechnung zu den Grundlagen der Elektrizitätslehre 81
 - 6.2.1 Beispiel Reihenschaltung 82
 - 6.2.2 Beispiel Parallelschaltung 82
 - 6.2.3 Beispiel LED-Vorwiderstand 83

7 Lange Leitung? Manchmal besser! Verkabelung der elektronischen Komponenten 85

- 7.1 Stromversorgung der elektronischen Komponenten 86
- 7.2 Motortreiber und Raspberry Pi logisch verbinden 88
 - 7.2.1 Die Ausrichtung der 40-Pin-Stiftleiste des Raspberry Pi 90
 - 7.2.2 Übersicht über die Verkabelung des Motortreibers mit den GPIO-Pins 92
- 7.3 Verkabelung der Getriebemotoren 94
- 7.4 Getriebemotoren mit dem Motortreiber verbinden 96

8 Das richtige Betriebssystem macht's! – Das Raspberry-Pi-Betriebssystem installieren 99

- 8.1 Das Betriebssystem auf microSD-Karte vorbereiten 100
 - 8.1.1 Schritt 1: Download der Image-Datei 100
 - 8.1.2 Schritt 2: Image auf microSD-Karte aufspielen 101
- 8.2 Raspberry Pi booten 102
- 8.3 Raspbian-Spracheinstellungen 104
- 8.4 WLAN einrichten 105

9	Nerds aufgepasst! Befehle und Programme im Terminal-Fenster	109
9.1	Das Terminal-Fenster	109
9.2	Temporäre Administratorrechte	110
9.3	Im Filesystem navigieren	111
9.4	Den Texteditor Nano kennenlernen	112
9.5	Zugriffsrechte ändern	114
9.6	Neustarten und Herunterfahren des Raspberry Pi	115
9.7	Die IP-Adresse des Raspberry Pi anzeigen	116
9.8	Dateiverknüpfung setzen	117
9.9	Die Programmausgabe in eine ».log«-Datei umleiten	117
9.10	Wget – Dateien aus dem Internet herunterladen	117
10	Nur so kommt das Ding ans Laufen: Softwareinstallation und -konfiguration	119
10.1	Das Betriebssystem und die Raspberry-Pi-Firmware aktualisieren	121
10.2	Den Midnight Commander installieren	123
10.3	Real VNC Server konfigurieren und Viewer installieren	125
10.4	PuTTY installieren	128
10.5	Notepad++ installieren	130
10.6	Samba Server installieren	131
10.7	Python-Erweiterungen installieren	133
10.8	Flask-Web-Framework	134
10.9	Video-Streaming-Server installieren	134
10.10	NTP-Zeit-Dienst einrichten	135
11	Einfacher geht's nicht: Programmieren mit Scratch	137
11.1	Die Scratch-Grundlagen	138
11.2	Ein Scratch-Programmbeispiel für Ihr Roboter-Auto	140
11.3	Steuerungsprogramm für das Roboter-Auto in Scratch	142

12	Fahren ohne Schlangenlinien: Programmieren mit Python	145
12.1	Kurze Einführung in Python	145
12.2	Das Steuerungsprogramm in Python	146
12.2.1	Das Steuerungsprogramm für den Motortreiber in Python	147
12.2.2	Steuerungsprogramm für das Roboter-Auto in Python	153
12.3	Die Roboter-Auto-Steuerung starten	158
13	Geisterfahrer aufgepasst! Wir sorgen für Durchblick	159
13.1	Das Google-Auto hat's – und unseres auch: Die Raspberry-Pi-Kamera installieren	159
13.1.1	Kameramodul aktivieren	159
13.1.2	Bilder aufnehmen	161
13.1.3	Videos aufnehmen	161
13.2	Mehr als eine bloße Dash-Cam: Live-Video-Stream	161
13.2.1	Kernelmodul laden	162
13.2.2	mjpg-streamer konfigurieren	163
13.2.3	mjpg-streamer starten	165
13.2.4	Die Videoauflösung in mjpg-streamer anpassen	166
14	Kommuniziere, kommuniziere: Webinterface-Steuerung über WLAN	167
14.1	Das Web-Framework Flask	168
14.2	Die Webinterface-Steuerung programmieren	168
14.3	Das Webinterface starten	185
15	Start-Automatik: Den Autostart der Programme konfigurieren	187
15.1	Ein Start-Skript für den mjpg-streamer anlegen	188
15.2	Den mjpg-streamer-Dienst einrichten	190
15.2.1	Den Service manuell starten	191

15.3	Den RobotControlWeb-Dienst einrichten	191
15.3.1	Das »web-control-start.sh«-Skript erstellen	192
15.3.2	Den Cron-Daemon anpassen	192
15.4	Was Sie im ersten Teil des Buches erreicht haben	195

TEIL II Hände weg vom Steuer: Lassen Sie Ihr Roboter-Auto autonom fahren

16	Pfadfinder elektronisch: Mit diesen Komponenten fahren Sie autonom	199
16.1	Komponenten für das autonome Fahren	199
16.2	Übersicht über die Werkzeuge für Teil 2 des Buches	201
16.3	Raspberry Pi Sense HAT	201
16.3.1	Gyroskop	202
16.3.2	Magnetometer	202
16.3.3	Beschleunigungssensor	203
16.3.4	Temperatursensor	203
16.3.5	Luftdrucksensor	203
16.3.6	Luftfeuchtesensor	203
16.3.7	LED-Matrix	203
16.3.8	Sense-HAT-Joystick	203
16.4	Einführung in den I²C-Datenbus	204
16.4.1	Der I ² C-Bus des Raspberry Pi	205
16.4.2	Grove-I ² C-Hub	206
16.4.3	Optional, aber gut zu wissen: Der bidirektionale I ² C-Pegelwandler	206
16.5	Time-of-Flight-Abstandssensor	208
16.6	GPS-Empfänger	210
16.7	Servocontroller PCA9685	211
16.8	Port Doubler	212

17	Achtung, Kabelsalat: Anbau und Verkabelung der elektronischen Komponenten	213
17.1	Befestigung der elektronischen Komponenten am Roboter-Auto	213
17.1.1	Raspberry Pi mit Port Doubler und Sense HAT	214
17.1.2	Servocontroller, Step-down-Converter und Motortreiber befestigen	215
17.1.3	Befestigen der Time-of-Flight-Abstandssensoren	215
17.1.4	I ² C-Hub befestigen	216
17.1.5	Raspberry-Pi-Kamera befestigen	217
17.1.6	Den GPS-Empfänger befestigen	218
17.2	Die elektronischen I²C-Komponenten im Roboter-Auto verkabeln	220
17.2.1	Den I ² C-Hub mit dem Raspberry-Pi-I ² C-Bus verbinden	221
17.2.2	Verbindung des Servocontrollers PCA9685 mit dem I ² C-Hub	222
17.2.3	Die beiden ToF-Sensoren mit dem I ² C-Hub verbinden	223
17.3	Die weiteren elektronischen Komponenten im Roboter-Auto verkabeln	225
17.3.1	Den GPS-Empfänger am USB-Anschluss anschließen	225
17.3.2	Motortreiber L298N am Servocontroller anschließen für das PWM-Signal	226
17.3.3	Motortreiber am Raspberry Pi anschließen für die Drehrichtung	227
17.3.4	Anschließen des Pan-Tilt-Kits am Servocontroller	228
17.3.5	Anschließen der Stromversorgung	229
18	Upgrade für Ihr Roboter-Auto: Neue Software für das autonome Fahren	231
18.1	I²C-Bus-Software installieren	231
18.1.1	Fehlersuche am I ² C-Bus	233
18.2	Octave installieren	234
18.3	GPS-Software installieren und testen	234
18.3.1	Funktionstest des GPS-Empfängers	234
18.3.2	gpsd-Dienst starten	236
18.4	NTP-Zeit-Dienst mit GPS-Unterstützung	237
18.5	Servocontroller-Software installieren	238
18.6	Installation der VL53L1X-Python-Software	239

19 Auslesen, verstehen und programmieren: Bringen Sie die Sensoren und Aktoren zum Laufen	241
19.1 Raspberry Pi Sense HAT auswerten und programmieren	241
19.1.1 Das Python-Programm für das Gyroskop	242
19.1.2 Das Python-Programm für das Magnetometer	246
19.1.3 Das Python-Programm für die LED-Matrix	252
19.2 Python-Programm zur Verarbeitung der GPS-Koordinaten	259
19.3 Python-Programme für den Time-of-Flight-Sensor	262
19.3.1 Programm für den Lesezugriff auf den ToF-Sensor	262
19.3.2 Programm für die Anzeige der gemessenen Entfernungen mit dem ToF-Sensor	264
19.4 Python-Programme für den Servocontroller	266
19.4.1 Steuerungsprogramm für den L298N-Motortreiber mit dem Servocontroller	266
19.4.2 Steuerungsprogramm für zwei Servomotoren oder ein Pan-Tilt-Kit	273
20 Auf die Überholspur: Einführung in die parallele Programmierung mit Python	277
20.1 Grundlagen der parallelen Programmierung mit Python	277
20.1.1 Ein Beispielprogramm mit zwei Threads	278
20.1.2 Ein Beispielprogramm mit zwei Threads und einem Lock	283
20.2 Drehen mit dem Gyroskop	288
20.3 Orientieren mit dem Kompass	294
20.4 Annäherung zwischen zwei Hindernissen	303
21 Machen Sie es sich einfach auf der Rückbank bequem: Programme für autonomes Fahren	311
21.1 Hindernissen autonom ausweichen	311
21.2 GPS-Wegpunkte abfahren	320
21.2.1 Berechnung der Entfernung zwischen zwei GPS-Koordinaten und dem Kurswinkel	320
21.2.2 Autonom eine GPS-Koordinate anfahren	328

22 Pimpen Sie Ihr Roboter-Auto	345
22.1 Die Kühlung des Raspberry Pi	345
22.2 Steuerung mit einem Gamepad	346
22.2.1 PS4-Gamepad verbinden	347
22.2.2 Python-Programm Robotersteuerung	348
22.3 Anzeige mit einem OLED-Display	354
22.3.1 OLED-Display anschließen	355
22.3.2 Softwareinstallation	356
22.3.3 Anzeige auf dem OLED-Display	356
22.3.4 Anzeige auf dem OLED-Display automatisch starten	357
23 Immer noch nicht genug? Weitere Ideen aus der Welt der Modell-Roboter-Autos	359
Index	361