

**Simon Monk**

# **Das Action-Buch für Maker**

**Bewegung, Licht und Sound mit Arduino und  
Raspberry Pi – Experimente und Projekte**



**dpunkt.verlag**

Simon Monk

Lektorat: Dr. Michael Barabas

Fachgutachter: Duncan Amos

Aktualisierungen: Maik Schmidt

Copy-Editing: Ursula Zimpfer

Übersetzung & Satz: G&U Language & Publishing Services GmbH, [www.gundu.com](http://www.gundu.com)

Herstellung: Nadine Thiele

Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, [www.exclam.de](http://www.exclam.de)

nach der Originalvorlage von No Starch Press

Druck und Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, Paderborn

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN:

Print 978-3-86490-385-4

PDF 978-3-96088-027-1

ePub 978-3-96088-028-8

mobi 978-3-96088-029-5

1. Auflage 2016

Copyright © 2016 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17

69123 Heidelberg

Authorized German translation of the English edition of *Make: Action* ISBN 9781457187797

© 2016 Simon Monk, published by Maker Media Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

---

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
Arduino und Pi .....	1
Der Raspberry Pi .....	1
Der Arduino .....	4
Welches Gerät – Arduino oder Pi? .....	5
Alternativen .....	6
Zusammenfassung .....	8
<b>2 Der Arduino</b> .....	<b>9</b>
Was ist ein Arduino? .....	9
Die Arduino-IDE installieren .....	11
Sketche hochladen .....	13
Der Code zu diesem Buch .....	14
Programmierleitfaden .....	15
Setup und loop .....	15
Variablen .....	16
Digitale Ausgänge .....	16
Digitale Eingänge .....	17
Analoge Eingänge .....	19
Analoge Ausgänge .....	20
If/else .....	21
Steuerschleifen .....	22
Funktionen .....	23
Zusammenfassung .....	25
<b>3 Der Raspberry Pi</b> .....	<b>27</b>
Was ist ein Raspberry Pi? .....	27
Den Raspberry Pi einrichten .....	29
Eine Micro-SD-Karte mit NOOBS vorbereiten .....	30
SSH einrichten .....	31
SSH auf einem Windows-Computer .....	33
SSH auf Mac und Linux .....	34

Die Linux-Befehlszeile .....	35
Der Code zu diesem Buch .....	37
Programmierleitfaden .....	37
Hello, World .....	37
Tabulatoren und Einrückungen .....	38
Variablen .....	39
If, while usw. ....	39
Die Bibliothek RPi.GPIO .....	40
Der GPIO-Header .....	40
Digitale Ausgänge .....	41
Digitale Eingänge .....	42
Analoge Ausgänge .....	42
Zusammenfassung .....	42
<b>4 Schnelleinstieg .....</b>	<b>43</b>
Steckbrett .....	43
Wie funktioniert ein Steckbrett? .....	45
Ein Steckbrett an den Arduino anschließen .....	45
Ein Steckbrett an den Raspberry Pi anschließen .....	46
Die Software herunterladen .....	47
Experiment: Eine LED steuern .....	47
Stückliste .....	48
Schaltungsaufbau .....	48
Verbindungen mit dem Arduino .....	49
Die Software für den Arduino .....	50
Experimentieren mit dem Arduino .....	50
Verbindungen mit dem Raspberry Pi .....	51
Die Software für den Raspberry Pi .....	52
Experimentieren mit dem Raspberry Pi .....	54
Der Code im Vergleich .....	54
Experiment: Einen Motor steuern .....	55
Stückliste .....	56
Schaltungsaufbau .....	56
Experimentieren ohne Arduino und Raspberry Pi .....	57
Verbindungen mit dem Arduino .....	58
Experimentieren mit dem Arduino .....	59
Verbindungen mit dem Raspberry Pi .....	59
Experimentieren mit dem Raspberry Pi .....	59
Zusammenfassung .....	60

<b>5 Grundlagen der Elektronik</b> .....	<b>61</b>
Stromstärke, Spannung und Widerstand .....	61
Stromstärke .....	61
Spannung .....	63
Masse .....	63
Widerstand .....	63
Leistung .....	64
Häufig verwendete Bauteile .....	65
Widerstände .....	65
Transistoren .....	66
Dioden .....	73
LEDs .....	73
Kondensatoren .....	74
Integrierte Schaltkreise (ICs) .....	74
Das kleine Einmaleins der Anschlüsse .....	74
Digitale Ausgänge .....	75
Digitale Eingänge .....	75
Analoge Eingänge .....	75
Analoge Ausgänge .....	76
Serielle Kommunikation .....	76
Zusammenfassung .....	76
<b>6 LEDs</b> .....	<b>77</b>
Herkömmliche LEDs .....	77
Die Stromstärke begrenzen .....	78
Projekt: Ampel .....	80
Stückliste .....	81
Grundkonstruktion .....	81
Verbindungen mit dem Arduino .....	81
Die Software für den Arduino .....	82
Verbindungen mit dem Raspberry Pi .....	83
Die Software für den Raspberry Pi .....	84
PWM für LEDs .....	85
RGB-LEDs .....	86
Experiment: Farben mischen .....	87
Die Hardware .....	87
Stückliste .....	89
Verbindungen mit dem Arduino .....	89
Die Software für den Arduino .....	90

Experimentieren mit dem Arduino .....	90
Verbindungen mit dem Raspberry Pi .....	91
Die Software für den Raspberry Pi .....	92
Experimentieren mit dem Raspberry Pi .....	93
Zusammenfassung .....	94
<b>7 Motoren, Pumpen und Aktoren .....</b>	<b>95</b>
Drehzahlregelung (PWM) .....	97
<b>Experiment:</b> Die Drehzahl eines Gleichstrommotors regeln .....	97
Die Hardware .....	97
Verbindungen mit dem Arduino .....	97
Die Software für den Arduino .....	98
Experimentieren mit dem Arduino .....	100
Verbindungen mit dem Raspberry Pi .....	100
Die Software für den Raspberry Pi .....	100
Experimentieren mit dem Raspberry Pi .....	102
Gleichstrommotoren über ein Relais steuern .....	102
Ein Relais mit dem Arduino oder dem Raspberry Pi schalten .....	104
Relaismodule .....	105
<b>Experiment:</b> Einen Gleichstrommotor über ein Relaismodul steuern .....	106
Stückliste .....	106
Verkabelung .....	107
Die Software für den Arduino .....	107
Die Software für den Raspberry Pi .....	108
Einen Motor auswählen .....	109
Drehmoment .....	109
Drehzahl .....	110
Getriebe .....	110
Getriebemotoren .....	111
Pumpen .....	111
Peristaltische Pumpen .....	112
Kreiselpumpen .....	113
<b>Projekt:</b> Arduino-Bewässerungsanlage für Zimmerpflanzen .....	114
Grundkonstruktion .....	114
Stückliste .....	115
Zusammenbau .....	116
Die Software .....	118
Das Projekt verwenden .....	120

Linearaktoren	121
Magnetventile	122
Zusammenfassung	124
<b>8 Motorsteuerung für Fortgeschrittene</b>	<b>125</b>
H-Brücken	126
H-Brücken auf einem Chip	127
Experiment: Drehrichtung und Drehzahl eines Motors steuern	129
Stückliste	130
Grundkonstruktion	131
Schaltungsaufbau	132
Experimentieren	133
Verbindungen mit dem Arduino	135
Die Software für den Arduino	136
Experimentieren mit dem Arduino	138
Verbindungen mit dem Raspberry Pi	139
Die Software für den Raspberry Pi	139
Experimentieren mit dem Raspberry Pi	141
Andere H-Brücken-ICs	142
L298N	142
TB6612FNG	146
H-Brücken-Module	146
Projekt: Arduino-Getränkedosenpresse	148
Stückliste	149
Verkabelung	149
Mechanische Konstruktion	150
Die Software für den Arduino	150
Zusammenfassung	152
<b>9 Servomotoren</b>	<b>153</b>
Verschiedene Arten von Servomotoren	153
Servomotoren steuern	155
Experiment: Die Stellung eines Servomotors steuern	155
Die Hardware	156
Stückliste	157
Verbindungen mit dem Arduino	157
Die Software für den Arduino	158
Experimentieren mit dem Arduino	160
Verbindungen mit dem Raspberry Pi	160

Die Software für den Raspberry Pi ..... 161

Experimentieren mit dem Raspberry Pi ..... 162

Projekt: Pepe, die tanzende Raspberry Pi-Marionette ..... 163

    Stückliste ..... 164

    Grundkonstruktion ..... 164

    Zusammenbau ..... 165

    Die Software ..... 172

    Die Marionette verwenden ..... 174

Zusammenfassung ..... 174

**10 Schrittmotoren ..... 175**

Verschiedene Arten von Schrittmotoren ..... 176

Bipolare Schrittmotoren ..... 176

Experiment: Einen bipolaren Schrittmotor steuern ..... 179

    Stückliste ..... 180

    Grundkonstruktion ..... 180

    Die Arduino-Version ..... 181

    Verbindungen mit dem Arduino ..... 181

    Die Software für den Arduino (die ausführliche Variante) ..... 183

    Die Software für den Arduino (die einfache Variante) ..... 185

    Experimentieren mit dem Arduino ..... 187

    Die Raspberry Pi-Version ..... 188

    Verbindungen mit dem Raspberry Pi ..... 188

    Die Software für den Raspberry Pi ..... 189

    Experimentieren mit dem Raspberry Pi ..... 191

Unipolare Schrittmotoren ..... 191

Darlington-Arrays ..... 192

Experiment: Einen unipolaren Schrittmotor steuern ..... 193

    Die Hardware ..... 194

    Stückliste ..... 195

    Verbindungen mit dem Arduino ..... 196

    Verbindungen mit dem Raspberry Pi ..... 196

    Die Software ..... 197

Mikroschrittbetrieb ..... 197

Experiment: Mikroschrittbetrieb mit dem Raspberry Pi ..... 198

    Stückliste ..... 198

    Verbindungen mit dem Raspberry Pi ..... 199

    Software ..... 199

    Experimentieren ..... 202



---

Bürstenlose Gleichstrommotoren . . . . .	202
Zusammenfassung . . . . .	204
<b>11 Heizen und Kühlen . . . . .</b>	<b>205</b>
Widerstandsheizung . . . . .	205
Experiment: Heizen mit Widerständen . . . . .	205
Stückliste . . . . .	206
Zusammenbau . . . . .	206
Experimentieren . . . . .	206
Projekt: Zufallsgesteuerter Arduino-Ballonzerplatzer . . . . .	207
Stückliste . . . . .	208
Die Hardware . . . . .	208
Die Software . . . . .	209
Den Ballonzerplatzer verwenden . . . . .	211
Heizelemente . . . . .	211
Leistung und Energie . . . . .	212
Von der Leistung zum Temperaturanstieg . . . . .	212
Kochendes Wasser . . . . .	213
Peltier-Elemente . . . . .	213
Wie funktioniert ein Peltier-Element? . . . . .	214
Praktische Überlegungen . . . . .	215
Projekt: Getränke Kühler . . . . .	216
Stückliste . . . . .	217
Zusammenbau . . . . .	218
Das Projekt verwenden . . . . .	219
Zusammenfassung . . . . .	219
<b>12 Regelkreise . . . . .</b>	<b>221</b>
Ein einfacher Thermostat . . . . .	221
Experiment: Wie gut funktioniert ein Ein/Aus-Thermostat? . . . . .	222
Stückliste . . . . .	223
Grundkonstruktion . . . . .	224
Schaltungsaufbau . . . . .	225
Die Software . . . . .	226
Experimentieren . . . . .	229
Hysterese . . . . .	231
PID-Steuerung . . . . .	232
Proportionalität (P) . . . . .	232
Integral (I) . . . . .	234

Ableitung (Derivativ, D) . . . . .	235
PID-Regler einstellen . . . . .	235
<b>Experiment:</b> PID-geregelter Thermostat . . . . .	236
Die Hardware . . . . .	237
Die Software für den Arduino . . . . .	237
Experimentieren mit dem Arduino . . . . .	240
Verbindungen mit dem Raspberry Pi . . . . .	244
Die Software für den Raspberry Pi . . . . .	245
Experimentieren mit dem Raspberry Pi . . . . .	249
<b>Projekt:</b> Getränke Kühler mit Thermostat . . . . .	250
Die Hardware . . . . .	251
Stückliste . . . . .	251
Grundkonstruktion . . . . .	252
Zusammenbau . . . . .	253
Die Software für den Arduino . . . . .	255
Zusammenfassung . . . . .	259
<b>13 Wechselstrom schalten . . . . .</b>	<b>261</b>
Wechselstrom schalten – in der Theorie . . . . .	262
Was ist Wechselstrom? . . . . .	262
Relais . . . . .	263
Optokoppler . . . . .	264
Nulldurchgangs-Optokoppler und Triacs . . . . .	265
Wechselstrom schalten – in der Praxis . . . . .	266
Relaismodule . . . . .	266
Halbleiterrelais . . . . .	268
Der PowerSwitch Tail . . . . .	269
<b>Projekt:</b> Zeitschaltuhr mit dem Raspberry Pi . . . . .	269
Stückliste . . . . .	270
Zusammenbau . . . . .	270
Die Software . . . . .	271
Das Projekt verwenden . . . . .	272
Zusammenfassung . . . . .	272
<b>14 Displays . . . . .</b>	<b>273</b>
LED-Streifen . . . . .	273
<b>Experiment:</b> Einen RGB-LED-Streifen steuern . . . . .	274
Stückliste . . . . .	275

Verbindungen mit dem Arduino	275
Die Software für den Arduino	276
Verbindungen mit dem Raspberry Pi	277
Die Software für den Raspberry Pi	279
I2C-OLED-Displays	281
<b>Experiment:</b> Ein I2C-Displaymodul an einem Raspberry Pi	282
Stückliste	282
Verbindungen	283
Die Software	283
Experimentieren	285
<b>Projekt:</b> Getränke Kühler mit Temperaturanzeige	286
Stückliste	286
Verbindungen	287
Die Software	287
Zusammenfassung	289
<b>15 Ton</b>	<b>291</b>
<b>Experiment:</b> Lautsprecher ohne Verstärkung am Arduino	291
Stückliste	292
Schaltungsaufbau	292
Die Software für den Arduino	293
Experimentieren mit dem Arduino	294
Verstärker	295
<b>Experiment:</b> Klangdateien auf einem Arduino abspielen	295
Stückliste	296
Die Klangdatei erstellen	296
Die Software für den Arduino	298
Experimentieren mit dem Arduino	298
Einen Verstärker an den Arduino anschließen	299
Klangdateien auf dem Raspberry Pi abspielen	301
<b>Projekt:</b> Pepe spricht	302
Stückliste	303
Schaltungsaufbau	304
Die Software	305
Die sprechende Marionette verwenden	307
Zusammenfassung	307

---

<b>16 Das Internet der Dinge</b> .....	<b>309</b>
Bottle für den Raspberry Pi .....	310
Projekt: Ein Webschalter mit dem Raspberry Pi .....	311
Die Hardware .....	311
Die Software .....	312
Den Webschalter verwenden .....	313
Der Arduino im Netzwerk .....	313
Projekt: Die tanzende Marionette über Twitter steuern .....	315
Pepe mit dem Internet verbinden .....	316
IFTTT (IF This Then That) .....	319
Das Projekt verwenden .....	321
Zusammenfassung .....	322
<b>A Teile</b> .....	<b>323</b>
Lieferanten .....	323
Widerstände und Kondensatoren .....	324
Halbleiterelemente .....	325
Anschlüsselemente .....	326
Verschiedenes .....	326
Pinbelegungen .....	327
<b>B GPIO-Pinbelegung des Raspberry Pi</b> .....	<b>329</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>331</b>