

|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....                                                                         | <b>XI</b> |
| <b>1 Erste Schritte</b> .....                                                                | <b>1</b>  |
| 1.0 Einführung .....                                                                         | 1         |
| 1.1 Installation der integrierten Entwicklungsumgebung (IDE) .....                           | 4         |
| 1.2 Das Arduino-Board einrichten .....                                                       | 8         |
| 1.3 Einen Arduino-Sketch mit der integrierten Entwicklungsumgebung (IDE)<br>bearbeiten ..... | 10        |
| 1.4 Den Blink-Sketch hochladen und ausführen .....                                           | 13        |
| 1.5 Einen Sketch erstellen und speichern .....                                               | 15        |
| 1.6 Arduino verwenden .....                                                                  | 17        |
| <b>2 Den Sketch machen lassen, was Sie wollen</b> .....                                      | <b>23</b> |
| 2.0 Einführung .....                                                                         | 23        |
| 2.1 Strukturierung eines Arduino-Programms .....                                             | 24        |
| 2.2 Einfache primitive Typen (Variablen) nutzen .....                                        | 25        |
| 2.3 Fließkommazahlen verwenden .....                                                         | 27        |
| 2.4 Mit Gruppen von Werten arbeiten .....                                                    | 29        |
| 2.5 Arduino-Stringfunktionen nutzen .....                                                    | 32        |
| 2.6 C-Zeichenketten nutzen .....                                                             | 37        |
| 2.7 Durch Komma getrennten Text in Gruppen aufteilen .....                                   | 38        |
| 2.8 Eine Zahl in einen String umwandeln .....                                                | 41        |
| 2.9 Einen String in eine Zahl umwandeln .....                                                | 43        |
| 2.10 Ihren Code in Funktionsblöcken strukturieren .....                                      | 45        |
| 2.11 Mehr als einen Wert in einer Funktion zurückliefern .....                               | 49        |
| 2.12 Aktionen basierend auf Bedingungen ausführen .....                                      | 52        |
| 2.13 Eine Folge von Anweisungen wiederholt ausführen .....                                   | 54        |

|          |                                                                               |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.14     | Anweisungen über einen Zähler wiederholen . . . . .                           | 56        |
| 2.15     | Aus Schleifen ausbrechen . . . . .                                            | 58        |
| 2.16     | Basierend auf einem Variablenwert verschiedene Aktionen durchführen . . . . . | 59        |
| 2.17     | Zeichen und Zahlen vergleichen. . . . .                                       | 61        |
| 2.18     | Strings vergleichen . . . . .                                                 | 63        |
| 2.19     | Logische Vergleiche durchführen . . . . .                                     | 64        |
| 2.20     | Bitweise Operationen durchführen. . . . .                                     | 65        |
| 2.21     | Operationen und Zuweisungen kombinieren . . . . .                             | 68        |
| <b>3</b> | <b>Mathematische Operatoren nutzen . . . . .</b>                              | <b>69</b> |
| 3.0      | Einführung. . . . .                                                           | 69        |
| 3.1      | Addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren . . . . .               | 69        |
| 3.2      | Werte inkrementieren und dekrementieren. . . . .                              | 70        |
| 3.3      | Den Rest einer Division bestimmen . . . . .                                   | 71        |
| 3.4      | Den Absolutwert ermitteln . . . . .                                           | 72        |
| 3.5      | Zahlen auf einen Wertebereich beschränken. . . . .                            | 73        |
| 3.6      | Das Minimum oder Maximum bestimmen . . . . .                                  | 74        |
| 3.7      | Eine Zahl potenzieren . . . . .                                               | 75        |
| 3.8      | Die Quadratwurzel berechnen . . . . .                                         | 76        |
| 3.9      | Fließkommazahlen auf- und abrunden . . . . .                                  | 76        |
| 3.10     | Trigonometrische Funktionen nutzen. . . . .                                   | 77        |
| 3.11     | Zufallszahlen erzeugen . . . . .                                              | 78        |
| 3.12     | Bits setzen und lesen. . . . .                                                | 80        |
| 3.13     | Bits verschieben (Shifting) . . . . .                                         | 84        |
| 3.14     | Höher- und niederwertige Bytes aus int oder long extrahieren . . . . .        | 85        |
| 3.15     | int- oder long-Werte aus höher- und niederwertigen Bytes bilden. . . . .      | 87        |
| <b>4</b> | <b>Serielle Kommunikation . . . . .</b>                                       | <b>89</b> |
| 4.0      | Einführung. . . . .                                                           | 89        |
| 4.1      | Debugging-Informationen vom Arduino an Ihren Computer senden. . . . .         | 94        |
| 4.2      | Formatierten Text und numerische Daten vom Arduino senden. . . . .            | 98        |
| 4.3      | Serielle Daten mit Arduino empfangen . . . . .                                | 101       |
| 4.4      | Mehrere Textfelder vom Arduino in einer einzelnen Nachricht senden . . . . .  | 106       |
| 4.5      | Mit dem Arduino mehrere Textfelder in einer Nachricht empfangen. . . . .      | 111       |
| 4.6      | Binäre Daten vom Arduino senden. . . . .                                      | 115       |
| 4.7      | Binärdaten vom Arduino auf einem Computer empfangen. . . . .                  | 119       |
| 4.8      | Binäre Werte aus Processing an den Arduino senden . . . . .                   | 121       |
| 4.9      | Den Wert mehrerer Arduino-Pins senden . . . . .                               | 123       |
| 4.10     | Den Mauszeiger eines PCs oder Macs bewegen . . . . .                          | 127       |

|          |                                                                     |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.11     | Google Earth per Arduino steuern . . . . .                          | 131        |
| 4.12     | Arduino-Daten in einer Datei auf dem Computer festhalten . . . . .  | 136        |
| 4.13     | Daten an zwei serielle Geräte gleichzeitig senden . . . . .         | 139        |
| 4.14     | Serielle Daten von zwei Geräten gleichzeitig empfangen . . . . .    | 143        |
| 4.15     | Serielle Daten mit Processing Senden und Empfangen . . . . .        | 147        |
| <b>5</b> | <b>Einfacher digitaler und analoger Input . . . . .</b>             | <b>149</b> |
| 5.0      | Einführung. . . . .                                                 | 149        |
| 5.1      | Einen Schalter verwenden . . . . .                                  | 152        |
| 5.2      | Taster ohne externen Widerstand verwenden . . . . .                 | 156        |
| 5.3      | Das Schließen eines Schalters zuverlässig erkennen . . . . .        | 158        |
| 5.4      | Ermitteln, wie lange eine Taste gedrückt wird . . . . .             | 160        |
| 5.5      | Von einer Tastatur lesen . . . . .                                  | 165        |
| 5.6      | Analogwerte einlesen . . . . .                                      | 168        |
| 5.7      | Wertebereiche ändern . . . . .                                      | 170        |
| 5.8      | Mehr als sechs analoge Eingänge einlesen . . . . .                  | 172        |
| 5.9      | Spannungen von bis zu 5V messen . . . . .                           | 175        |
| 5.10     | Auf Spannungsänderungen reagieren . . . . .                         | 177        |
| 5.11     | Spannungen über 5V messen (Spannungsteiler) . . . . .               | 179        |
| <b>6</b> | <b>Werte von Sensoren einlesen . . . . .</b>                        | <b>183</b> |
| 6.0      | Einführung. . . . .                                                 | 183        |
| 6.1      | Movement erkennen . . . . .                                         | 185        |
| 6.2      | Licht messen . . . . .                                              | 188        |
| 6.3      | Motion erkennen (Passive Infrarot-Detektoren integrieren) . . . . . | 190        |
| 6.4      | Abstände messen . . . . .                                           | 192        |
| 6.5      | Abstände genauer messen . . . . .                                   | 196        |
| 6.6      | Vibration messen . . . . .                                          | 199        |
| 6.7      | Geräusche erkennen . . . . .                                        | 200        |
| 6.8      | Temperatur messen . . . . .                                         | 204        |
| 6.9      | RFID-Tags lesen . . . . .                                           | 207        |
| 6.10     | Drehbewegungen messen . . . . .                                     | 210        |
| 6.11     | Mehrere Drehbewegungen messen . . . . .                             | 213        |
| 6.12     | Drehbewegungen in einem viel beschäftigten Sketch messen . . . . .  | 215        |
| 6.13     | Eine Maus nutzen . . . . .                                          | 217        |
| 6.14     | Die Position per GPS bestimmen . . . . .                            | 221        |
| 6.15     | Bewegungen mit einem Gyroskop erkennen . . . . .                    | 226        |
| 6.16     | Richtung bestimmen . . . . .                                        | 231        |

|          |                                                                                                   |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.17     | Daten von einem Spiele-Controller (PlayStation) einlesen . . . . .                                | 236        |
| 6.18     | Beschleunigung messen. . . . .                                                                    | 239        |
| <b>7</b> | <b>Visuelle Ausgabe . . . . .</b>                                                                 | <b>241</b> |
| 7.0      | Einführung. . . . .                                                                               | 241        |
| 7.1      | LEDs anschließen und nutzen . . . . .                                                             | 245        |
| 7.2      | Helligkeit einer LED regeln . . . . .                                                             | 248        |
| 7.3      | Hochleistungs-LEDs ansteuern . . . . .                                                            | 249        |
| 7.4      | Die Farbe einer LED steuern . . . . .                                                             | 252        |
| 7.5      | Mehrere LEDs aneinanderreihen: LED-Balkenanzeige . . . . .                                        | 255        |
| 7.6      | Mehrere LEDs aneinanderreihen: Knight Rider-Lauflicht . . . . .                                   | 258        |
| 7.7      | Eine LED-Matrix per Multiplexing steuern . . . . .                                                | 259        |
| 7.8      | Bilder (Images) auf einer LED-Matrix darstellen . . . . .                                         | 262        |
| 7.9      | Eine LED-Matrix ansteuern: Charlieplexing . . . . .                                               | 265        |
| 7.10     | Eine 7-Segment-LED-Anzeige ansteuern . . . . .                                                    | 271        |
| 7.11     | Mehrstellige 7-Segment-LED-Anzeigen ansteuern: Multiplexing. . . . .                              | 274        |
| 7.12     | Mehrstellige 7-Segment-LED-Anzeigen mit MAX7221-Schieberegistern<br>ansteuern. . . . .            | 276        |
| 7.13     | Eine LED-Matrix mit MAX72xx-Schieberegistern ansteuern . . . . .                                  | 279        |
| 7.14     | Die Anzahl analoger Ausgänge mit PWM-Extender-Chips (TLC5940)<br>erhöhen . . . . .                | 281        |
| 7.15     | Ein analoges Anzeigement nutzen . . . . .                                                         | 285        |
| <b>8</b> | <b>Physische Ausgabe . . . . .</b>                                                                | <b>289</b> |
| 8.0      | Einführung. . . . .                                                                               | 289        |
| 8.1      | Die Position eines Servos kontrollieren . . . . .                                                 | 292        |
| 8.2      | Ein oder zwei Servos mit einem Potentiometer oder Sensor steuern. . . . .                         | 294        |
| 8.3      | Die Geschwindigkeit dauerrotierender Servos steuern . . . . .                                     | 296        |
| 8.4      | Servos über Computerbefehle steuern . . . . .                                                     | 298        |
| 8.5      | Einen bürstenlosen Motor (per Fahrtregler) steuern. . . . .                                       | 299        |
| 8.6      | Hubmagnete und Relais steuern. . . . .                                                            | 301        |
| 8.7      | Ein Objekt vibrieren lassen . . . . .                                                             | 302        |
| 8.8      | Einen Bürstenmotor über einen Transistor ansteuern. . . . .                                       | 305        |
| 8.9      | Die Drehrichtung eines Bürstenmotors über eine H-Brücke steuern . . . . .                         | 306        |
| 8.10     | Drehrichtung und Geschwindigkeit eines Bürstenmotors mit einer<br>H-Brücke steuern . . . . .      | 309        |
| 8.11     | Richtung und Geschwindigkeit von Bürstenmotoren über Sensoren<br>steuern (L293 H-Brücke). . . . . | 311        |
| 8.12     | Einen bipolaren Schrittmotor ansteuern . . . . .                                                  | 317        |

|           |                                                                         |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.13      | Einen bipolaren Schrittmotor ansteuern (mit EasyDriver-Board) . . . . . | 320        |
| 8.14      | Einen unipolaren Schrittmotor ansteuern (ULN2003A) . . . . .            | 323        |
| <b>9</b>  | <b>Audio-Ausgabe</b> . . . . .                                          | <b>327</b> |
| 9.0       | Einführung. . . . .                                                     | 327        |
| 9.1       | Töne ausgeben . . . . .                                                 | 329        |
| 9.2       | Eine einfache Melodie spielen . . . . .                                 | 331        |
| 9.3       | Mehr als einen Ton gleichzeitig erzeugen . . . . .                      | 333        |
| 9.4       | Einen Ton erzeugen und eine LED ansteuern . . . . .                     | 335        |
| 9.5       | Eine WAV-Datei abspielen . . . . .                                      | 338        |
| 9.6       | MIDI steuern . . . . .                                                  | 341        |
| 9.7       | Audio-Synthesizer. . . . .                                              | 344        |
| <b>10</b> | <b>Externe Geräte fernsteuern</b> . . . . .                             | <b>347</b> |
| 10.0      | Einführung. . . . .                                                     | 347        |
| 10.1      | Auf eine Infrarot-Fernbedienung reagieren . . . . .                     | 348        |
| 10.2      | IR-Signale einer Fernbedienung dekodieren . . . . .                     | 350        |
| 10.3      | IR-Signale imitieren . . . . .                                          | 354        |
| 10.4      | Eine Digitalkamera steuern . . . . .                                    | 356        |
| 10.5      | Wechselstromgeräte über eine gehackte Fernbedienung steuern . . . . .   | 359        |
| <b>11</b> | <b>Displays nutzen</b> . . . . .                                        | <b>363</b> |
| 11.0      | Einführung. . . . .                                                     | 363        |
| 11.1      | Ein Text-LCD anschließen und nutzen. . . . .                            | 364        |
| 11.2      | Text formatieren. . . . .                                               | 367        |
| 11.3      | Cursor und Display ein- und ausschalten . . . . .                       | 370        |
| 11.4      | Text scrollen . . . . .                                                 | 371        |
| 11.5      | Sonderzeichen darstellen . . . . .                                      | 375        |
| 11.6      | Eigene Zeichen definieren . . . . .                                     | 377        |
| 11.7      | Große Symbole darstellen . . . . .                                      | 379        |
| 11.8      | Kleine Pixel darstellen . . . . .                                       | 382        |
| 11.9      | Ein graphisches LC-Display anschließen und nutzen . . . . .             | 385        |
| 11.10     | Bitmaps für graphische Displays . . . . .                               | 389        |
| 11.11     | Text auf dem Fernseher ausgeben . . . . .                               | 390        |
| <b>12</b> | <b>Datum und Uhrzeit</b> . . . . .                                      | <b>397</b> |
| 12.0      | Einführung. . . . .                                                     | 397        |
| 12.1      | Zeitverzögerungen . . . . .                                             | 397        |
| 12.2      | Laufzeiten messen mit millis . . . . .                                  | 398        |

|           |                                                                          |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.3      | Die Dauer eines Impulses präziser messen . . . . .                       | 402        |
| 12.4      | Arduino als Uhr verwenden . . . . .                                      | 404        |
| 12.5      | Einen Alarm einrichten, um regelmäßig eine Funktion aufzurufen . . . . . | 412        |
| 12.6      | Eine Echtzeituhr nutzen . . . . .                                        | 415        |
| <b>13</b> | <b>Kommunikation per I2C und SPI . . . . .</b>                           | <b>421</b> |
| 13.0      | Einführung . . . . .                                                     | 421        |
| 13.1      | Steuerung einer RGB-LED mit dem BlinkM-Modul . . . . .                   | 425        |
| 13.2      | Den Wii Nunchuck-Beschleunigungsmesser nutzen . . . . .                  | 429        |
| 13.3      | Anbindung einer externen Echtzeituhr . . . . .                           | 435        |
| 13.4      | Externen EEPROM-Speicher anbinden . . . . .                              | 436        |
| 13.5      | Temperatur per Digital-Thermometer messen . . . . .                      | 440        |
| 13.6      | Vier 7-Segment-LEDs mit nur zwei Leitungen steuern . . . . .             | 445        |
| 13.7      | Einen I2C-Port-Expander integrieren . . . . .                            | 448        |
| 13.8      | Mehrstellige 7-Segment-Anzeigen über SPI ansteuern . . . . .             | 451        |
| 13.9      | Kommunikation zwischen zwei oder mehr Arduino-Boards . . . . .           | 454        |
| <b>14</b> | <b>Drahtlose Kommunikation . . . . .</b>                                 | <b>457</b> |
| 14.0      | Einführung . . . . .                                                     | 457        |
| 14.1      | Nachrichten über Low-Cost-Drahtlos-Module senden . . . . .               | 457        |
| 14.2      | Den Arduino mit einem ZigBee- oder 802.15.4-Netzwerk verbinden . . . . . | 463        |
| 14.3      | Eine Nachricht an einen bestimmten XBee senden . . . . .                 | 470        |
| 14.4      | Sensordaten zwischen XBees senden . . . . .                              | 473        |
| 14.5      | Einen mit dem XBee verbundenen Aktuator aktivieren . . . . .             | 478        |
| 14.6      | Nachrichten über Low-Cost-Transceiver senden . . . . .                   | 483        |
| 14.7      | Mit Bluetooth-Geräten kommunizieren . . . . .                            | 489        |
| <b>15</b> | <b>Ethernet und Netzwerke . . . . .</b>                                  | <b>493</b> |
| 15.0      | Einführung . . . . .                                                     | 493        |
| 15.1      | Ein Ethernet-Shield einrichten . . . . .                                 | 496        |
| 15.2      | Die IP-Adresse automatisch beziehen . . . . .                            | 498        |
| 15.3      | Hostnamen in IP-Adressen umwandeln (DNS) . . . . .                       | 500        |
| 15.4      | Daten von einem Webserver abrufen . . . . .                              | 502        |
| 15.5      | XML-Daten von einem Webserver abrufen . . . . .                          | 506        |
| 15.6      | Den Arduino als Webserver einrichten . . . . .                           | 509        |
| 15.7      | Eingehende Web-Requests verarbeiten . . . . .                            | 512        |
| 15.8      | Das Anfordern bestimmter Seiten verarbeiten . . . . .                    | 515        |
| 15.9      | Antworten des Webserver mit HTML aufbereiten . . . . .                   | 519        |
| 15.10     | Formulare (POST) verarbeiten . . . . .                                   | 523        |

|              |                                                                     |            |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 15.11        | Webseiten mit großen Datenmengen zurückgeben . . . . .              | 527        |
| 15.12        | Twitter-Nachrichten senden . . . . .                                | 533        |
| 15.13        | Einfache Nachrichten (UDP) senden und empfangen . . . . .           | 537        |
| 15.14        | Die Zeit von einem Internet-Zeitserver abrufen . . . . .            | 543        |
| 15.15        | Pachube-Feeds überwachen. . . . .                                   | 548        |
| 15.16        | Informationen an Pachube senden . . . . .                           | 554        |
| <b>16</b>    | <b>Bibliotheken nutzen, ändern und aufbauen . . . . .</b>           | <b>559</b> |
| 16.0         | Einführung. . . . .                                                 | 559        |
| 16.1         | Mitgelieferte Bibliotheken nutzen. . . . .                          | 559        |
| 16.2         | Bibliotheken von Drittanbietern installieren . . . . .              | 562        |
| 16.3         | Eine Bibliothek anpassen. . . . .                                   | 563        |
| 16.4         | Eine eigene Bibliothek entwickeln . . . . .                         | 567        |
| 16.5         | Eine Bibliothek entwickeln, die andere Bibliotheken nutzt . . . . . | 572        |
| 16.6         | Bibliotheken von Drittanbietern an Arduino 1.0 anpassen . . . . .   | 578        |
| <b>Index</b> | <b>. . . . .</b>                                                    | <b>581</b> |