



Thomas
Brühlmann

3. Auflage



Arduino

Praxiseinstieg

komplett
in Farbe

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	13
I.1	3. Auflage	13
I.2	Aufbau des Buches	14
I.3	Mehr Informationen	16
I.4	Weitere Quellen	17
I.5	Danksagung	17
2	Arduino-Plattform	19
2.1	Am Anfang war der König	19
2.2	Be a Maker	20
2.3	Arduino-Plattform	23
2.4	Hardware	23
2.4.1	Arduino Uno	25
2.5	Software	28
2.6	Installation der Software	29
2.6.1	Installation des USB-Treibers unter Windows 7 und Windows 8.	30
2.6.2	Installation des USB-Treibers unter Windows XP.	31
2.6.3	Installation des USB-Treibers unter Mac OS X	32
2.6.4	Installation des USB-Treibers unter Linux.	33
2.7	Get Connected	33
2.7.1	Verbindungskabel	33
2.7.2	Verbindung und »Blink«	34
2.7.3	Projekt Blink	37
2.8	Arduino-Entwicklungsumgebung	38
2.8.1	Voreinstellungen	38
2.8.2	Aufbau Entwicklungsumgebung	40
2.8.3	Menü- und Symbolleiste	40
2.8.4	Editor	42
2.8.5	Ausgabefenster	43

2.9	Arduino-Boards	45
2.9.1	Arduino Leonardo	45
2.9.2	Arduino Duemilanove	45
2.9.3	Arduino Diecimila	47
2.9.4	Arduino Due	47
2.9.5	Arduino Yun	47
2.9.6	Arduino Mega 2560	48
2.9.7	Arduino Mega ADK	49
2.9.8	Arduino Nano	50
2.9.9	Arduino Mini	50
2.9.10	Arduino BT	50
2.9.11	Arduino LilyPad	51
2.9.12	Arduino Fio	51
2.10	Arduino-kompatible Boards	52
3	Startschuss	53
3.1	Das Arduino-Board	54
3.1.1	Stromlaufplan	54
3.1.2	Mikrocontroller – Das Gehirn	56
3.1.3	Anschlussbelegung	56
3.1.4	Stromversorgung	58
3.2	Steckbrett – Experimentieren ohne Löten	59
3.2.1	Spannungsversorgung auf dem Steckbrett	63
3.3	Spannung, Strom und Herr Ohm	66
3.4	Widerstand & Co.	70
3.4.1	Widerstand	71
3.4.2	Potentiometer	72
3.4.3	Kondensator	73
3.4.4	Diode	73
3.4.5	Leuchtdiode	74
3.4.6	Transistor	75
3.4.7	Integrierte Schaltung (IC)	76
3.4.8	Relais	78
3.4.9	Schalter	79
3.4.10	Taster	79
3.5	Programmcode	80
3.5.1	Integer, Typen und Variablen	80
3.5.2	Struktur	84

3.6	Testen	85
3.6.1	Serieller Monitor	86
3.6.2	Code-Debugging	89
3.7	Projekt Blink	91
3.8	Projekt Wechselblinker	94
4	Eingänge und Ausgänge	97
4.1	Digitale Eingänge	98
4.1.1	Port als Eingang setzen	98
4.1.2	Digitalen Eingang lesen	100
4.1.3	Digitalen Eingang entprellen	105
4.1.4	Hohe Eingangssignale	109
4.2	Digitale Ausgänge	110
4.2.1	Ausgang setzen und ausgeben	111
4.2.2	Praxis-Tipp: Status eines Ausgangs lesen	112
4.3	Analoge Welt	113
4.3.1	Analoge Signale einlesen	115
4.3.2	Analoge Signale ausgeben	120
4.4	Serielle Kommunikation	124
4.4.1	Serielle Schnittstelle (RS232)	124
4.4.2	Schnittstellenerweiterung	129
4.4.3	I ² C/2-Wire (Two-Wire)	131
4.5	Drahtlose Kommunikation	144
4.5.1	433-MHz-Kommunikation	144
4.5.2	Daten übertragen mit RFM12B Transceiver	152
4.6	Projekt: Würfel	167
5	Sensoren	175
5.1	LDR (Fotowiderstand)	176
5.2	NTC/PTC	178
5.3	Integrierte Temperatursensoren	182
5.4	Pt100 und Thermoelemente	200
5.5	Feuchtesensoren	213
5.6	Kombinierte Umweltsensoren	217
5.7	Schaltersensoren	229
5.8	Abstandssensoren	230
5.9	Beschleunigungssensor	231
5.10	Kompass	234
5.11	Hall-Sensor	237

5.12	Projekt Kompass mit Richtungsanzeige	243
5.13	Projekt Gefrierschrankwächter	250
6	Aktoren	255
6.1	Relais	255
6.2	Servos	258
6.2.1	Analoge Temperaturanzeige	264
6.2.2	Servos als Motoren für Miniroboter	267
6.3	Motoren	268
6.4	Hohe Lasten schalten	276
6.5	Projekt: Roboter mit Wii-Steuerung	279
7	Anzeigen	291
7.1	Leuchtdiode (LED)	291
7.1.1	Konstantstromquelle mit Transistor	292
7.1.2	Konstantstromquelle mit Spannungsregler	293
7.1.3	Helligkeit steuern	293
7.1.4	LED als Berührungssensor	295
7.1.5	Jetzt wird es hell	299
7.2	7-Segment-Anzeigen	300
7.2.1	Port Expander über den I ² C-Bus	304
7.3	LC-Display (LCD)	307
7.3.1	Paralleles LC-Display	307
7.3.2	Serielle LC-Displays	310
7.4	LC Display Nokia 3310/5110	314
7.5	LED-Matrix	316
7.6	Projekt Geschwindigkeitsmesser fürs Fahrrad	317
7.7	Projekt Schrittzähler	326
8	Datenverarbeitung	331
8.1	Daten speichern	331
8.1.1	Daten im ATmega-Controller speichern	331
8.1.2	Daten in externem EEPROM ablegen	333
8.1.3	Daten auf SD-Karte speichern	336
8.2	Daten ins Internet senden	342
8.3	Datenverarbeitung mit Processing	342
8.3.1	Processing – Bitte antworten	343
8.3.2	Arduino mit Processing steuern	347
8.4	Gobetwino – Übernehmen Sie!	350

8.5	Projekt: Programmierbarer Signalgeber	352
8.6	Projekt: Digitales Netzteil	358
8.6.1	Sollwerteingabe mit Drehgeber.....	387
9	Erweiterungen	397
9.1	Bibliotheken.....	397
9.1.1	Ethernet-Bibliothek	398
9.1.2	Wire-Bibliothek.....	398
9.1.3	SoftwareSerial.....	400
9.1.4	TinyGPS-Bibliothek	402
9.1.5	NMEA	403
9.1.6	PString-Bibliothek	405
9.1.7	TextFinder-Bibliothek	405
9.1.8	Matrix-Bibliothek	405
9.1.9	LiquidCrystal-Bibliothek (LCD)	406
9.1.10	JeeLib.....	406
9.1.11	MIDI	406
9.1.12	Stepper-Bibliothek	407
9.1.13	Webduino	409
9.1.14	Wii Nunchuk	409
9.2	Hardware-Erweiterungen (Shields)	409
9.2.1	Proto-Shield	410
9.2.2	Protonly Proto-Shield.....	411
9.2.3	Floweronly Proto-Shield.....	412
9.2.4	Ethernet-Shield.....	412
9.2.5	Datalogger und GPS Shield.....	415
9.2.6	Adafruit Motor-Shield	415
9.2.7	DFRobot Motor-Shield	415
9.2.8	Diduino MsMot Shield.....	416
9.2.9	Keypad Shield	416
9.2.10	TouchShield	416
9.2.11	Wave Shield	417
9.2.12	SD Card Shield.....	417
9.2.13	MIDI Shield	418
9.2.14	Nano Shield	419
9.2.15	Lithium Backpack.....	419
9.2.16	ITEAD Power-Shield	419
9.2.17	RFM12B Shield.....	420

9.2.18	Xbee Shield	420
9.2.19	CC3000 WiFi Shield	421
9.2.20	Schraubklemmen-Shield	421
9.3	Hardware-Adapter	422
9.3.1	RFM12B Breakout-Board	422
9.3.2	Wii-Nunchuk-Adapter	423
10	Arduino im Einsatz	425
10.1	Verbindung zum Internet	425
10.1.1	Netzwerkverbindung	426
10.1.2	Arduino als Webserver	431
10.1.3	Der Arduino als Webclient	434
10.1.4	Ethernet mit ENC28J60-Modul	439
10.1.5	Eingänge und Ausgänge übers Internet steuern	442
10.1.6	Wireless Ethernet (WiFi)	445
10.2	Heute schon getwittert?	470
10.3	Arduino mailt	474
10.3.1	Mail direkt versenden	475
10.3.2	Mail via PHP-Skript versenden	477
10.4	XML einlesen	481
10.4.1	XML lesen mit TextFinder	482
10.4.2	Wetterdaten von Yahoo! Weather abfragen	487
10.5	RSS einlesen	493
10.6	You got mail	500
10.7	Umweltdaten sammeln	504
10.8	Projekt Wetterstation	517
10.9	Projekt: Online-Wetterstation	536
11	Fehlersuche/Troubleshooting	547
11.1	Allgemeines Vorgehen	547
11.2	Fehler in der Schaltung	547
11.3	Fehler im Programm	548
11.4	Probleme mit der IDE	548
11.5	Hallo Arduino-Board	549
12	DIY Boards und Clones	551
12.1	Boards	551
12.1.1	Minimalschaltung Arduino	551
12.1.2	Bare Bone Breadboard Arduino	553
12.1.3	Really Bare Bone Board (RBBB)	554

12.1.4	Nanode	555
12.1.5	Helvetino	557
12.1.6	Sippino	558
12.1.7	RFBoard	559
12.2	Programmieradapter (USB-Wandler)	559
12.2.1	Anschlussbelegung FTDI	562
12.3	Programmierung über ICSP	562
12.3.1	Der Arduino als Programmiergerät (Arduino ISP)	564
12.4	Arduino im Miniaturformat mit ATtiny	567
12.4.1	tinyAVR und Arduino	568
12.4.2	Installation eines Zusatzpakets	569
12.4.3	(Blink-)Schaltung mit ATtiny	573
12.4.4	Programmierung des ATtiny-Mikrocontrollers	576
12.4.5	AVR-Programmer	581
12.4.6	Projekt Selbstbau-Programmieradapter	583
12.4.7	Projekt ICSP-Breakout-Board fürs Steckbrett	585
12.4.8	Projekt Windlicht	586
12.4.9	Prototypen-Board für ATtiny84	590
13	Tools für Praktiker	593
13.1	Hardware	593
13.1.1	Steckbrett und Kabel	593
13.1.2	Lochrasterplatten	594
13.1.3	Lötkolben und Lötzinn	596
13.1.4	Zangen	597
13.1.5	Biegelehre	597
13.1.6	Multimeter	598
13.1.7	Oszilloskop – Spannung sichtbar machen	600
13.2	Software	603
13.2.1	Schaltungsaufbau mit Fritzing	603
13.2.2	Eagle CAD	607
13.2.3	KiCad	608
13.2.4	Oszilloskop mit Arduino	609
13.3	Leiterplatten herstellen	610
13.3.1	Datenformat Gerber	611
13.3.2	Gerber-Daten aus Fritzing	612
13.3.3	Gerber-Daten aus Eagle	613
13.3.4	Gerber-Daten prüfen	614
13.3.5	Leiterplatten von OSH Park	615

A	Codereferenz	617
A.1	Programmstruktur	617
A.2	Aufbau einer Funktion	618
A.3	Konventionen	619
A.4	Datentypen	622
A.5	Datentypkonvertierung	629
A.6	Variablen & Konstanten	629
	A.6.1 Variablen	629
	A.6.2 Konstanten	630
A.7	Kontrollstrukturen	632
A.8	Mathematische Funktionen	635
A.9	Zufallszahlen	637
A.10	Arithmetik und Vergleichsfunktionen	638
A.11	Funktionen	640
	A.11.1 Digitale Ein- und Ausgänge	640
	A.11.2 Analoge Ein- und Ausgänge	641
	A.11.3 Tonausgabe	642
	A.11.4 Interrupts	642
A.12	Zeitfunktionen	643
A.13	Serielle Kommunikation	644
B	Boards	649
B.1	Vergleich der Board-Varianten	649
B.2	Anschlussbelegung Mikrocontroller	650
C	Bezugsquellen	653
C.1	Bezugsquellen und Lieferanten	653
D	Listings	655
D.1	Wii-Nunchuk-Funktionsbibliothek (Kapitel 6)	655
D.2	Mailchecker (Kapitel 10)	659
E	Migration zu Arduino 1.0	665
	Stichwortverzeichnis	669

Einleitung

1.1 3. Auflage

Die 3. Auflage von »Arduino Praxiseinstieg« liegt vor Ihnen und ist eine aktuelle Einführung in die Programmierung der Arduino-Boards. In dieser Auflage wurden weitere, spannende Projekte mit Sensoren und Aktoren ergänzt.

Mit dem Arduino Yun hat das Arduino-Team ein erstes Linux-basiertes Board entwickelt, das durch das integrierte WiFi-Modul viele Möglichkeiten für komplexere und drahtlose Anwendungen bietet.

Kompakte Anwendungen mit dem Arduino sind ein Wunsch vieler Arduino-Anwender. Dank der Mikrocontroller der ATtiny-Serie können kleine Arduino-Anwendungen ohne hohen Bauteilaufwand umgesetzt werden.

Viele Maker realisieren nicht nur eigene Projekte, sondern entwickeln mittlerweile auch eigene Leiterplatten dafür. Dank der Leiterplattenhersteller, die sich im Open Source-Bereich etabliert haben, kann auch ein Hobby-Anwender kostengünstig stabile Boards für kleinere Serien produzieren lassen.

Kurz vor Veröffentlichung dieser 3. Auflage hat das Arduino-Team die Entwicklungsumgebung der Version 1.6 freigegeben. Nun können alle verfügbaren Arduino-Boards über die gleiche Software-Umgebung programmiert werden.

Dieses Praxisbuch soll ein Führer beim Einstieg in das Thema Arduino sein und den Leser dabei unterstützen, Schritt für Schritt Hard- und Software kennenzulernen, um die ersten Erfolgserlebnisse feiern zu können. Die hier zum Einsatz kommende Art des Mixes von Hard- und Software wird »Physical Computing« genannt. Physical-Computing-Projekte haben meist einen künstlerischen Hintergrund und verbinden den Menschen mit den digitalen Systemen. Die Verbindung zwischen Mensch oder Umwelt und digitalen Systemen wird auch in vielen Selbstbau- oder Bastelprojekten umgesetzt. Dabei geben Eingabeelemente und Sensoren Signale an Computersysteme weiter, in unserem Fall das Arduino-Board, und diese verarbeiten die Informationen in Form einer Reaktion, beispielsweise einer Ausgabe auf ein Display oder das Ansteuern einer Lampe, eines Motors oder eines Servos.

Bestimmt sind viele Inhalte und Beispiele in diesem Buch auch an anderen Orten in ähnlicher Form zu finden. Wichtige und grundlegende Informationen müssen trotzdem erwähnt werden, damit das Verständnis für den nächsten Schritt vorhanden ist.

Darum gibt es im Buch auch viele Verweise auf Lösungen und Beispiele, die bereits realisiert wurden. Einige sagen jetzt vielleicht, dass man für eine Linkliste normalerweise kein Geld bezahlt. Aber oft ist es schwierig, das Richtige in der großen Masse von Informationen im Internet zu finden. Gute Ideen sollten auch erwähnt werden, da sie wieder neue Ideen für eigene Anwendungen generieren.

1.2 Aufbau des Buches

Am besten arbeitet man das Buch der Reihe nach durch, da die einzelnen Kapitel aufeinander aufbauen. In den ersten Kapiteln werden zunächst die wichtigsten Grundlagen der Hard- und Software des Arduino-Projekts beschrieben. Wer dieses Wissen bereits erworben hat, kann diese Kapitel natürlich überspringen.

In **Kapitel 2** wird kurz über die Entstehung des Arduinos berichtet und die Idee vom Basteln, Testen und Ausprobieren erläutert. Das Ganze ist aber kurz gehalten, da das Ziel dieses Buches die praktische Arbeit ist. Im Anschluss beginnt dann der praktische Teil. Sie lernen zuerst die Hardware und die verschiedenen Arduino-Boards kennen. Begriffe werden erklärt und dann startet schon die eigentliche Installation der Software, der Entwicklungsumgebung. Nach erfolgreicher Installation und Verbindung mit der Arduino-Plattform schließt das Kapitel mit dem ersten Programm, dem Testprogramm Blink. Es folgt eine Einführung in die Oberfläche der Entwicklungsumgebung, und schon ist sie für die ersten Programme bereit.

Kapitel 3 startet mit einem Hardwareteil, in dem Sie die Arduino-Boards und den Schaltungsaufbau mit dem Steckbrett kennenlernen. Anschließend werden die Begriffe Strom, Spannung und Widerstand sowie die wichtigsten elektronischen Bauelemente erklärt. Als Nächstes werden die wichtigsten Begriffe rund um den Programmcode erklärt: Was ist eine Variable und wie ist eine Funktion aufgebaut? Nach der Einführung in die Struktur der Arduino-Programme wird das Testen und Debuggen des Programmcodes beschrieben. Hier wird aufgezeigt, wie man den seriellen Monitor zur Fehlersuche nutzen kann.

Digitale Eingänge lesen und Ausgänge schalten sind die nächsten Schritte in **Kapitel 4**. Die erste Leuchtdiode wird zum Leuchten gebracht. Im Anschluss befassen wir uns mit der analogen Welt. Es werden grundsätzliche Themen wie die Auflösung von Analogwandlern erklärt. Das erste richtige Programm liest die Sensorspannung eines Temperatursensors ein und gibt den Wert im seriellen Monitor aus. Nach dem Einlesen von analogen Werten werden analoge Signale mittels Pulsweitenmodulation ausgegeben.

Das nächste Thema in Kapitel 4 ist die serielle Kommunikation über die serielle Schnittstelle (RS232). Es werden Daten ausgegeben und eingelesen. Anschließend wird der Datentransfer über einen 2-Draht-Bus (I²C-Bus und Two-Wire-Bus)

beschrieben. Daten werden von einem Master zum Slave versendet, wodurch ein Miniatur-Servo gesteuert wird. Weiter werden praktische I²C-Anwendungen wie ein serieller Sensor und eine busfähige Uhrenanwendung realisiert. Zum Schluss wird noch eine drahtlose Kommunikation mittels 433-MHz-Technologie erklärt. Ein Projekt, in dem ein elektronischer Würfel aufgebaut wird, schließt dieses Kapitel ab.

In **Kapitel 5** werden Sensoren wie ein Fotowiderstand und viele Temperatursensoren sowie weitere Sensoren zur Umwelterfassung beschrieben. Danach folgt die Beschreibung sonstiger Sensoren. Mit einem Beschleunigungssensor wird eine kleine Wasserwaage realisiert. Als Kapitelprojekte werden ein elektronischer Kompass und ein Gefrierschrankwächter realisiert.

Als Nächstes folgen in **Kapitel 6** die Aktoren wie Relais und Servo. Bei einer Servoanwendung wird ein Servo zu einer analogen Temperaturanzeige umgebaut. Nun lernt der Leser die verschiedenen Motoren und deren Ansteuerung kennen. Die Erläuterung der Frage, wie man hohe Lasten schaltet, schließt das Thema Aktoren ab. Als Kapitelprojekt wird ein kleiner Roboter realisiert. Der kleine Roboter kann dabei mittels einer bekannten Komponente aus dem Spielboxbereich gesteuert werden, dem Wii Nunchuk, dem Joystick für die Wii-Spielkonsole.

Kapitel 7 behandelt die verschiedenen Anzeigeelemente. Es wird erklärt, wie man diese ansteuert und wie man die Helligkeit regeln oder fest begrenzen kann. Beispiele von Ansteuermöglichkeiten für LC-Displays und LED-Matrix und ein Beispiel mit einem Nokia-Display runden das Thema Anzeigen ab. Ein Geschwindigkeitsmesser fürs Fahrrad und ein Schrittzähler für Jogger schließen dieses Kapitel ab.

Kapitel 8 beschreibt die verschiedenen Arten der Datenverarbeitung. Es werden Daten in ein EEPROM und auf eine SD-Karte geschrieben. Danach wird die Weiterverarbeitung der Daten mit Processing genauer angeschaut. Zum Schluss erfahren Sie, wie man mit einem externen Programm die Datenverarbeitung für verschiedene Aufgaben auslagern kann. In einem praktischen Projekt wird ein programmierbarer Signalgeber zur Erzeugung analoger Signale realisiert. Dabei lernen Sie eine neue Variante der Ansteuerung von Digitalports kennen. Als Abschlussprojekt wird ein Netzteil aufgebaut, das über eine Folientastatur bedient wird.

In **Kapitel 9** werden verschiedene Softwarebibliotheken zur Erweiterung der Arduino-Funktionalität vorgestellt. Der zweite Teil dieses Kapitels behandelt die Hardwareerweiterungen, »Shields« genannt. Einige wichtige und nützliche Shields werden etwas genauer betrachtet. Zum Abschluss dieses Kapitels wird eine praktische Lösung zur Herstellung eines Wii-Adapters vorgestellt.

Kapitel 10 beschreibt verschiedene praktische Arduino-Lösungen und wie man mittels Ethernet-Erweiterung mit dem Arduino kommunizieren kann. Wir wer-

den einen E-Mail-Checker realisieren und unsere Mailbox abfragen. Eine Anwendung wird Meldungen an Twitter senden. Zum Abschluss dieses Kapitels werden Sensordaten gesammelt und an ein Auswertungstool übertragen. Im Schlussprojekt dieses Kapitels wird eine kleine Wetterstation aufgebaut, die das aktuelle Wetter und die Wettervorhersage für den kommenden Tag anzeigt.

Fehlersuche und Troubleshooting sind die Themen in **Kapitel 11**. Es wird gezeigt, wie man die eigene Schaltung oder das neu erstellte Programm zum Laufen bringt.

Kapitel 12 beschreibt verschiedene Arduino-Clones und wie man sich einen minimalen Arduino auf dem eigenen Steckbrett aufbauen kann.

In **Kapitel 13** werden verschiedene Werkzeuge beschrieben, die bei den Arduino-Projekten nützlich und hilfreich sind. Neben Steckbrett, Lötkolben und Zangen werden auch Messgeräte wie Multimeter und Oszilloskop erläutert. Im Teil zum Thema Softwaretools lernen Sie Programme zur Schaltplan- und Leiterplattenerstellung kennen. Abschließend wird die auf einem Arduino-Board basierende Variante eines Oszilloskops beschrieben.

Im Schlussteil und Anhang des Buches finden Sie eine Codereferenz, eine Board-Übersicht sowie Informationen über Bezugsquellen. Das letzte Kapitel im Anhang listet die Anpassungen auf, die bei der Migration von älteren Arduino-Anwendungen auf die aktuelle Version 1.0 nötig sind.

1.3 Mehr Informationen

Weitere Informationen zu den Anwendungen und Beispielen im Buch sind auf der Buchwebsite erhältlich:

<http://arduino-praxis.ch>

Die Beispielskripte stehen im Downloadbereich zur Verfügung.

Für Anmerkungen oder Anregungen zu diesem Thema und die Kontaktaufnahme mit dem Autor stehen die Kontaktseite der Buchwebsite, E-Mail und Twitter zur Verfügung.

Die E-Mail-Adresse zum Buch lautet:

kontakt@arduino-praxis.ch

Der Twitter-Account lautet:

<http://twitter.com/arduinopraxis> oder der User @arduinopraxis.

Im Blog zum Buch werden laufend neue und interessante Projekte sowie Produktvorstellungen aus der Arduino-Welt publiziert.

1.4 Weitere Quellen

Die größte Quelle für weitere Fragen zum Arduino ist natürlich das Internet. Zu fast jedem Problem gibt es bereits realisierte Lösungen oder Ansätze.

Für Arduino-Anwender sind folgende Websites ideale und empfehlenswerte Anlaufstellen bei Problemen und Fragen.

Arduino-Website:

<http://arduino.cc/>

Arduino-Forum:

<http://www.arduino.cc/forum/>

Make:Blog:

<http://blog.makezine.com/>

Ladyada.net:

<http://www.ladyada.net/learn/arduino/>

1.5 Danksagung

Mein Dank geht vor allem an meine Familie, meine Frau Aga und meine beiden Jungs Tim und Nik. Auch während der Arbeit an der 3. Auflage dieses Buches mussten sie wieder viele Stunden ohne mich auskommen. Die Skiferien haben sie abermals allein verbracht und auch viele Stunden an den Wochenenden waren für das Schreiben des Buches verplant. Aber alle haben sehr viel Verständnis gezeigt und mich dabei unterstützt. Mein MintyBoost ist, dank der perfekten Lötarbeit von Tim, bei mobilen Arduino-Anwendungen weiterhin im Einsatz.

Einen Dank möchte ich auch meinem Hardwarelieferanten aussprechen. Die Firma Boxtec (<http://shop.boxtec.ch/>) hat meine Arbeit am Buch mit Musterkomponenten und Vergünstigungen beim Hardwareeinkauf unterstützt. Lieber Christoph, herzlichen Dank dafür.

Ein weiterer Dank geht an die Arduino-Community. Ohne sie wäre dieses Buch nicht entstanden, niemand hätte originelle Lösungen und Lösungsansätze realisiert, die mich zu meinem Buch inspirierten. Viele nette und konstruktive E-Mails und Kommentare zum Buch haben mir Auftrieb für die 3. Auflage gegeben.

Natürlich möchte ich auch einen Dank an das Arduino-Core-Team aussprechen. Die Realisierung dieses Open-Source-Projekts ist eine Bereicherung für die Hardwaregemeinde. Die Idee einer Open-Source-Plattform, offener Hardware und kostenloser Entwicklungstools ist einfach großartig.

Zum Schluss möchte ich mich wiederum bei meiner Lektorin Sabine Schulz bedanken. Sie hat mir die nötige Zeit gegeben, um diese 3. Auflage mit vielen neuen Projekten zu schreiben.



Abb. 1.1: Tim beim Ausmessen des aufgebauten MintyBoost

Stichwortverzeichnis

Numerisch

2,1-mm-Power-Jack 57
24LC64 333
2-Draht-Bus 14
2-Wire 131
2-Wire-Bus 139
433 oder 868 MHz 152
433-MHz-Technologie *siehe* 433 MHz
5-mm-Buchse 62
64-Bit-Adresse 190
74HC595 304
7-Segment-Anzeige 300
8-Bit-Modus 307

A

A/D-Wandler 113
A3144 237
AA-Batterien *siehe* Stromversorgung
abs() 635
Abstandsmessung 230
Abstandssensor 230
AD595 209
Addition 638
Adresse
 I2C-Bus 192
ADXL3xx 231
Aktor 15, 175, 255
Analog/Digital-Wandler 113
Analoge Signale 115
Analoge Welt 113
analogRead() 115, 641
Analogskala 264
Analogwandler 14
Analogwert 261
analogWrite() 120
and 639
Android Open Accessory Development Kit
 49
Android-Anwendungen 49
Anode 300

Anschlussbelegung
 Servo 259
 Wii Nunchuk 424
Anschlusskabel
 Wii 282
Anschlussleitungen 202
Anschlussmöglichkeiten *siehe* Arduino Uno
Anschlusspin 77
 Port 97
Anschlussschema
 Mikrocontroller 650
Ansteuerung
 LED 291
 Relais 276
Anweisung
 wiederkehrend 618
Anzeige 175
Anzeigeelement 15, 295
Arduino 23
 Beispielsammlung 53
 Board 54
 Boards 14
 Bootloader-Programm 24
 BT 50
 Community 397
 Diecimila 47
 EEPROM 331
 Einsatz 425
 E-Mail senden 474
 Entstehung 14
 Entwicklungsumgebung 23, 38
 Ethernet-Schnittstelle 342
 externe Stromversorgung 26, 45
 Forum 53
 Internetanwendungen 425
 LilyPad 51
 Lösungen 15
 Mailchecker 500
 Marke 19
 Mega 48
 Mini 50

- Minimalschaltung 551
 - Nano 50
 - Plattform 23
 - Programmiersprache 80
 - Reset-Schaltung 551
 - RSS-Reader 494
 - Sketch-Struktur 84
 - Steuerbefehle 348
 - Stromlaufplan 54
 - Stromversorgung 58
 - Tweets senden 471
 - Webclient 434
 - Webserver 431
 - Arduino Due 47
 - Arduino Duemilanove 45
 - Arduino Fio 51
 - Arduino ISP 564
 - Arduino Leonardo 45
 - Arduino Mega ADK 49
 - Arduino Uno 25
 - Arduino Yun 47
 - Arduino.h 667
 - Arduino-Bibliotheken 397
 - Arduino-Board
 - Zuordnung Pins Mikrocontroller 650
 - Arduino-Clone
 - Helvetino 557
 - Sippino 558
 - Arduino-Clones *siehe* Clones
 - Arduino-Kompass *siehe* Kompass
 - Arduinoscope 609
 - Arithmetik 638
 - ARM Prozessor 47
 - Array
 - abfragen 628
 - Datentyp 626
 - Größe 627
 - array 82
 - Asterisk
 - Zeigertabelle 626
 - Atheros AR9331 47
 - ATmega
 - Mikrocontroller 24
 - ATmega168
 - Pinbelegung 650
 - ATmega2560 49
 - Mikrocontroller 649
 - ATmega328 27, 56
 - Mikrocontroller 649
 - Pinbelegung 650
 - ATmega32u4 45
 - attachInterrupt() 642
 - ATtiny
 - blink 573
 - Serial() 571
 - serielle Schnittstelle 571
 - Taktfrequenz 573
 - ATtiny ISP Shield 580
 - ATtiny45 568
 - ATtiny84 569
 - Aufbau des Netzteils *siehe* Digitales Netzteil
 - Auflösung
 - A/D-Wandler 113
 - Ausgabefenster 43
 - Ausgabeformat
 - serielle Schnittstelle 647
 - Ausgabemöglichkeit
 - serielle Schnittstelle 646
 - Ausgang 97
 - analog 641
 - digital 640
 - setzen 111
 - Ausgangsstrom 365
 - Außentemperatur 185
 - available() 646
 - AWG22 61
- B**
- Balkengrafik 299
 - Bananenbuchsen 382
 - Bananenstecker 62
 - Bare Bone Breadboard 553
 - Bare Bones Board 24
 - BaroTemp-Shield 229
 - Basisstrom 277
 - Basiswiderstand 277
 - Bauelement
 - elektronisches 14
 - gepoltes 73
 - Bausatz 24
 - BBAC
 - Breadboard Based Arduino Compatible 25
 - Bedieneinheit 279
 - begin() 644
 - Beispielskript 16
 - Benutzer-Account
 - Xively 505
 - Berechnungsformel 71
 - Widerstandsleiterschaltung 355
 - Berührungssensor 295
 - Beschleunigung 231
 - Beschleunigungssensor 231
 - Wii 284

- Bezugsquelle 653
 - Arduino-Boards 24
 - Einzelkomponente 653
- Bibliothek 130, 397
 - Bounce 106
 - Firmata 348
 - Matrix 405
 - MIDI 407
 - PString 405
 - Stepper 407
 - TinyGPS 402
 - Webduino 409
- Biegelehre 597
- Binärwert 624
- Bitmuster 301
- bitRead() 302
- Black-Wing-Adapter
 - Spannungsversorgung *siehe* Steckbrett
- Blink *siehe* Projekt Blink
- Blockbatterie 280
- Bluetooth 50
 - Anschluss 50
- BMP085 221
- Board 23, 54
 - Boardvarianten 649
- Boards 551
 - Arduino kompatibel 52
- Boardduino 24
- Bodenfeuchtigkeit 214
- Boolean
 - Datentyp 624
- boolean 82
- Bootloader 24, 56
- Botanicalls 471
- Bounce-Bibliothek 106
- Bouncing 105
- Breadboard 59, 550
- break 634
- Breakout-Board 139, 153
- BT 50
- Buchsenleiste 57
- Busadresse 334
- Busteilnehmer 133
- BUZ11 *siehe* MOSFET
- Byte 623
- byte 81
- C**
 - C++ 23
 - CAD 24
 - CAM-Jobs 613
 - case 633
 - CC3000 426, 445, 446
 - Stromverbrauch 455
 - Char
 - Datentyp 624
 - char 82
 - Clone 24, 551
 - Nanode 555
 - RBBB 555
 - Code-Debugging 89
 - Codereferenz 16, 617
 - COM 32
 - Common Anode 305
 - Community-Website 21
 - Computer-Netzteil 360
 - constrain 636
 - continue 634
 - Continuous Rotation Servo 267
 - cos 637
 - Cosm *siehe* Xively
- D**
 - Datalogger 337
 - Dateiendung 665
 - .ino 665
 - .pde 665
 - Datenchannel 505
 - Datenformat 611
 - Gerber 611
 - Datenleitung 308
 - Datenlogger 331, 339
 - Datentyp 80, 622
 - Datentypkonvertierung 629
 - Datenverarbeitung 15, 331
 - Processing 342
 - Debuggen 86, 548
 - Debug-Methode 90
 - define
 - Definitionsanweisung 621
 - Definitionsanweisung
 - define 621
 - delay() 643
 - delayMicroseconds() 644
 - detachInterrupt() 643
 - Device 505
 - Dezimalpunkt 300
 - DFRobot Motor-Shield 415
 - DHCP 430
 - DHT11 218
 - DHT22 218
 - Diecimila 47
 - Digital/Analog-Wandler 353
 - Digitalanzeige 598

Digitaler Ausgang 110
 Digitaler Eingang 98
 entprellen 105
 lesen 100
 Pullup 99
 Digitales Netzteil 358
 digitalRead() 113, 640
 digitalRead(PinNummer) 100
 digitalWrite() 112, 640
 DIL 77
 DIL24-Sockel 50
 Dimmer 293
 DIN-Stecker 418
 Diode 73, 291
 Display-Controller 307
 Division 638
 DIY 551
 DIY Shield 411
 do ... while 633
 Double 82
 Datentyp 623
 Drahtlose Kommunikation 144
 Drain 277
 draw() 343
 Drehbegrenzung 387
 Drehbereich 72
 Drehgeber 387
 Drehposition 258
 Drehrichtung
 Motor 269
 Druckschalter 229
 Drucksensor 331
 Drucktaster 80, 167
 DS1054 602
 DS1054Z 602
 DS1307 139
 DS1820 189
 DSO 601
 Dual In-Line *siehe* DIL
 Durchlassspannung 74, 291

E

Eagle
 CAD 24, 607
 Format 608
 Gerber 613
 Editor 42
 EEPROM 15, 331
 I2C-Baustein 334
 lesen 331
 schreiben 331

Speicherplatz 333
 Eingang 97
 Eingangspuls
 Puls messen 640
 Eingangswiderstand
 digitaler Eingang 98
 Einstieg
 Arduino 13
 Einzelfunktion 89
 Einzelkomponente
 Bezugsquelle 653
 Elektrolytkondensator 73
 Elektromotor 268
 Elektronikbauteil 70
 Elektroniklabor 53
 Elektronik-Lötkolben 596
 elektronische Last 386
 elektronischer Schaltplan *siehe* Stromlaufplan
 Elektrostatische Aufladung 78
 Elektrotechnik 66
 Grundkenntnisse 53
 else 632
 Empfangspuffer
 löschen 648
 serielle Schnittstelle 125, 646
 Empfangssignal 97
 ENC28J60 414, 427, 556
 Encoder *siehe* Rotary-Encoder
 end() 645
 Endschalter 99, 105
 Energie- und Umweltdaten 504
 Entprellen
 Tiefpass 105
 Entwicklungsumgebung 23
 Ausgabefenster 43
 Betriebssysteme 28
 Download 28
 Editor 42
 Hochladen 41
 IDE 38
 kostenlos 19
 Mac OS X 29
 Menü- und Symbolleiste 40
 Neu 41
 Öffnen 41
 preferences.txt 39
 serieller Monitor 42
 Software 28
 Speichern 42
 Verifizieren 40
 Windows 30

Erweiterung
 Schraubklemmen 421
 Terminal Block Shield 421
 ESP8266 445, 456
 Signallevel-Umschalter 457
 EtherCard-Library 414
 Ethernet-Anwendung 414
 Ethernet-Bibliothek 398, 425
 Ethernet-Controller 413, 557
 Ethernet-Einstellungen 431
 Ethernet-Schnittstelle 342
 Ethernet-Shield 409, 412, 425
 Arduino Mega 413
 Ladyada 414
 Experimentierplatine 60
 Lochrasterplatinen 594
 Experimentierschaltung 550
 externe Versorgung *siehe* Stromversorgung

F

Fahrgeschwindigkeit *siehe* Fahrradcomputer
 Fahrradcomputer 317
 false 624
 Fehler
 Programm 548
 Schaltung 547
 Fehlermeldung
 kompilieren 548
 Fehlerquelle 547
 Fehlersuche 16, 547
 Feldeffekttransistor 276
 FET 276
 Feuchtesensor 213
 Firmata
 Bibliothek 348
 Firmata.h 348
 Flachzange 597
 Flash Memory
 Arduino-Boards 649
 Fließkommazahl 623
 Float
 Datentyp 623
 float 82
 Floweronly 412
 Flowerpads 557
 flush() 648
 Flüssigkristallanzeige *siehe* LC-Display
 Folientastatur 15, 362
 for 632
 Fotowiderstand 173, 176
 Freilaufdiode 74, 256

Fritzing 603
 Code 604
 Gerber-Export 612
 Leiterplatte 604
 Schaltplan 604
 Steckplatine 604
 FTDI 28, 552
 Anschlussbelegung 562
 FTDI-Kabel 560
 FTDI-Kabel *siehe* FTDI
 Funknetzstandard 420
 Funksteckdosen 144
 Funktion 82
 Aufbau 618
 Aufruf 618
 mathematische 635
 Funktionsaufruf 82
 Funktionsdefinition 618

G

Galvanisch getrennt 257
 Ganzzahlig 622
 Garduino 213
 Gateway 426
 Gebäudesteuerung 255
 Gefrierschrankwächter 167
 Gepoltes Bauelement 73
 Geräte-Manager 31, 32, 549
 Gerber 611
 Gerbv 614
 Geschwindigkeit 403
 Motor 268
 Geschwindigkeitsmesser 317
 Gesetz
 Spannung 53
 Strom 53
 Widerstand 53
 Gleichstrommotor 268
 Glimmerscheibe 384
 Glühbirne 299
 Gobetwino 350
 Mailbox prüfen 350
 GPD2D120 231
 GPS Shield 415
 GPS-Modul 331, 403, 415
 GPSVisualizer 415
 Grundfrequenz
 PWM 641
 Grundkenntnis
 Elektrotechnik 53

Grundschaltung
 Ansteuerung LED 291
 Grundstruktur 617

H

Halbleiterrelais 257
 Halbleiterübergang 295
 Hall-Sensor 237
 Halogenlampe 276
 Hardwareerweiterung
 Shield 15
 Hardwareerweiterung *siehe* Shield
 Hardwareteil 23
 Hauptprogramm 83
 Loop() 618
 HD44780 307
 Heißleiter 178
 Helligkeit
 LED 293
 Helligkeitssteuerung 300
 Helveto 557
 HIGH
 Konstante 631
 High-Side-Strommessung 367
 Hilfsmittel 593
 HMC6352 234, 243
 Hochspannungsteil 359
 http-Request 503
 Hyperterminal 89

I

I2C 131
 Protokoll 132
 I2C-Bus 132
 I2C-Scanner 200
 IC 59, 76
 ICSP 26, 46, 57, 562
 IDE 23
 if 632
 iMac 33
 INA169 367
 inc_mailbox.php 659
 In-Circuit Serial Programming 26, 46
 In-Circuit Serial Programming *siehe* ICSP
 Induktiver Schalter 229
 Infrarot 75
 Infrarotsensor 230
 .ino *siehe* Dateiendung
 Input
 Konstante 631

Installation

Linux 29
 Mac OS X 29
 Software 29
 USB-Treiber 31
 Windows 29
 Instructables 22
 int 81
 Integer 80
 Datentyp 622
 Integrierte Schaltung *siehe* IC
 Integrierter Temperatursensor 182
 Interaction Design Institute Ivrea
 IDII 19
 Internet Protocol *siehe* IP
 Interrupt 642
 CHANGE 643
 FALLING 643
 LOW 643
 Mode 643
 Nummer 642
 RISING 643
 Intranet 425
 IP 426
 IP-Adresse 426
 IR-Diode 75
 Isolierbuchse 384
 Ivrea 19

J

Java
 Entwicklungsumgebung 28
 JeeNode 155
 Jumper-Wire 61

K

Kaltleiter 181
 Kapazitiver Schalter 229
 Kathode 300
 Kathodenstrahlröhre 600
 Keypad 363
 Keypad Shield 416
 KiCad 608
 Kiloohm 72
 Kit 24
 Klammer
 eckige 619
 geschweifte 619
 runde 619
 Kleidungsstück 51

KML-Format 415
 Kolophonium
 Lötzinn 597
 Kommentar 621
 einzeilig 621
 Kommentarblock 621
 Kommunikation 24
 serielle 14, 124
 Kompass 234
 Kompass-Sensor 234
 Kompilieren 89
 Kompilierung 43
 Fehlermeldung 44
 Komponente 24
 Kondensator 73
 Konfiguration
 Setup() 617
 Konfigurationsstecker
 Spannungsversorgung 47
 Konstante 630
 Konstantendeklaration 630
 Konstantstromquelle 291
 Spannungsregler 293
 Transistor 292
 Kontrollstruktur 632
 Konvention
 Programmierung 619
 Kreativität 20
 Kühlkörper 383
 Kühlung 276, 383
 kurzschlussfest 365

L

L293 269
 Labornetzgerät 548
 Lagerung 53
 Lampe 255
 Längengrad 403
 Last
 schalten 276
 Layoutdaten 608
 LC-Display 307
 Ansteuerung 307
 Bibliothek 308
 HD44780 307
 LDR 176
 Widerstandswert 176
 LED 291, 295
 LED-Matrix 316
 Leiterbahn 60

Leiterplatten 54, 610, 615
 OSH Park 615
 Prototypen 610
 Leiterplattenversion 50
 Leitfähiger Faden 51
 Leuchtdiode 74
 Leuchtdiode *siehe* LED
 Library *siehe* Bibliothek
 Lichtemission 75
 Lichtstrom 299
 Lichtwelle 230
 Lieferant *siehe* Bezugsquelle
 LilyPad 51
 Linux-Betriebssystem 47
 LiquidCrystal 308, 406
 lcd() 309
 Listing 655
 Lithium Backpack 419
 LM317 293
 LM335 185
 LM35 182
 Temperatursensor 117
 LM75 139, 192
 Lochmaster 595
 Lochrasterplatine 60, 594
 Lochstreifenplatine 594
 Logischer Operator 639
 Long
 Datentyp 623
 long 82
 loop() 84
 Loop-Funktion
 Loop() 618
 Lötarbeiten 61
 Lötgerät 78
 LötKolben 53, 596
 Lötunkt 60
 Lötstation
 geregelt 597
 Lötzinn 597
 LOW
 Konstante 631
 Luftdruck 221
 Lüfterfrischer 20
 Luftfeuchtigkeit 213

M

Mac OS X 29
 MAC-Adresse 426
 MacBook 33

- Magician Chassis 282
 - Magnet 78, 255
 - Magnetismus *siehe* Hall-Sensor
 - Maggie RSS 495
 - Mailchecker 500
 - inc_mailbox.php 659
 - Maker 20
 - Maker Faire 22
 - Maker Faire Rome *siehe* Maker Faire
 - map 636
 - map() 260
 - Master
 - I2C-Bus 132
 - Matrix 405
 - Controller 405
 - Matrixanzeige 304
 - max() 635
 - MAX232 129
 - MAX6675 209
 - MAX7219 405
 - Mega
 - Board 649
 - Megaohm 72
 - Memory Card 336
 - Memsic 2125 231
 - Messbereich
 - Multimeter 599
 - Messenger
 - Bibliothek 348
 - Messgerät 53
 - Multimeter 16
 - Oszilloskop 16
 - Messwerterfassungssystem 331
 - Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren
 - siehe* MOSFET
 - micros() 644
 - MIDI 406
 - MIDI Shield 418
 - Migration 665
 - Migration zu Arduino 1.0 *siehe* Migration
 - Mikrocontroller 23, 56
 - Anschlussbelegung 56
 - Systeme 19
 - millis() 644
 - min() 635
 - Mindstorms 195
 - Mini 50
 - Minimalschaltung 551
 - Miniroboter
 - Servo 267
 - Mini-USB-Adapter 50
 - MintyBoost 17, 59
 - Mittelwert 187
 - Modellbauservo 258
 - PWM 259
 - Monitor
 - serieller 14, 86
 - MOSFET 277, 361
 - Motor 255, 268
 - Motor-Shield 275
 - Motorsteuerung 273
 - Multimeter 598
 - Multiplikation 638
- N**
- Nachkommastelle
 - Float 623
 - Nano 50
 - Board 649
 - Nano Shield 419
 - Nanode *siehe* Clone
 - Neigung 231
 - Networked Cat 175
 - Netzgerät 53
 - programmierbares 356
 - Netzgeräte 359
 - Netzteil 15, 62
 - Netzteilprojekt 358
 - Netzteilprojekt *siehe* Digitales Netzteil
 - Netzwerkverbindung 426
 - Niederspannungsbereich 62
 - NMEA 403
 - Nokia 3310/5110 314
 - not 639
 - notone() 642
 - NPN 75
 - NTC 178
 - nunchuck_funcs.h 655
- O**
- Oberflächenmontage 78
 - SMD 139
 - Ohm 72
 - ohmsche Gesetz 66
 - OneWire
 - Bibliothek 190
 - Online-Wetterstation 536
 - Open Source
 - Boards 24
 - Opendrain 305
 - OpenWrt *siehe* Yun
 - Operator
 - logischer 639
 - Optokoppler 109

or 639
 OSH Park 615
 Oszillogramm
 Oszilloskop 600
 Oszilloskop 600
 mit Arduino 609
 Output
 Konstante 631

P

Pachube *siehe* Xively
 Paperduino 25
 Parallelschaltung 69
 Parameter 82
 Funktionsaufruf 618
 PCF8574 304
 PCF8583 *siehe* DS1307
 PDC8544 314
 Perma-proto 553
 Pflanzenbewässerung 21
 PHP 477
 Physical Computing 13, 343
 Piezo-Element 326
 Pin Visualizer 417
 Pinbelegung
 Mikrocontroller 650
 PING))) Ultrasonic Sensor 230
 PING-Sensor 230
 pinMode
 Input 640
 Output 640
 pinMode() 640
 Platin 200
 Platinsensoren 200
 Plattform 23
 PNP 75
 Poorman's Scope
 Oszilloskop 609
 Port 97
 PWM 641
 Port Expander 304
 Porterweiterung 304
 Portmanipulation 353
 Portnummer 549
 Portregister 353
 Potentiometer 72, 261
 pow() 636
 Power-Leuchtdiode 276, 299
 preferences.txt 549
 Prellen 105
 Prellverhalten 105
 print() 646

println() 647
 Problem
 COM-Port 549
 IDE 548
 Processing 15, 23
 Arduino steuern 348
 Java 342
 Oberfläche 347
 serielle Schnittstelle 345
 Programmablauf 86
 Programmcode 80
 Programmierung
 Konvention 619
 Programmstruktur 617
 Projekt Blink 38
 Protonly 411
 Proto-Shield 90, 173, 409, 410
 Floweronly 412
 Protonly 412
 Prototyp 20
 Aufbau 20
 Prototypen-Leiterplatten 553
 Prüfprogramme 85
 Prüfung 89
 PString 405
 Ptroo 200
 PTC 181
 Grundschaltung 182
 pulseIn() 640
 Pulsweite 259
 Pulsweitenmodulation 97, 641
 Pulszeit 114
 Pushbutton *siehe* Drucktaster
 PWM 641
 Ausgangsfrequenzen 122
 Ports 122
 Signal 120

Q

Quarz 73

R

random() 637
 randomSeed 637
 RBBB 554
 read() 646
 Really Bare Bone Board *siehe* RBBB
 Really Simple Syndication *siehe* RSS
 Receive (rx) 130
 Reed-Kontakt 229
 Reed-Relais 229
 Referenzspannung 113

- Regelsystem 255
- Relais 78, 255
- Relaiskontakt 256
- RESET 57
- return 635
- RFBoard 559
- RFID-Reader 331
- RF-Komponente 290
- RFM12B 152
- RFM12B Board 166
- Rich Site Summary *siehe* RSS
- Richtungsänderung 231
- Richtungssteuerung 273
- Rigol 602
 - DS1052 602
- Roboter 263, 279
 - Stückliste 279
- Roboterfahrzeug 279
- Rotary Encoder *siehe* Encoder
- Rotary-Encoder 387
 - Signale 387
- Router 426
- Row-Column Scanning 317
- RS232 124
- RS-274X *siehe* Gerber
- RSS 493
- RSS einlesen 493
- RSS-Feeds 493
- RSS-Parser 494
- Rückgabewert 82
 - Funktion 618
 - Typ 618
- S**
- Schalter 79
- Schaltersensor 229
- Schaltkontakt 276
- Schaltkreis 53
- Schaltrelais 255
- Schalttransistor 276
- Schaltungsaufbau 14, 53, 62
- Schaltungsentwicklung 20
- Schließer 256
- Schnittstelle
 - Eingänge und Ausgänge 97
 - serielle 644
- Schraubklemme 421
- Schreib- und Lesezyklus 333
- Schrittmotor 268
 - Ansteuerung 408
- Schrittzähler 326
- SCL 132
- SD Card Shield 417
- SDA 132
- SD-Card-Schaltung 341
- SD-Karte 15, 336
- Seebeck-Effekt 208
- Segment
 - 7-Segment-Anzeige 300
- Seitenschneider 597
- Selbstbausensoren 214
- Semikolon 621
- Senden (tx) 129
- Sendesignal 97
- Sensor 175
 - GPD2D120 231
- Sensorfeedback 299
- Serial Monitor 42
- SerialLCD 311
- Serielle Kommunikation 124, 644
- Serielle Schnittstelle
 - Ports 645
 - RS232 124
- Serienwiderstand 291
- Servo 258
 - Anschlusskabel 259
 - durchlaufend 279
 - Roboter 267
 - Umbau durchlaufender Servo 268
- Servoachse 263
- Servo-Bibliothek 259
- Servomotor 268
- setup() 84
- Shield 409
 - Eagle-Format 411
 - Keypad Shield 416
 - MIDI Shield 419
 - Motor-Shield 415
 - SD Card Shield 417
 - TouchShield 416
- Shift-Register 304
- Signalausgabe
 - analog 352
- Signalgeber 352
- Signalglättung 73
- Signalkopplung 73
- Signalpegel
 - serielle Schnittstelle 129
- SimplePie 529
- sin 637
- Sinusgenerator 356
- Sinussignal 356

- Sippino 558
 - Sketch 23, 80
 - Grundstruktur 617
 - Sketchbook 38
 - Sketch-Upload 43
 - Skizzenbuch 43
 - Slave
 - I2C-Bus 132
 - SMD 78
 - SN754410 269
 - SO-8 139
 - SoftSerial 400
 - Software 28
 - Softwarebibliothek 15, 397
 - SoftwareSerial 130
 - Softwareteil 23
 - Solid State Relay 257
 - Sollwert 258
 - Regelsystem 352
 - Sollwerteingabe 362
 - Source 277
 - Spalte 316
 - Spannung 66
 - Spannungsregler 65, 293
 - LM317 293
 - Spannungsteiler 109
 - Speicherbedarf
 - String 626
 - Speicherplatz 333
 - Sperrrichtung 74
 - SPI 209, 413, 418
 - Spielkonsole
 - Wii 231
 - SpikenzieLabs 558
 - SPI-Kommunikation
 - Ports 57
 - SPI-Kommunikation *siehe* SPI
 - Spule 78
 - sq 637
 - sqrt 637
 - SRAM
 - Arduino-Boards 649
 - SSR 257
 - Standardbauelement 71
 - Standardbibliothek 398
 - Standardmodul
 - KiCad 609
 - Standortinformationen 331
 - Statuscode 432
 - Steckanschluss 59
 - Steckbrett 25, 59, 593
 - Schaltungsaufbau 14
 - Steckbrett-Adapter
 - Spannungsversorgung *siehe* Steckbrett
 - Steckdose 53
 - Steckerleiste 26, 46
 - Steckernetzteil 26, 45
 - Steinhart-Hart-Gleichung 180
 - Stellglied 255
 - Stepper 407
 - Steuerelektronik
 - Servo 258
 - String 625
 - Array 626
 - String-Größe 626
 - string 82
 - Strom 66
 - Stromfluss
 - begrenzen 291
 - Stromkreis 67
 - Stromlaufplan 54
 - Stromversorgung 58
 - Stromverstärkungsfaktor 75
 - Struktur 84
 - Subtraktion 638
 - Surface mounted device *siehe* SMD
 - switch 633
 - Syntaxerkennung 42
- T**
- Taktfrequenz 649
 - tan 637
 - Tasteneingaben 364
 - Taster 79, 105
 - TCP 425
 - Teleduino 442
 - Temperaturschwellenschalter 352
 - Temperatursensor 14, 196
 - DS1820 189
 - LM35 182
 - NTC 178
 - Pt100 200
 - Testaufbau 594
 - Testen 85
 - Testprogramm 36, 549
 - TextFinder 405
 - Thermistoren 201
 - Thermoelemente 208
 - Tiefpass 105
 - Timer 123
 - TinyGPS 402
 - TIP110 269
 - TMP275 197
 - TMP36 184

TO-220 384
 Tonausgabe 642
 tone() 642
 Tool 593
 Touchscreen-Display 416
 TouchShield 416
 Transceiver *siehe* RFM12B
 Transistor 75
 bipolar 276
 Transmission Control Protocol *siehe* TCP
 Troubleshooting 547
 Fehlersuche 16
 true 624
 Twitter 470
 Twitter-Bibliothek 473
 Two-Wire 131
 Typ K 209
 Typen 80
 Typenbezeichnung
 Bauelemente 71

U

UBE 277
 Überspannung
 Schutz 256
 Übertragungsgeschwindigkeit
 serielle Kommunikation 124
 serielle Schnittstelle 644
 Uhrenbaustein 140
 ULP
 Eagle 608
 Ultraschallsensor 230
 Umrechnungsformel
 Fahrenheit 119
 Umwandlerschaltung 352
 Umweltdaten 504
 Universalmessgerät 598
 Uno
 Board 649
 Uno *siehe* Arduino Uno
 Unsigned
 Datentyp 622
 USB Serial Converter 31
 USB Serial Port 32
 USB-Adapter 50
 USB-Device 45
 USB-Host 50
 USB-Kabel 33
 USB-Port 23
 USB-Schnittstelle
 Stromverbrauch 24

USB-Serial-Breakout-Board 560
 USB-Seriell-Wandler 552
 USB-Seriell-Wandler *siehe* FTDI
 USB-Stecker
 Typ A 33
 Typ B 33
 USBTinyISP 563
 USB-Treiber 30
 Linux 33
 Mac OS X 32
 Windows XP 31
 User Language Program 608

V

Variable 80, 629
 Name 629
 Variablendeklaration 80
 Setup() 617
 Ventil 255
 Verbindungskabel 33
 Vergleichsoperation 638
 VG400 215
 Vierleitertechnik 202
 Vin 57
 VirtualColorMixer
 Fritzing 604
 Virtuelle COM-Schnittstelle 35
 void 83
 Typ 618
 Vollumdrehung 267
 Vorgehen
 Fehlersuche 547
 Vorwiderstand 277

W

Wärmeleitpaste 384
 Wasserstandsmesser 352
 Wasserwaage 15, 232
 Wave Shield 417
 WConstants.h 666
 Wearable 51
 Weather Underground 536
 API 537
 Webclient
 ESP8266 460
 Webduino 409
 Wechselspannung 257, 359
 Wechselspannungslast 276
 Weichlöten 596
 Werkzeug 16

Wert
 Konstanten 630
 Wertebereich 81
 Wertezuweisung 638
 Wetter 536
 Wetterdaten 487
 Wetterstation 16, 536
 Wettervorhersage 536
 while 633
 Widerstand 66, 71
 Widerstandsleiter 353
 Widerstandsleiter-Schaltung 362
 Widerstandsleiterschaltung 355
 Widerstandswert 200
 WiFi
 CC3000 446
 Wii
 Anschlussschema 282
 I2C-Bus 282
 Nunchuk 175, 231, 279
 Remote 231
 Wii Nunchuk 409, 655
 Funktionsbibliothek 655
 Wii-Nunchuk-Adapter 423
 Windlicht 586
 Windows 29
 Windows 7 30
 Wire-Bibliothek 132, 398
 wire.begin() 399
 wire.send() 399
 WiShield 421
 Wiz5100 427
 WIZnet 426
 Wiznet 556

WProgram.h 666
 Würfel 167
 Würfelschaltung 167

X

Xbee Shield 420
 Xively 504
 Bibliothek 509
 X-Koordinate 600
 XML 493
 Xport 414

Y

Yahoo! Weather *siehe* Wetterdaten
 Y-Koordinate 600

Z

Zange
 Seitenschneider 597
 Zeiger
 Pointer 626
 Zeile 316
 Zeilennummer 548
 Zeitfunktion 643
 ZigBee 420
 Zufallszahl
 PRNG 637
 Pseudorandom Number Generator 637
 Zusatzboard 550
 Zuweisung
 gemischt 638
 zusammengesetzt 638
 Zweileiterschaltung 202