

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	15
---------------	----

TEIL I Den Raspberry Pi kennenlernen

1 Kauf und Inbetriebnahme	21
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
2 Erste Schritte in Raspbian	51
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
3 Arbeiten im Terminal	83
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
4	Arbeitstechniken	129
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
5	Linux-Grundlagen	199
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

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

TEIL II Der Raspberry Pi als Media-Center

8	Audio-Player mit Smartphone-Fernbedienung	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
9	Multimedia-Center mit Kodi und OpenELEC	309
9.1	OpenELEC-Installation und -Konfiguration	310
9.2	Fernbedienung	321
9.3	Kodi-Betrieb	326
10	Multimedia-System mit Plex	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 ² C	471
14.5	UART	480
14.6	Der Audiobus I ² S	486
14.7	1-Wire	487

15 Sensoren	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
16 Erweiterungsboards	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
17 Displays	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
22	C-Programmierung	795
22.1	Hello World!	795
22.2	GPIOs steuern	799
23	Java-Programmierung	803
23.1	Erste Schritte	803
23.2	GPIO-Steuerung mit Java	806
24	PHP-Programmierung	811
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
25	Mathematica und die Wolfram Language	837
25.1	Arbeiten mit Mathematica	838
25.2	Programmieren mit der Wolfram Language	844
25.3	Grafische Darstellung von Temperaturdaten	851

TEIL V Projekte

26	Der Raspberry Pi im Vogelhaus	857
26.1	Einbau des Raspberry Pi samt Kameramodul in ein Vogelhaus	857
26.2	KamerapraxiS	860
26.3	Bewegungserkennung mit motion	864
26.4	Das Vogelhaus im praktischen Einsatz	867

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

35	Monitoring	963
35.1	Munin	963
35.2	SmokePing	968
36	Raspberry Pi-ratensender	975
36.1	FM-Transmitter einrichten	975
37	WLAN-, IPv6- und Tor-Router	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
38	AirPrint-Drucker selbst gemacht	1011
38.1	Voraussetzungen	1011
38.2	AirPrint-Konfiguration	1015
39	Automatische Präsentationssysteme	1019
39.1	Einführung	1019
39.2	Werkzeugkasten	1022
39.3	Autonome Bilder-Projektion	1026
39.4	Video-Player mit Menü	1030
40	Luftraumüberwachung	1037
40.1	Technischer Hintergrund und Hardware	1037
40.2	Software	1038
41	Die Servokamera	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

42 PomodoPi	1051
42.1 Der Bodenfeuchtigkeitssensor	1051
42.2 Die Blumenampel	1058
42.3 Die automatische Bewässerung	1060
42.4 Photosynthese sichtbar machen	1064
43 Wassermelder mit Handyalarm	1067
43.1 Hardware	1067
43.2 Pushbullet	1068
Index	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, I²C, UART, I²S- 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>