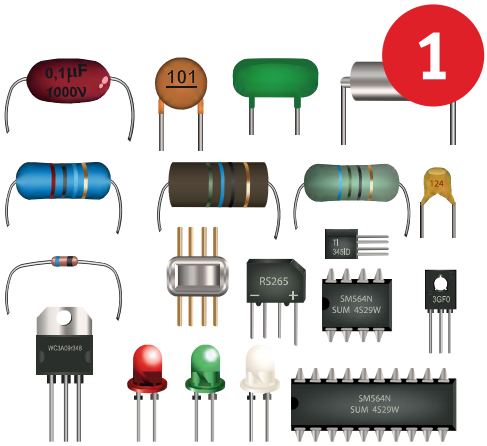


1	**Elektronikprojekte mit LEGO Technic, Boost & Co.**	**11**
1.1	LEGO-Modell für Umbau und Modding	12
1.1.1	LEGO-Modell, Teilenummer und Bezeichnung	13
1.1.2	Der Porsche 911 GT3 RS wird zu einem E-Stromer	13
1.2	LEGO-Service oder Ersatzteillager nutzen	13
1.3	Stromkreis, Spannung, Stromstärke	14
1.3.1	Elektrische Spannung – Schaltungen verstehen	14
1.3.2	Steckplatine richtig nutzen	15
1.4	Erste Schaltung auf der Steckplatine	17
1.4.1	Steckplatine mit Arduino oder Raspberry Pi koppeln	18

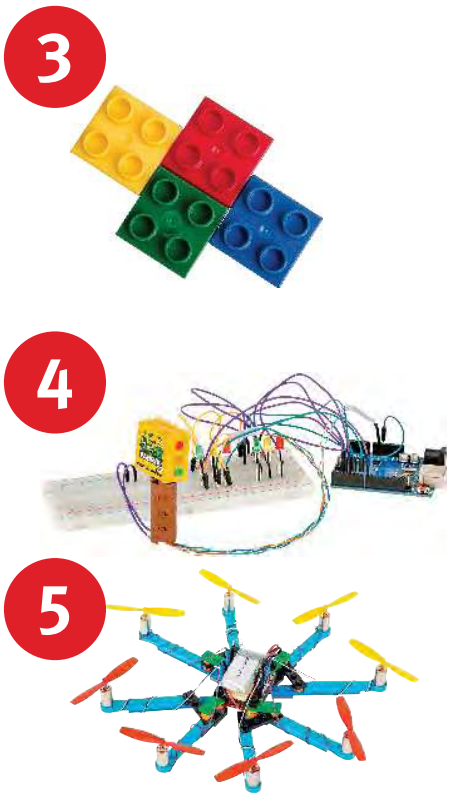
2	**Arduino, Raspberry Pi & Co. unter der Motorhaube**	**21**
2.1	Möglichkeiten des Raspberry Pi Zero, 1, 2, 3	22
2.1.1	Leistungssteigerung und Miniaturisierung	22
2.1.2	Die GPIO-Schnittstelle am Raspberry Pi	24
2.1.3	GPIO-Steuerung über die Konsole mit Python	24
2.1.4	Schalten über die Konsole	25
2.1.5	Python für den GPIO-Zugriff	26
2.1.6	Beide LEDs mit Python ansteuern	28
2.1.7	Unkomplizierter GPIO-Zugriff mit WiringPi	30
2.1.8	Durchblick bei der Nummerierung der GPIO-Pins	32
2.1.9	WiringPi im Praxiseinsatz	33
2.2	Arduino in Betrieb nehmen	35
2.2.1	Computer macht Sketche: Arduino-IDE im Einsatz	37
2.2.2	Grundlagen der Arduino-Programmierung	39
2.2.3	Arduino-Pinbelegung aufgeklärt	41
2.3	Sensoren im Elektronikeinsatz	41
2.3.1	Modellbezeichnungen und Bezugsquellen	42
2.3.2	Analoge und digitale Sensoren	42
2.3.3	Aktive und passive Sensoren	43
2.3.4	Besser fahren mit dem Ultraschallsensor	43
2.3.5	Raspberry-Pi-Schaltungsaufbau	44
2.3.6	Schaltungsaufbau bei einem Arduino	45
2.3.7	Abstandssensor – vom Datenblatt zum Programm	46
2.3.8	Abstandsmessungen mit dem Raspberry Pi	48
2.3.9	Abstandssensormessungen mit dem Arduino	50
2.3.10	Infrarotabstandssensor im Einsatz	51
2.3.11	Abstandsmessungen mit Python	52
2.3.12	Ultraschall- und IR-Abstandssensoren kombinieren	53
2.4	Motoren und Steppermotoren	55
2.4.1	Herausfinden, welche Kabel zusammengehören	56

2.4.2 Spannungsversorgung des Motors ... 57
2.4.3 Motorensteuerung versus Motortreiber ... 57
2.4.4 Spannung für bipolare Motoren ... 57
2.4.5 Schrittmotorcontroller für mehr Kontrolle ... 58
2.4.6 Motorgrundlagen: Vollschritt- vs. Halbschrittbetrieb ... 59
2.4.7 Vollschritt- und Halbschrittbetrieb im Einsatz ... 59
2.5 Einstellen der Drehrichtung ... 63
2.5.1 Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen ... 63
2.5.2 Die Einzellösung: der Servomotor Tower SG90 ... 65
2.5.3 Hardware-PWM-Ausgang mit LED testen ... 67
2.5.4 Treiber für den Servoblaster installieren ... 69
2.5.5 Servomotoren mit Servoblaster in Betrieb nehmen ... 72
2.5.6 Servomotoren mit dem Raspberry Pi steuern ... 73
2.5.7 Servomotoren mit dem Arduino steuern ... 74
2.5.8 Motor-Shield mit zwei Servomotoren in Betrieb nehmen ... 78
2.6 Mechanik und Zahnräder ... 79
2.6.1 Zahnräder für unterschiedliche Anwendungen ... 80
2.6.2 Unter- und Übersetzungsverhältnis ... 81
2.6.3 Getriebebau – Drehrichtung und Umdrehungszahl ... 83
2.6.4 Praktisches Rechenbeispiel für die Codeentwicklung ... 84

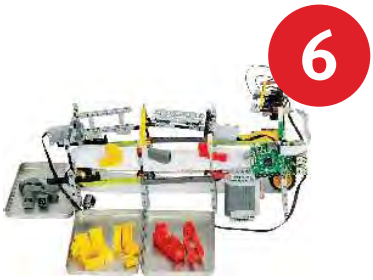
3 Mehr machen aus ABS-Kunststoff ... 87
3.1 Elektronik mit und in LEGO-Steinen verbauen ... 89
3.1.1 Wichtige Werkzeuge und kleine Helfer ... 89
3.1.2 Elektronikmaterial und praktisches Zubehör ... 91
3.2 LEGO-Steine mit LEDs aufmotzen ... 91
3.2.1 LEDs steuern und dimmen ... 92
3.2.2 LEGO-Modding mit Bohrmaschine und Dremel ... 93
3.3 Die Original-LEGO-Motoren im Überblick ... 95
3.3.1 Ozapft is – LEGO-Verlängerungskabel zweckentfremden ... 97

4 LEGO-Ampelanlage mit dem Arduino ... 101
4.1 Ampelbauteile und Steckplatine ... 102
4.2 Von der Steckplatine zum Code ... 103
4.3 Fußgängersimulation per Schalter ... 106
4.4 Ampel-LEDs in LEGO-Steine implantieren ... 108

5 Abheben mit der LEGO-Drohne ... 111
5.1 Komponenten für die LEGO-Drohne ... 112
5.1.1 Robuste und leichte Elektronik ... 112



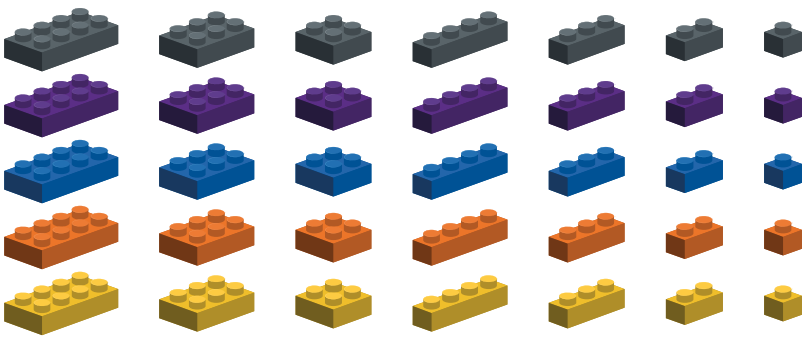
5.2 Mit vier, sechs oder acht Rotoren ... 113
5.3 Besonderheiten beim LEGO-Drohnenbau ... 115



6 LEGO-Sortieranlage im Eigenbau ... 119
6.1 LEGO-Steine mit dem Raspberry Pi sortieren ... 121
6.1.1 OpenCV-Bibliothek für die Kamera ... 122
6.1.2 Mit OpenCV von Formen zu Farben ... 122
6.1.3 Farberkennung mit OpenCV und USB-Kamera ... 123
6.1.4 Farberkennung mit OpenCV und CSI-Kamera ... 125
6.2 OpenCV und LEGO-Mechanik verbinden ... 128
6.2.1 LEGO-Elektronikbauteileliste ... 129
6.2.2 Anschlussbelegung und Schaltplan für die Sortieranlage ... 130
6.3 Steuerung der Sortieranlage mit Python ... 131
6.3.1 Steuerungslogik und Pseudocode ... 132
6.3.2 Python-Code für den Sortierautomaten ... 133

7 Sandcrawler-Modding mit LEGO-Zubehör ... 141
7.1 Motoren für Klappen und Türen ... 142
7.2 Pimpen – LEGO-Steine mit LEDs beleuchten ... 143
7.3 LEGO-Steine unter Strom mit Brixo ... 143
7.4 Brixo und Sandcrawler sinnvoll koppeln ... 144

8 LEGO-Porsche mit E-Motor aufmotzen ... 147
8.1 Umbau des Porsche auf Elektroantrieb ... 149
8.1.1 Einbau des Heckelektroantriebs ... 149
8.1.2 Teileliste für den geplanten Umbau ... 149
8.1.3 Einbau der beiden XL-Motoren ... 150
8.1.4 Wie beim großen Vorbild: elektrische Servolenkung ... 153



8.1.5 Motor-, LED-Scheinwerfer- und Stromversorgung ... 156
8.2 Smarte SBrick-Steuerung für LEGO-Modelle ... 158
8.2.1 Smarte und vielseitige Fernsteuerung ... 158
8.2.2 App in Betrieb nehmen und aktualisieren ... 159
8.2.3 Zusammenbau und Inbetriebnahme ... 162
8.2.4 Einrichtung des SBrick-Profils ... 163

9 Robotikbausatz LEGO Boost ... 167
9.1 LEGO Boost – Robotikmodelle zur Auswahl ... 170
9.2 LEGO Boost und Raspberry Pi verheiraten ... 171
9.2.1 Bluetooth-Adresse des Boost-Controllers herausfinden ... 172
9.2.2 Python-Bibliothek pyb00st installieren ... 173
9.3 Python-Praxis mit dem LEGO-Boost-Controller ... 173
9.3.1 pyb00st-Bibliothek einbinden ... 174
9.3.2 Motoren über Python steuern ... 174
9.3.3 Abstands- und Farbsensorinformationen auslesen ... 176
9.4 Bluetooth-Gamepad mit dem Raspberry Pi koppeln ... 177
9.4.1 Bluetooth-Kopplung mit bluetoothctl ... 178
9.4.2 Kopplung erfolgt – Verbindung prüfen ... 179
9.5 Boost-M.T.R.4 mit Gamepad steuern ... 183
9.5.1 Boost-Controller und M.T.R.4 mit Gamepad verheiraten ... 183

Index ... 190