



Maik Schmidt arbeitet seit beinahe 20 Jahren als Softwareentwickler für mittelständische und Großunternehmen. Er schreibt seit einigen Jahren Buchkritiken und Artikel für internationale Zeitschriften und hat auch selbst schon vier Bücher verfasst (»Enterprise Recipes with Ruby and Rails«, »Enterprise Integration with Ruby« und »Arduino: A Quick-Start Guide«).

Gern spricht er auf internationalen Konferenzen und seine besonderen Steckenpferde sind die Programmiersprache Ruby und die Mikroelektronik, speziell der Arduino.

**Maik Schmidt**

# Arduino

**Ein schneller Einstieg  
in die Microcontroller-Entwicklung**

**2., aktualisierte und erweiterte Auflage**



**dpunkt.verlag**

Lektorat: Dr. Michael Barabas  
Übersetzung: G&U Language & Publishing Services GmbH, Flensburg (www.GundU.com)  
Copy-Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg  
Satz: G&U Language & Publishing Services GmbH, Flensburg (www.GundU.com)  
Herstellung: Frank Heidt  
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de  
Druck und Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Copyright der englischen Originalversion © 2015 The Pragmatic Programmers, LLC.  
All rights reserved.

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 978-3-86490-126-3

2. Auflage 2015  
Copyright © 2015 dpunkt.verlag GmbH  
Ringstraße 19 B  
69115 Heidelberg

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>Danksagung</b> .....                               | <b>xi</b>   |
| <b>Vorwort</b> .....                                  | <b>xiii</b> |
| Für wen dieses Buch gedacht ist .....                 | xiii        |
| Was Sie in diesem Buch finden .....                   | xiv         |
| Arduino Uno und die Arduino-Plattform .....           | xvi         |
| Programmcode und Konventionen .....                   | xvii        |
| Online-Material .....                                 | xvii        |
| <b>Was Sie benötigen</b> .....                        | <b>xix</b>  |
| Startpakete .....                                     | xix         |
| Die vollständige Teileliste .....                     | xx          |
| <b>Teil 1</b> <b>Erste Schritte mit Arduino</b> ..... | <b>1</b>    |
| <b>1</b> <b>Willkommen bei Arduino</b> .....          | <b>3</b>    |
| 1.1   Was Sie benötigen .....                         | 3           |
| 1.2   Was ist Arduino eigentlich genau? .....         | 4           |
| 1.3   Das Arduino-Board erkunden .....                | 6           |
| 1.4   Die Arduino-IDE installieren .....              | 10          |
| 1.5   Begegnung mit der Arduino-IDE .....             | 14          |
| 1.6   Hello, world! .....                             | 16          |
| 1.7   Programme kompilieren und hochladen .....       | 19          |
| 1.8   Wenn es nicht funktioniert .....                | 21          |
| 1.9   Übungen .....                                   | 22          |

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>2</b>      | <b>Umfangreichere Arduino-Projekte</b> .....                | <b>23</b> |
| 2.1           | Was Sie benötigen .....                                     | 23        |
| 2.2           | Projekte und Programme verwalten .....                      | 24        |
| 2.3           | Voreinstellungen ändern .....                               | 26        |
| 2.4           | Serielle Schnittstellen einsetzen .....                     | 28        |
| 2.5           | Wenn es nicht funktioniert .....                            | 35        |
| 2.6           | Übungen .....   | 36        |
| <b>Teil 2</b> | <b>Elf Arduino-Projekte</b> .....                           | <b>37</b> |
| <b>3</b>      | <b>Binäre Würfel</b> .....                                  | <b>39</b> |
| 3.1           | Was Sie benötigen .....                                     | 39        |
| 3.2           | Mit Breadboards arbeiten .....                              | 40        |
| 3.3           | Eine LED auf dem Breadboard verwenden .....                 | 42        |
| 3.4           | Die erste Version des binären Würfels .....                 | 46        |
| 3.5           | Mit Tastern arbeiten .....                                  | 50        |
| 3.6           | Ihren eigenen Taster einbauen .....                         | 55        |
| 3.7           | Ein Würfelspiel .....                                       | 56        |
| 3.8           | Wenn es nicht funktioniert .....                            | 61        |
| 3.9           | Übungen .....   | 61        |
| <b>4</b>      | <b>Eine Bibliothek für einen Morse-Code-Generator</b> ..... | <b>63</b> |
| 4.1           | Was Sie benötigen .....                                     | 63        |
| 4.2           | Die Grundlagen des Morse-Codes .....                        | 64        |
| 4.3           | Den Morse-Code-Generator bauen .....                        | 64        |
| 4.4           | Das Morsezeichen-Generator-Interface zurechtbauen .....     | 66        |
| 4.5           | Ausgeben von Morsezeichen .....                             | 67        |
| 4.6           | Die Klasse Telegraph installieren und verwenden .....       | 69        |
| 4.7           | Ihre eigene Bibliothek veröffentlichen .....                | 72        |
| 4.8           | Wenn es nicht funktioniert .....                            | 75        |
| 4.9           | Übungen .....   | 75        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>5</b> | <b>Die Außenwelt wahrnehmen</b> .....                               | <b>79</b>  |
| 5.1      | Was Sie benötigen .....   | 80         |
| 5.2      | Entfernungen mit einem Ultraschallsensor messen .....               | 80         |
| 5.3      | Die Genauigkeit mit Fließkommazahlen erhöhen .....                  | 86         |
| 5.4      | Die Genauigkeit mithilfe eines Temperatursensors erhöhen .....      | 89         |
| 5.5      | Bauen Sie Ihr eigenes Armaturenbrett .....                          | 96         |
| 5.6      | Wenn es nicht funktioniert .....                                    | 100        |
| 5.7      | Übungen .....   | 101        |
| <b>6</b> | <b>Ein bewegungsgesteuerter Game-Controller</b> .....               | <b>103</b> |
| 6.1      | Was Sie benötigen .....   | 103        |
| 6.2      | Den Beschleunigungsmesser verdrahten .....                          | 104        |
| 6.3      | Den Beschleunigungsmesser zum Leben erwecken .....                  | 107        |
| 6.4      | Eckwerte finden und korrigieren .....                               | 108        |
| 6.5      | Ihren eigenen Game-Controller bauen .....                           | 111        |
| 6.6      | Weitere Projekte .....  | 114        |
| 6.7      | Wenn es nicht funktioniert .....                                    | 114        |
| 6.8      | Übungen .....   | 115        |
| <b>7</b> | <b>Ein Spiel für den bewegungsgesteuerten Game-Controller</b> ..... | <b>117</b> |
| 7.1      | Eine GameController-Klasse schreiben .....                          | 118        |
| 7.2      | Das Spiel wird geschrieben .....                                    | 120        |
| 7.3      | Wenn es nicht funktioniert .....                                    | 131        |
| 7.4      | Übungen .....   | 131        |
| <b>8</b> | <b>Videosignale mit dem Arduino generieren</b> .....                | <b>133</b> |
| 8.1      | Was Sie benötigen .....   | 133        |
| 8.2      | Wie funktioniert analoges Video? .....                              | 134        |
| 8.3      | Einen Digital-Analog-Wandler (DAC) bauen .....                      | 136        |
| 8.4      | Den Arduino mit dem Fernseher verbinden .....                       | 138        |
| 8.5      | Die Bibliothek TVout verwenden .....                                | 140        |
| 8.6      | Ein TV-Thermometer bauen .....                                      | 141        |
| 8.7      | In TVout mit Grafiken arbeiten .....                                | 146        |
| 8.8      | Wenn es nicht funktioniert .....                                    | 150        |
| 8.9      | Übungen .....   | 151        |

---

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>9</b>  | <b>Experimente mit dem Wii-Nunchuk</b>                    | <b>153</b> |
| 9.1       | Was Sie benötigen   | 154        |
| 9.2       | Den Wii Nunchuk anschließen                               | 154        |
| 9.3       | Mit dem Nunchuk kommunizieren                             | 155        |
| 9.4       | Die Klasse Nunchuk erstellen                              | 157        |
| 9.5       | Die Klasse Nunchuk verwenden                              | 160        |
| 9.6       | Eine eigene Spielkonsole bauen                            | 161        |
| 9.7       | Ein eigenes Videospiel schreiben                          | 162        |
| 9.8       | Wenn es nicht funktioniert                                | 170        |
| 9.9       | Übungen   | 170        |
| <b>10</b> | <b>Netzwerken mit Arduino</b>                             | <b>173</b> |
| 10.1      | Was Sie benötigen   | 173        |
| 10.2      | Sensordaten mit Ihrem PC ins Internet übertragen          | 174        |
| 10.3      | Eine Anwendung bei Twitter anmelden                       | 177        |
| 10.4      | Nachrichten über Processing twittern                      | 178        |
| 10.5      | Mit einem Ethernet-Shield über das Netzwerk kommunizieren | 183        |
| 10.6      | DHCP und DNS  | 187        |
| 10.7      | Wenn es nicht funktioniert                                | 191        |
| 10.8      | Übungen   | 191        |
| <b>11</b> | <b>Eine E-Mail-Alarmanlage bauen</b>                      | <b>193</b> |
| 11.1      | Was Sie benötigen   | 193        |
| 11.2      | E-Mails von der Kommandozeile                             | 194        |
| 11.3      | E-Mails direkt von Arduino versenden                      | 198        |
| 11.4      | Bewegungserkennung mit einem passiven Infrarotsensor      | 203        |
| 11.5      | Alles zusammenbauen                                       | 206        |
| 11.6      | Wenn es nicht funktioniert                                | 209        |
| 11.7      | Übungen   | 209        |

|               |   |            |
|---------------|---|------------|
| <b>12</b>     | <b>Eine Universalfernbedienung konstruieren</b> .....           | <b>211</b> |
| 12.1          | Was Sie benötigen .....   | 212        |
| 12.2          | Die Grundlagen von Infrarot-Fernbedienungen .....               | 213        |
| 12.3          | Steuercodes abgreifen .....                                     | 213        |
| 12.4          | Eine Fernbedienung nachbauen .....                              | 217        |
| 12.5          | Geräte im Browser fernsteuern .....                             | 222        |
| 12.6          | Einen Infrarotproxy bauen .....                                 | 226        |
| 12.7          | Wenn es nicht funktioniert .....                                | 233        |
| 12.8          | Übungen .....   | 233        |
| <b>13</b>     | <b>Motoren mit Arduino steuern</b> .....                        | <b>235</b> |
| 13.1          | Was Sie benötigen .....   | 235        |
| 13.2          | Kleine Motorenkunde .....                                       | 236        |
| 13.3          | Servomotoren: Die ersten Schritte .....                         | 237        |
| 13.4          | Einen Beschuldigungsmaten bauen .....                           | 241        |
| 13.5          | Wenn es nicht funktioniert .....                                | 245        |
| 13.6          | Übungen .....   | 246        |
| <b>Teil 3</b> | <b>Anhänge</b> .....  | <b>247</b> |
| <b>A</b>      | <b>Grundlagen der Elektronik</b> .....                          | <b>249</b> |
| A.1           | Stromstärke, Spannung und Widerstand .....                      | 249        |
| A.2           | Elektrische Schaltungen .....                                   | 249        |
| A.3           | Umgang mit einem Seitenschneider .....                          | 253        |
| A.4           | Ein kleiner Lötkurs .....                                       | 254        |
| A.5           | Entlöten .....  | 258        |
| <b>B</b>      | <b>Fortgeschrittene Arduino-Programmierung</b> .....            | <b>261</b> |
| B.1           | Die Arduino-Programmiersprache .....                            | 261        |
| B.2           | Bit-Operationen .....   | 263        |
| <b>C</b>      | <b>Fortgeschrittene serielle Programmierung</b> .....           | <b>265</b> |
| C.1           | Mehr über serielle Kommunikation .....                          | 265        |
| C.2           | Serielle Kommunikation mit verschiedenen Programmiersprachen .. | 267        |



|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>D</b> | <b>Arduino mit dem Webbrowser steuern</b> | <b>277</b> |
| D.1      | Was sind Chrome-Apps?                     | 278        |
| D.2      | Eine minimale Chrome-App erstellen        | 279        |
| D.3      | Die Chrome-App starten                    | 281        |
| D.4      | Die Chrome-API für serielle Verbindungen  | 282        |
| D.5      | Eine Klasse für serielle Geräte schreiben | 285        |
|          | <b>Bibliografie</b>                       | <b>291</b> |
|          | <b>Stichwortverzeichnis</b>               | <b>293</b> |