

1

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

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



3



4



5

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

6

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

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

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-Profiles.....	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