

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	15
---------------	----

## TEIL I Den Raspberry Pi kennenlernen

---

<b>1 Kauf und Inbetriebnahme .....</b>	<b>21</b>
1.1 Kauf .....	21
1.2 Raspberry-Pi-Distributionen .....	32
1.3 NOOBS-Installation .....	33
1.4 Image-Datei auf eine SD-Karte schreiben .....	40
1.5 Installation auf einen USB-Stick .....	45
<b>2 Erste Schritte in Raspbian .....</b>	<b>51</b>
2.1 Das Konfigurationsprogramm raspi-config .....	52
2.2 Ein- und Ausschalten .....	57
2.3 Die Benutzeroberfläche LXDE .....	58
2.4 Wichtige Programme .....	64
2.5 WLAN-Konfiguration .....	76
2.6 Bluetooth-Konfiguration .....	78
2.7 USB-Sticks und -Festplatten .....	79
2.8 Drucker .....	80
<b>3 Arbeiten im Terminal .....</b>	<b>83</b>
3.1 Erste Experimente .....	83
3.2 Eingabeerleichterungen und Tastenkürzel .....	89
3.3 Farbspiele .....	92
3.4 Die Bourne Again Shell (bash) .....	94
3.5 Arbeiten mit Administratorrechten (sudo) .....	100
3.6 Textdateien lesen und ändern .....	103
3.7 Verzeichnisse und Dateien .....	109

3.8	Komprimierte Dateien und Archive .....	116
3.9	Prozessverwaltung .....	119
3.10	Netzwerkkommandos .....	125
<b>4</b>	<b>Arbeitstechniken .....</b>	<b>129</b>
4.1	Programme installieren und verwalten .....	130
4.2	Updates .....	133
4.3	SSH .....	137
4.4	VNC .....	145
4.5	Netzwerkverzeichnisse nutzen .....	153
4.6	Netzwerkverzeichnisse anbieten (Samba-Server) .....	159
4.7	Internetzugriff auf den Raspberry Pi .....	166
4.8	Dynamisches DNS .....	170
4.9	IPv6 .....	176
4.10	FTP-Server einrichten .....	179
4.11	Programme beim Systemstart ausführen .....	182
4.12	Programme regelmäßig ausführen (Cron) .....	184
4.13	Monitor zeitgesteuert ein- und ausschalten .....	187
4.14	Backups erstellen .....	188
4.15	Overclocking .....	192
4.16	Notfall-Tipps .....	195
<b>5</b>	<b>Linux-Grundlagen .....</b>	<b>199</b>
5.1	Benutzer und Gruppen .....	200
5.2	Zugriffsrechte .....	208
5.3	Paketverwaltung .....	214
5.4	Verwaltung des Dateisystems .....	217
5.5	Netzwerkconfiguration .....	225
5.6	Bluetooth .....	234
5.7	Systemstart .....	236
5.8	Systemeinstellungen in config.txt .....	246
5.9	Grafiksystem .....	251
5.10	Kernel und Module .....	254
5.11	Device Trees .....	257

<b>6</b>	<b>Ubuntu</b> .....	261
6.1	Installation .....	262
6.2	Konfiguration und technische Details .....	264
<b>7</b>	<b>Windows 10</b> .....	269
7.1	Installation .....	269
7.2	Anwendung .....	272
7.3	Programmentwicklung mit Visual Studio .....	274

## TEIL II Der Raspberry Pi als Media-Center

---

<b>8</b>	<b>Audio-Player mit Smartphone-Fernbedienung</b> .....	283
8.1	MPD-Installation und -Konfiguration .....	284
8.2	MPD-Konfigurationsvarianten .....	289
8.3	HiFiBerry .....	299
8.4	Volumio .....	302
8.5	Pi MusicBox .....	306
<b>9</b>	<b>Multimedia-Center mit Kodi und OpenELEC</b> .....	309
9.1	OpenELEC-Installation und -Konfiguration .....	310
9.2	Fernbedienung .....	321
9.3	Kodi-Betrieb .....	326
<b>10</b>	<b>Multimedia-System mit Plex</b> .....	335
10.1	XBMC oder Plex? .....	335
10.2	Plex-Server-Konfiguration .....	338
10.3	RasPlex-Installation und -Konfiguration .....	341
10.4	Plex-Anwendung .....	348

**TEIL III Hardware-Grundlagen**

**11 Hardware-Einstieg** ..... 353

11.1 Platinenaufbau ..... 353

11.2 Der BCM2836 ..... 354

11.3 GPIO-Kontakte ..... 356

11.4 Stromversorgung ..... 363

11.5 Gehäuse ..... 371

**12 Elektrotechnik-Crashkurs** ..... 375

12.1 Strom, Spannung und das ohmsche Gesetz ..... 375

12.2 Grundsaltungen ..... 377

12.3 Elektronische Grundbauteile ..... 382

12.4 Das Multimeter ..... 387

12.5 Breadboard oder Platine? ..... 390

12.6 Löten ..... 392

12.7 Breadboardadapter ..... 394

**13 LEDs, Motoren und Relais** ..... 399

13.1 Leuchtdioden (LEDs) ..... 399

13.2 Optokoppler ..... 417

13.3 Elektromotoren ..... 418

13.4 Schrittmotoren ..... 431

13.5 Servomotoren ..... 441

13.6 Relais ..... 446

**14 Bussysteme** ..... 451

14.1 SPI ..... 451

14.2 Der Analog-/Digitalwandler MCP3008 ..... 460

14.3 Der Digital-/Analogwandler MCP4811 ..... 465

14.4 I<sup>2</sup>C ..... 471

14.5 UART ..... 480

14.6 Der Audiobus I<sup>2</sup>S ..... 486

14.7 1-Wire ..... 487

<b>15 Sensoren</b> .....	489
15.1 PIR-Bewegungssensor .....	489
15.2 Ultraschallsensor .....	493
15.3 Wasserstandssensor .....	496
15.4 Bodenfeuchtigkeitssensor .....	497
15.5 Temperatursensoren .....	502
15.6 Fotowiderstand .....	509
15.7 Das Multi-Analogsensor-Board PCF8591 .....	511
15.8 Raspberry Pi Camera Board und PiNoIR .....	514
15.9 Reed-Kontakt .....	527
15.10 Hardware Real Time Clock .....	528
15.11 IR-Empfänger .....	533
15.12 Leitfaden für fremde Sensoren .....	534
<b>16 Erweiterungsboards</b> .....	537
16.1 Das Gertboard .....	538
16.2 Der ATmega auf dem Gertboard .....	553
16.3 Logic-Level-Converter .....	558
16.4 RasPiComm .....	559
16.5 PiFace Digital 2 .....	562
16.6 Quick2Wire Interface Board .....	568
16.7 Unterbrechungsfreie Stromversorgung mit PiUSV .....	572
16.8 GertDuino .....	575
16.9 Raspberry-Pi-HATs .....	580
16.10 Adafruit PWM/Servo-HAT .....	585
16.11 BrickPi .....	589
16.12 GrovePi .....	591
<b>17 Displays</b> .....	593
17.1 7-Segment-Anzeige .....	593
17.2 16×2-LC-Display .....	597
17.3 RaspilCD .....	602
17.4 PiTFT – Der Touchscreen für den Raspberry Pi .....	609
17.5 Kfz-Rückfahrmonitore .....	614
17.6 LS-7T – Der Plug&Play-Touchscreen .....	618
17.7 Weitere Display-Boards .....	622

**TEIL IV Programmierung**

**18 Python kennenlernen** ..... 627

18.1 Python ausprobieren ..... 628

18.2 Python-Konzepte interaktiv kennenlernen ..... 630

18.3 Hello World! ..... 640

**19 Python-Grundlagen** ..... 647

19.1 Elementare Syntaxregeln ..... 647

19.2 Variablen und Objekte ..... 653

19.3 Operatoren ..... 663

19.4 Verzweigungen (if) ..... 666

19.5 Schleifen (for und while) ..... 668

19.6 Zeichenketten ..... 674

19.7 Listen ..... 680

19.8 Umgang mit Fehlern (Exceptions) ..... 683

19.9 Funktionen ..... 689

19.10 Objektorientiertes Programmieren ..... 699

19.11 Systemfunktionen ..... 711

**20 Programmieren mit Python** ..... 715

20.1 Programmieren lernen ..... 715

20.2 GPIO-Zugriff ..... 720

20.3 Reset/Shutdown-Taste ..... 726

20.4 Kamera ..... 728

20.5 Dateien bei Dropbox hochladen ..... 732

20.6 E-Mails versenden ..... 735

20.7 Textdateien lesen und schreiben ..... 737

20.8 Grafikprogrammierung ..... 742

20.9 Grafische Benutzeroberflächen mit tkinter ..... 754

**21 bash-Programmierung** ..... 769

21.1 Einführung ..... 769

21.2 Variablen ..... 773

21.3	Schleifen, Bedingungen und Funktionen .....	778
21.4	WiringPi .....	789
<b>22</b>	<b>C-Programmierung .....</b>	<b>795</b>
22.1	Hello World! .....	795
22.2	GPIOs steuern .....	799
<b>23</b>	<b>Java-Programmierung .....</b>	<b>803</b>
23.1	Erste Schritte .....	803
23.2	GPIO-Steuerung mit Java .....	806
<b>24</b>	<b>PHP-Programmierung .....</b>	<b>811</b>
24.1	Apache installieren und konfigurieren .....	812
24.2	Webverzeichnisse einrichten und absichern .....	814
24.3	HTTPS .....	820
24.4	PHP installieren und konfigurieren .....	822
24.5	MySQL installieren und administrieren .....	823
24.6	Hello World! in PHP .....	828
24.7	GPIO-Programmierung mit PHP .....	830
24.8	Kamerafunktionen mit PHP nutzen .....	833
<b>25</b>	<b>Mathematica und die Wolfram Language .....</b>	<b>837</b>
25.1	Arbeiten mit Mathematica .....	838
25.2	Programmieren mit der Wolfram Language .....	844
25.3	Grafische Darstellung von Temperaturdaten .....	851

## TEIL V Projekte

---

<b>26</b>	<b>Der Raspberry Pi im Vogelhaus .....</b>	<b>857</b>
26.1	Einbau des Raspberry Pi samt Kameramodul in ein Vogelhaus .....	857
26.2	Kamerapaxis .....	860
26.3	Bewegungserkennung mit motion .....	864
26.4	Das Vogelhaus im praktischen Einsatz .....	867

<b>27</b>	<b>Zeitmessung mit Lichtschranken</b>	871
27.1	Versuchsaufbau (Hardware)	871
27.2	Software	874
<b>28</b>	<b>Das autonome Auto</b>	877
28.1	Hardware	877
28.2	Die Software	886
<b>29</b>	<b>RFID-Türöffner mit Zutrittskontrolle</b>	891
29.1	RFID-Hardware	892
29.2	Software	895
29.3	Erweiterungsmöglichkeiten und Tipps	901
<b>30</b>	<b>Stromzähler auslesen</b>	903
30.1	Stromzähler-Grundlagen	903
30.2	Einführung in RRDtool	907
30.3	Zählerdaten speichern und zu Graphen aufbereiten	912
<b>31</b>	<b>Hausautomation mit Netzwerksteckdosen</b>	915
31.1	Einführung	915
31.2	Programmierung	917
<b>32</b>	<b>Hausautomation mit 433-MHz-Funktechnologie</b>	929
32.1	Hardware-Grundlagen	929
32.2	Software und Steuerungsbeispiele	932
<b>33</b>	<b>Ort und Zeit per GPS empfangen</b>	941
33.1	Haben Sie Zeit? Eine Uhr für den Raspberry Pi	941
33.2	Ortsbestimmung mit dem Raspberry Pi	950
<b>34</b>	<b>Der Raspberry Pi lernt twittern</b>	955
34.1	Voraussetzungen	955
34.2	Programmierung	957



<b>35</b>	<b>Monitoring</b> .....	963
35.1	Munin .....	963
35.2	SmokePing .....	968
<b>36</b>	<b>Raspberry Pi-ratensender</b> .....	975
36.1	FM-Transmitter einrichten .....	975
<b>37</b>	<b>WLAN-, IPv6- und Tor-Router</b> .....	977
37.1	Einführung .....	977
37.2	WLAN-Access-Point .....	980
37.3	WLAN-Router .....	986
37.4	WLAN-Repeater .....	994
37.5	IPv6-Router .....	998
37.6	Tor-Router .....	1005
<b>38</b>	<b>AirPrint-Drucker selbst gemacht</b> .....	1011
38.1	Voraussetzungen .....	1011
38.2	AirPrint-Konfiguration .....	1015
<b>39</b>	<b>Automatische Präsentationssysteme</b> .....	1019
39.1	Einführung .....	1019
39.2	Werkzeugkasten .....	1022
39.3	Autonome Bilder-Projektion .....	1026
39.4	Video-Player mit Menü .....	1030
<b>40</b>	<b>Luftraumüberwachung</b> .....	1037
40.1	Technischer Hintergrund und Hardware .....	1037
40.2	Software .....	1038
<b>41</b>	<b>Die Servokamera</b> .....	1043
41.1	Die Hardware .....	1044
41.2	Die Python-Software .....	1044
41.3	Die Streaming-Software .....	1046
41.4	Die Weboberfläche .....	1048
41.5	Inbetriebnahme .....	1049

<b>42 PomodoPi</b> .....	1051
42.1 Der Bodenfeuchtigkeitssensor .....	1051
42.2 Die Blumenampel .....	1058
42.3 Die automatische Bewässerung .....	1060
42.4 Photosynthese sichtbar machen .....	1064
<b>43 Wassermelder mit Handyalarm</b> .....	1067
43.1 Hardware .....	1067
43.2 Pushbullet .....	1068
<b>Index</b> .....	1073

# Vorwort

Man stelle sich vor: Sie bekommen einen Computer mit der Rechenleistung eines vielleicht sechs Jahre alten Notebooks für läppische 35 EUR! Der Raspberry Pi ist aber gar nicht dazu gedacht, den Desktop-PC zu ersetzen – und noch weniger das heimische Notebook: Dazu fehlen ihm eine integrierte Tastatur, ein Akku und vor allem der Bildschirm.

Seinen großen Erfolg verdankt der Raspberry Pi vielmehr einer winzigen Steckerleiste für allgemeine Ein- und Ausgabewecke, in der Fachsprache: General Purpose Input/Output (GPIO). Elektronik-Bastler können an diese Steckerleiste Messinstrumente und andere Geräte anschließen, deren Daten verarbeiten bzw. deren Funktionen steuern.

Und mit einem Mal gibt es eine riesige Palette von Anwendungen: von der selbst gebauten Wetterstation über die Steuerungsanlage für Heizung und Solaranlage, von »intelligenten« Spielzeug-Fahrzeugen und -Robotern bis hin zur Heimautomation. Der Raspberry Pi ist in Museen präsent, wo er technische Exponate kindertauglich macht. Er wird an Schulen und Universitäten eingesetzt, um Studenten kostengünstig in die Welt des Embedded Computings einzuführen.

## Geschichte

Der Raspberry Pi wurde von der britischen *Raspberry Pi Foundation* aus den Komponenten von Android-Smartphones entwickelt. Die Zielsetzung bestand darin, wieder mehr Jugendliche und Erwachsene für das Experimentieren mit und das Programmieren von Computern zu begeistern – so wie Homecomputer wie der Commodore 64 oder der Sinclair ZX 80 in den 1980er-Jahren den ersten Computer-Boom abseits des wissenschaftlichen und geschäftlichen Einsatzes auslösten. Der Raspberry Pi sollte preisgünstig sein, einfach zu programmieren und universell einzusetzen.

Der Erfolg des seit Anfang 2012 ausgelieferten Raspberry Pi übertraf alle Erwartungen. Das Gerät wurde nicht nur von der anvisierten Zielgruppe verwendet, sondern es wurde *der* Computer der sogenannten »Maker-Szene«: Eine immer größer werdende Gruppe von Elektronik- und Computer-Fans verwendet den Raspberry Pi in einer neuen Do-it-yourself-Kultur zur Realisierung vielfältigster Steuerungsaufgaben. Bis Februar 2015 verkaufte die Raspberry Pi Foundation mehr als fünf Millionen ihres Meisterstücks.

Ein entscheidender Faktor für den Erfolg des Raspberry Pi ist die enge Verzahnung des Geräts mit der Open-Source-Welt: Auf dem Raspberry Pi läuft üblicherweise Linux, also das freie Betriebssystem, das auf allen Android-Smartphones sowie auf unzähligen Internet-Servern zum Einsatz kommt. Die bevorzugte Programmiersprache ist Python – ebenfalls ein Open-Source-Programm, das frei von Lizenzgebühren verwendet werden kann.

So viel Freiheit lädt offensichtlich zum Teilen ein: Es gibt unzählige Webseiten, auf denen Raspberry-Pi-Fans ihre Ideen präsentieren, Bauanleitungen zusammenstellen oder Zusatzprogramme anbieten. Auch wenn der Raspberry Pi nicht der einzige Minicomputer seiner Art ist – kein anderes Gerät hat eine derart große Community gefunden, zu keinem anderen Gerät finden Sie so unkompliziert Hilfe, und kein anderes Gerät können Sie mit so vielen Komponenten und Boards erweitern.

### Über unser Buch

Unsere Zielsetzung beim Verfassen dieses Buchs war es, Ihnen den Raspberry Pi in seiner ganzen Breite zu präsentieren – von den Linux-Grundlagen über die Programmierung bis zu vielfältigen Versuchsaufbauten mit elektronischen Bauteilen. Dabei war es uns wichtig, Ihnen ein solides Fundament für eigene Experimente zu bieten.

Selbst in einem 1000-Seiten-Buch ist es unmöglich, jedes denkbare elektronische Bauteil, alle Funktionen unterschiedlicher Programmiersprachen bzw. jede der vielen Linux-Anwendungsmöglichkeiten zu präsentieren. Wir haben versucht, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen und Ihnen unser Know-how so zu vermitteln, dass Sie den Raspberry Pi wirklich verstehen lernen. Nach der Lektüre dieses Buchs können Sie mehr, als im Blindflug eine Anleitung nachbauen: Sie können dann eigene Projekte realisieren und Ihr Wissen auf neue Bauteile, Programmier- und Administrationstechniken anwenden.

Das Einzige, was wir von Ihnen als Leser erwarten, ist der Wille, sich auf neue Ideen einzulassen. Davon abgesehen benötigen Sie kein Grundwissen: Weder müssen Sie ein Linux-Guru sein, um dieses Buch zu verstehen, noch müssen Sie programmieren können oder Elektronik-Bastler sein. Dieses Buch enthält neben vielen Raspberry-Pi-spezifischen Kapiteln eine Einführung in Linux, einen Crashkurs in die Elektronik sowie einen vollständigen Python-Programmierkurs.

### Installation und Linux-Grundlagen

Inhaltlich beginnen wir wenig überraschend mit dem Kauf und der Inbetriebnahme des Raspberry Pi. In den folgenden Kapiteln lernen Sie Schritt für Schritt, wie Sie die Kontrolle über das Linux-System auf dem Raspberry Pi übernehmen. Besonderen Wert legen wir darauf, Ihnen effiziente Arbeitstechniken beizubringen. So erklären wir zum Beispiel, wie Sie Ihren Raspberry Pi via SSH oder VNC fernsteuern und wie

Sie Ihren Raspberry Pi mit anderen Geräten im lokalen Netzwerk verbinden und aus dem Internet heraus erreichbar machen. Das Terminal bzw. die Konsole wird dabei Ihr enger Vertrauter werden.

## Elektronische Komponenten

So richtig Spaß macht das Arbeiten mit dem Raspberry Pi erst, wenn Sie das Gerät durch diverse Komponenten erweitern. Wir beginnen mit ganz simplen Projekten, z. B. dem Ein- und Ausschalten einer Leuchtdiode. Die folgenden Elektronikkapitel zeigen Ihnen dann, wie Sie eine Fülle von Komponenten, Sensoren und Erweiterungsboards mit Ihrem Raspberry Pi einsetzen. Die folgende, unvollständige Liste soll als Appetitanreger dienen:

- ▶ LEDs, Transistoren, Optokoppler, Relais, Schritt- und Servomotoren
- ▶ Temperatur-, Bewegungs-, Ultraschall- und Feuchtigkeitssensoren
- ▶ Camera Board und PiNoIR
- ▶ Bussysteme sowie SPI, I<sup>2</sup>C, UART, I<sup>2</sup>S- und 1-Wire-Komponenten
- ▶ 16×2-Zeilendisplays, TFT-Displays und Touchscreens
- ▶ Gertboard, RaspiComm, PiFace, PiUSV, Quick2Wire, Gertduino, HATs, HifiBerry

## Programmierung

Es reicht nicht aus, elektronische Erweiterungen an den Raspberry Pi anschließen zu können – Sie müssen auch Code verfassen, um die Komponenten zu steuern. In der Raspberry-Pi-Welt kommt dazu fast immer Python zum Einsatz. Dieses Buch enthält deswegen einen über drei Kapitel reichenden Python-Programmierkurs, der auch Einsteigern Freude am Programmieren vermittelt.

Python ist zwar populär, aber natürlich nicht die einzige Programmiersprache für den Raspberry Pi. In mehreren Kapiteln zeigen wir Ihnen, wie Sie den Raspberry Pi durch bash-Skripts, C-, C#- oder Java-Programme bzw. mit PHP-Seiten steuern. Und für alle, die einen Blick in eine vollkommen neue Programmiersprache werfen möchten, haben wir ein Kapitel über Mathematica und die Wolfram Language beigefügt.

## Konkrete Anwendungen und Projekte

Bereits die Grundlagenkapitel zeigen unzählige Anwendungsmöglichkeiten des Raspberry Pi. Daneben stellen wir Ihnen kapitelweise eine Menge konkreter Projekte vor. Zu den Highlights zählen:

- ▶ ein ferngesteuerter Audio-Player für die Stereoanlage
- ▶ Multimedia-Center für den Fernseher (Kodi und Plex)
- ▶ Zeit- und Geschwindigkeitsmessung, z. B. für den Physikunterricht

- ▶ ein selbststeuerndes Spielzeugauto
- ▶ Raum und Zeit erfassen mit einem GPS-Modul
- ▶ Heimautomation mit Netzwerksteckdosen und 433-MHz-Funksteckdosen
- ▶ der Raspberry Pi im Vogelhaus
- ▶ WLAN-, IPv6- und Tor-Router
- ▶ der Raspberry Pi lernt twittern
- ▶ Stromzähler (Smart Meter) auslesen
- ▶ der Raspberry Pi als RFID-Reader und Türöffner
- ▶ AirPrint-Drucker selbst gemacht
- ▶ FM-Transmitter
- ▶ Luftraumüberwachung mit dem Raspberry Pi
- ▶ Servocam (Fernsteuerung einer Webcam mit Servomotoren)
- ▶ Garten- und Balkonbewässerungssystem
- ▶ Wassermelder

### Neu in der 2. Auflage

Für die hier vorliegende 2. Auflage wurde das Buch vollständig aktualisiert und erweitert. Das Buch ist nun aktuell zum Raspberry Pi 2, berücksichtigt neben Raspbian auch Ubuntu und sogar Windows 10, zeigt den Umgang mit noch mehr Sensoren und Erweiterungsboards, geht auf die neusten technischen Entwicklungen ein (Device Trees, HATs) und präsentiert noch mehr Projekte!

### Viel Spaß mit dem Raspberry Pi!

IT-begeisterte Köpfe haben schon immer Spaß am Programmieren und am Experimentieren gefunden. Aber wenige Neuerungen der letzten Jahre haben eine derartige Welle der Begeisterung ausgelöst wie der Raspberry Pi. Immer wieder tauchen neue Anwendungen auf, an die niemand dachte, als der Raspberry Pi konzipiert wurde.

Lassen Sie sich von dieser Begeisterung anstecken. Verwenden Sie den Raspberry Pi, um in die Welt der Elektronik, in die Programmierung und in die Konzepte von Linux einzutauchen! Dabei wünschen wir Ihnen viel Spaß!

Michael Kofler (<http://kofler.info>)

Charly Kühnast (<http://kuehnast.com>)

Christoph Scherbeck (<http://www.elektronx.de>)

PS: Zu diesem Buch gibt es auch ein Blog, in dem wir über neue Raspberry-Pi-Ideen und -Entwicklungen berichten:

<http://pi-buch.info>