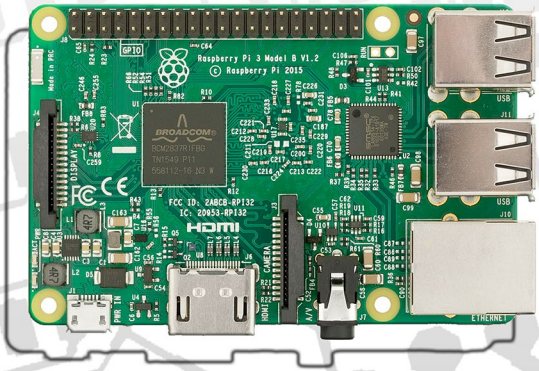
FRANZIS

RASPBERRY PI BUNDLE 2018



12 E-Books, mit denen Sie alles aus Ihrem RasPi rausholen

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2018 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Autoren: Bo Hanus, Christian Immler, E. F Engelhardt, Hannah Bernauer, Mattias Schlenker, Wilfried Klaas

ISBN 978-3-645-39109-2

INHALTSÜBERSICHT DER LESEPROBE

1. Teil: Schnelleinstieg Raspberry Pi 3 ..... PDF-S. 4

2.Teil: Schnelleinstieg Raspberry Pi 2 ..... PDF-S. 30

3.Teil: Roboter mit Raspberry Pi ..... PDF-S. 47

4.Teil: Bussysteme in der Praxis ..... PDF-S. 96

5.Teil: Raspberry Pi Serverbuch ..... PDF-S. 109

6.Teil: Raspberry Pi - Mach's einfach ..... PDF-S. 171

7.Teil: Schnelleinstieg Raspberry Pi - 2. Auflage ..... PDF-S. 185

8.Teil: Coole Projekte mit Raspberry Pi ..... PDF-S. 203

9.Teil: Hausautomation mit Raspberry Pi ..... PDF-S. 218

10.Teil: Linux mit Raspberry Pi ..... PDF-S. 269

11.Teil: Schnelleinstieg Banana Pi ..... PDF-S. 301

12.Teil: Maxi-Power-Projekte mit Arduino & Raspberry Pi..... PDF-S. 330

E. F. Engelhardt

Schnelleinstieg Raspberry Pi 3

INHALTSVERZEICHNIS

1 RASPBERRY 1, 2, 3 ODER ZERO? 10

1.1 Linux auf dem Raspberry Pi 15
1.1.1 Terminal: Kommandozeile für den Raspberry Pi 16
1.1.2 Konsolen-Basics: wichtige Befehle im Überblick 16
1.1.3 chmod: effektive Berechtigungen 18
1.1.4 Device-Tree-Optionen in der config.txt 19

1.2 Praktisches Zubehör für den Raspberry-Betrieb 22
1.2.1 Micro-USB-Kabel und Netzteil 23
1.2.2 (Micro-)SD-Karten: der Unterschied zwischen schnell und langsam. 23
1.2.3 Bildschirm: HDMI, FBAS oder nichts. 26
1.2.4 Tastatur 26
1.2.5 Maus 27
1.2.6 Bluetooth-USB-Dongle. 27
1.2.7 USB-WLAN-Dongle 27
1.2.8 USB-LAN-Netzwerkadapter 27
1.2.9 pHAT – Raspberry Pi per Shield erweitern 28

2 RASPBERRY PI EINRICHTEN UND KONFIGURIEREN 30

2.1 Für Einsteiger: mehrere Betriebssysteme zum Ausprobieren 30
2.1.1 NOOBS – der erste Start. 31

2.2 Für Fortgeschrittene: Image auswählen und auf Micro-SD-Karte installieren. 33
2.2.1 Spätere Inbetriebnahme: root oder pi? 35
2.2.2 Via Mac-OS-X-Konsole: Raspberry-Image aufspielen 35
2.2.3 Windows: das USB Image Tool im Einsatz 37
2.2.4 Man schreibt deutsch: Konsoleneinstellungen anpassen 44
2.2.5 sudo oder root? 47
2.2.6 Datum und Uhrzeit setzen über das Terminal 47

2.3 Tuningmaßnahmen für den Raspberry Pi 47
2.3.1 USB-Tastatur – Ziffernblock einschalten 48
2.3.2 Überblick über die Systemauslastung mit htop 48

2.3.3 Optimierung per Speichersplitting 49
2.3.4 Kommandozeilenfetischisten: GUI-Start unterbinden 49
2.3.5 Arbeitsspeicher unterstützen: Swap-Datei anlegen . . . 50
2.3.6 Swap-Datei in fstab konfigurieren 51
2.3.7 Dateien und Verzeichnisse via fstab optimieren 52
2.3.8 Konsolen reduzieren 52

3 RASPBERRY PI MIT DER MAUS – BENUTZEROBERFLÄCHE LXDE 54

3.1 Daten, Dateien und Dateisystem 55
3.1.1 Persönliche Daten 58
3.1.2 Micro-SD-Karte sichern 58

3.2 Raspbian Jessie – die wichtigsten Programme und Tools 58
3.2.1 Surfmaschine Raspberry Pi – Webbrowser mit HTML5 59
3.2.2 LibreOffice – Schreibmaschine in der Streichholzschachtel 60
3.2.3 LibreOffice-Tuning für den Raspberry Pi 61

3.3 Startmenü Zubehör: Tools und Hilfsprogramme 62
3.3.1 Hilfe zur Selbsthilfe: Debian-Referenz 63
3.3.2 Spielend bauen – Minecraft Pi Edition 63

3.4 Drucken mit CUPS 65
3.4.1 CUPS-Basisinstallation 65
3.4.2 Optional: Druckertreiberinstallation 67
3.4.3 Drucker mit CUPS koppeln – Admin-Webseite nutzen . 68
3.4.4 Drucker im Heimnetz zu CUPS hinzufügen und einrichten 70

3.5 Unterschiedliche Wege – Programme installieren 72
3.5.1 Paketinstallation in der Konsole über apt-get 73

3.6 Eingebaute oder nachgerüstete Bluetooth-Schnittstelle nutzen 75

3.6.1 Bluetooth-Kopplung über die LXDE-GUI 76
3.6.2 Bluetooth-Kopplung über bluetoothctl-Kommandozeile 77

4 RASPBERRY PI IM NETZWERK 80

4.1 Eingebauten WLAN-Adapter nutzen oder nachrüsten: Achtung, Chipsatz 80
4.1.1 Mit Sicherheit: Netzwerkeinstellungen festlegen 83

4.2 Raspberry Pi über SSH steuern: PuTTY, Terminal & Co. im Einsatz 85
4.2.1 Praktisch und sicher: Zugriff über SSH 85
4.2.2 Keine Installation nötig: Windows-Zugriff über PuTTY 86
4.2.3 Raspberry Pi per Mausklick abschalten 89
4.2.4 Bequem Daten kopieren mit WinSCP 89
4.2.5 Mac OS X: SSH-Zugriff über die eingebaute Konsole 91
4.2.6 Ubuntu: SSH-Zugriff nachrüsten 93

4.3 Datei- und Druckdienste im Heimnetz 93
4.3.1 Zugriff auf das Raspberry-Pi-Dateisystem im Heimnetz 94
4.3.2 Mac OS X mit Raspberry Pi via Samba koppeln 98
4.3.3 Windows-Ordner für den Raspberry Pi im Heimnetz freigeben 103
4.3.4 Windows zickt beim Samba-Zugriff: Freigabeprobleme lösen 104

5 RASPBERRY PI ALS SPIELKONSOLE 108

5.1 Retrospielhölle auf dem Raspberry Pi 108
5.1.1 MS-DOS-Spiele auf dem Raspberry Pi 109

5.2 Retropie – das Emulator-Image für den Raspberry Pi . . . 114
5.2.1 Image auf SD-Karte: Retropie installieren 114
5.2.2 Zwingend nötig: Spiele in Retropie installieren 115
5.2.3 Amiga, Atari, C64, SNES, Nintendo64 & Co. auf dem Raspberry Pi 116
5.2.4 Man spricht deutsch: Retropie konfigurieren 118

6 WOHNZIMMER-PC 3.0: SMARTTV-EIGENBAU 120

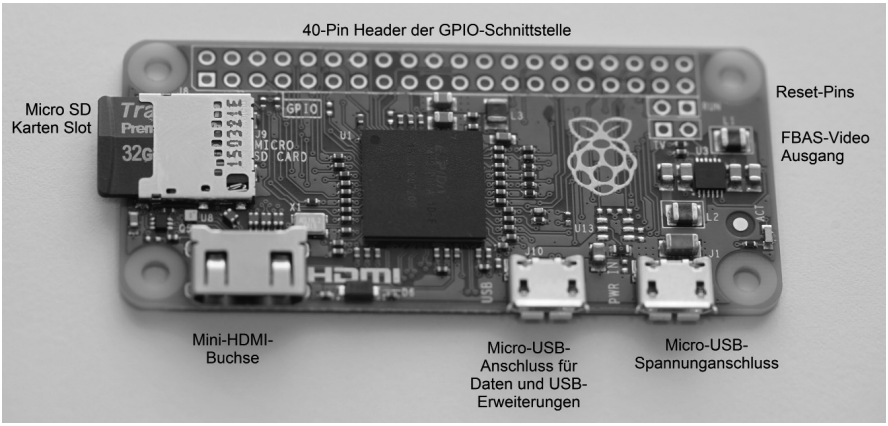
6.1 OpenELEC: laden oder kompilieren? 120
6.1.1 OpenELEC-Image herunterladen und anpassen 121
6.1.2 Inbetriebnahme eines fertigen Kodi/ OpenELEC-Images 121

6.2 Kodi-Mediacenter einrichten 122
6.2.1 OpenELEC-Einstellungen anpassen und Freigaben einrichten 125
6.2.2 Administration über die Kommandozeile – SSH-Zugriff einschalten 127
6.2.3 Samba einrichten: bequemer Zugriff auf das Mediacenter 128
6.2.4 Zugriff auf NFS/Samba-Freigaben im Heimnetz 132
6.2.5 NFS konfigurieren: Zugriff auf Linux/NAS-Server 133
6.2.6 CIFS/Samba konfigurieren: Zugriff auf Windows-Freigaben 134
6.2.7 Praktisch: Kodi/XBMC-Webserver einschalten 137
6.2.8 Wettervorhersage mit dem Wetter-Plug-in 140
6.2.9 OpenELEC: hohe CPU-Auslastung reduzieren 140
6.2.10 Mehr Funktionen: Add-ons nachrüsten, einrichten und nutzen 142
6.2.11 MPEG-2- und MPEG-1-Codec nachreichen 145
6.2.12 Manchmal praktisch: Screenshots erstellen 147

6.3 Raspberry Pi als TV-Box 148
6.3.1 Besser zum Streamen: TV-Box auf Linux-Basis 149
6.3.2 Streaming-Server installieren 150
6.3.3 TV-Box mit Kodi verheiraten 152
6.3.4 Mehr Komfort: Fernbedienung mit Pi koppeln 154
6.3.5 LiveTV auf Pi-Kodi genießen 157

1 RASPBERRY 1, 2, 3 ODER ZERO?

Die Entwicklung schreitet nicht nur in der IT generell, sondern auch beim Raspberry-Pi-Projekt fort. Alle paar Monate gibt es sowohl auf der Software- als auch auf der Hardwareseite eine Weiterentwicklung zu vermelden: Während die erste Fassung, Raspberry Pi 1 Modell A, mit nur einem USB-Port und ohne Netzwerkanschluss ausgeliefert wurde, war sein Nachfolger Modell B bereits mit zwei USB-Ports und einer RJ45-10/100-MBit-Netzwerkschnittstelle ausgerüstet.

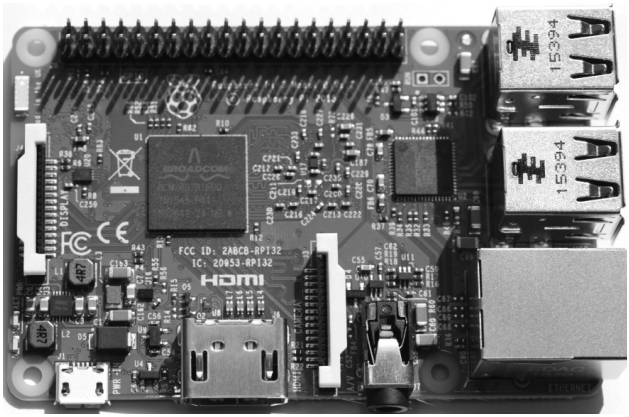


Alle Anschlüsse an Bord: Links befindet sich der Micro-SD-Kartenslot, dann folgen die Pinlöcher für den 40-Pin-Header der GPIO-Schnittstelle, je zwei Pins für Reset und FBAS-Videoausgang, der Micro-USB-Spannungsanschluss und der Micro-USB für Daten und USB-Erweiterungen. Zu guter Letzt ist die Mini-HDMI-Buchse verbaut.

Im Herbst 2012 wurde das Modell B von einem zweiten B-Modell (Revision 2) abgelöst, das im Vergleich zu seinem Vorgänger mit mehr Arbeitsspeicher ausgestattet ist. Während die ersten Modelle mit 256 MByte Kapazität bestückt sind, bietet das Modell B2 nunmehr 512 MByte – also doppelt so viel RAM. Diese Speichermenge findet sich auch bei dem im Dezember 2015 veröffentlichten Raspberry Pi Zero, während Raspberry Pi 2 Modell B vom Februar 2015 eine Speichergröße von 1 GByte mitbringt. Der Prozessor ist bei diesen großen 2015er-Modellen der A7-Cortex mit vier Kernen und 900 MHz Taktfrequenz, was in den Benchmarks einer rund sechsfachen Leistungssteigerung gegenüber dem Raspberry Pi 1 entspricht.

Im Februar 2016 wurde von der Raspberry Pi Foundation der A8-Cortex mit 64-Bit-CPU BCM 2837 mit 1,2 GHz, sowie je einem integrierten WLAN-Modul

und Bluetooth-Modul veröffentlicht. Laut Hersteller soll die neue Platine rund 50 bis 60 % schneller sein als die CPU des Vorgängers Raspberry Pi 2, und auf jeden Fall benötigt der Raspberry Pi 3 somit nach Wunschdenken der Raspberry Pi Foundation auch ein besseres Netzteil mit 2,5 A Stromstärke, was bei 5 V Spannung ein 12-W-Netzteil bedeutet. In der Praxis funktionieren die „alten" Netzteile der alten Raspberry-Pi-Platinen nach wie vor, bei zusätzlich angeschlossenem USB-Equipment an den USB-Buchsen bieten sie jedoch keine Leistungsreserven mehr. Wie beim Raspberry Pi Zero wird auf die Overklocking-Option im Werkzeug `raspi-config` verzichtet, was keine Anpassung der Taktfrequenz zulässt.



Im ersten Quartal 2016 wurde der Raspberry Pi 3 mit integrierter WLAN- und Bluetooth-Schnittstelle der Öffentlichkeit präsentiert.

WARUM RASPBERRY PI?

Bekanntlich stammt das Wort „Raspberry" aus dem Englischen und bedeutet Himbeere. „Pi" ist die Abkürzung für *Python Interpreter*, wobei Python von der Raspberry Pi Foundation und dem Autor als bevorzugte Programmiersprache auf dem Raspberry Pi empfohlen wird.

Im Juli 2014 wurde das Industriemodul Raspberry Pi Compute Module samt passendem IO-Board sowie der auf dem Raspberry Pi B(2) basierende verbesserte Raspberry Pi B+ vorgestellt. Zwar setzen beide 2014er-Modelle im Wesentlichen noch auf die gleiche Basis auf, differieren jedoch hinsichtlich der Anzahl der Schnittstellen und den damit verbundenen Möglichkeiten.

RASPBERRY PI	RASPBERRY PI1 MODELL A	RASPBERRY PI1 MODELL A+	RASPBERRY PI1 MODELL B	RASPBERRY PI1 MODELL B2
CPU	700 MHz ARM-1176JZF-S core (ARM11)	700 MHz ARM-1176JZF-S (ARM11)	700 MHz ARM-1176JZF-S core (ARM11)	700 MHz 700 MHz ARM1176JZF-S
SoC	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)
GPU	Broadcom Video-Core IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom Video-Core IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom Video-Core IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom Video-Core IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder
Speicher	256 MByte (geteilt mit GPU)	256 MByte (geteilt mit GPU)	256 MByte (geteilt mit GPU)	512 MByte (geteilt mit GPU)
USB-2.0-Anschlüsse	1	1	2 (eingebauter USB-Hub)	2 (eingebauter USB-Hub)
Videoausgang	Composite RCA (PAL und NTSC), HDMI (Rev. 1.3 & 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC)	HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC), Composite-RCA-Signal über 3,5-mm-Klinke	Composite RCA (PAL und NTSC), HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC)	Composite RCA (PAL und NTSC), HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC)
Audioausgang	3,5-mm-Klinke, HDMI	3,5-mm-Klinke, HDMI	3,5-mm-Klinke, HDMI	3,5-mm-Klinke, HDMI
Onboard-Steckplätze	SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	Micro-SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot
Onboard-eMMC-Speicher	-	-	-	-
Onboard-Netzwerkanschluss	-	-	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet
Onboard-WLAN-Anschluss	-	-	-	-
Onboard-Bluetooth-Schnittstelle	-	-	-	-
Low-Level-Anschlüsse	18 GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	27 × GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	18 GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	18 GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse
Stromaufnahme	500 mA (2,5 W)	400 mA (3 W)	700 mA (3,5 W)	700 mA (3,5 W)
Größe	85,60 × 53,98 mm	65 × 56 mm	85,60 × 53,98 mm	85,60 × 53,98 mm
GPIO-Pinleiste Anzahl Pins	26	40	26	26

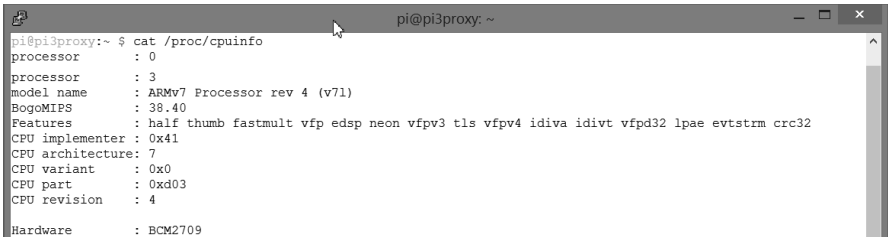
RASPBERRY PI 1 MODELL B+	RASPBERRY PI 2 MODELL B	RASPBERRY PI 3 MODELL B	MODELL CMIO (A)	RASPBERRY PI ZERO
700 MHz ARM-1176JZF-S (ARM11)	900 MHz ARM Cortex-A7	1.200 MHz ARM Cortex-A8	700 MHz ARM-1176JZF-S (ARM11)	1 GHz MHz ARM-1176JZF-S (ARM11)
Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2836 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2837 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM)
Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, 1080p30 h.264/MPEG-4-AVC-Decoder
512 MByte (geteilt mit GPU)	1.024 MByte (geteilt mit GPU)	1.024 MByte (geteilt mit GPU)	512 MByte (geteilt mit GPU)	512 MByte (geteilt mit GPU)
4 (eingebauter USB-Hub)	4 (eingebauter USB-Hub)	4 (eingebauter USB-Hub)	1	1
HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC), Composite-RCA-Signal über 3,5-mm-Klinke	HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC), Composite-RCA-Signal über 3,5-mm-Klinke	HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC), Composite-RCA-Signal über 3,5-mm-Klinke	HDMI (Rev. 1.3 und 1.4), HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC)	Mini-HDMI-Auflösung von 640 × 350 bis 1.920 × 1.200 (PAL und NTSC)
3,5-mm-Klinke, HDMI	3,5-mm-Klinke, HDMI	3,5-mm-Klinke, HDMI	HDMI	HDMI, über PWM-GPIO
Micro-SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	Micro-SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	Micro-SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot	-	Micro-SD-/MMC-/SDIO-Kartenslot
-	-	-	4 GByte	-
10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	-	-
-	-	BCM43143 2,4GHz WLAN b/g/n	-	-
-	-	Bluetooth 4.1 Low Energy	-	-
27 × GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	27 × GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	27 × GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse	27 × GPIO, UART, I2C-Bus, SPi-Bus, +3,3 V, +5 V, Masse
600 mA (3 W)	800 mA (4 W)	1.200 mA (6 W)	500 mA (2,5 W)	600 mA (3 W)
85 × 56 mm	85 × 56 mm	85 × 56 mm	65 mm × 35 mm (S0-DIMM-Platine)	85 × 56 mm
40	40	40	120	40 (ohne Stiftleiste)

Die GPIO-Schnittstelle hat bei den Raspberry-Pi-1-Modellen A, B und B2 26 Pins, bei den verbesserten Modellen Raspberry Pi 1 A+ und B+ sowie beim Raspberry Pi 2 Modell B 40 Pins und bei dem IO-Board des Compute-Moduls 120 Pins. Im Fall eines Raspberry Pi 1 Modell A, B, B2 verwendet der Prozessor insgesamt 54 Ein- und Ausgabeleitungen, von denen 17 als „echte" GPIO-Schnittstelle zur Verfügung stehen. Die eigentliche Anzahl der im Endeffekt frei nutzbaren GPIO-Anschlüsse wird nochmals reduziert, da einige Pins alternative Funktionen mitbringen, wie eine I2C- oder eine SPI-Schnittstelle oder die serielle UART-Schnittstelle, die beispielsweise einen RX- und einen TX-Pin benötigt. Sollen sämtliche Schnittstellen verwendet werden, verbleiben bei den „alten" Raspberry-Pi-Platinen acht „echte" GPIO-Pins, die sich für Hardwareexperimente verwenden lassen. Mit der Einführung der verbesserten A+- und B+-Modelle bei den alten Raspberry-Pi-1-Platinen bzw. dem Raspberry Pi 2 und 3, dem Zero und dem CMIO-Board wird mit mehr zur Verfügung stehenden Pins somit auch die Anzahl der zur Verfügung stehenden GPIO-Anschlüsse erhöht.

Der Raspberry Pi 3 löst nebenher auch die „alten" Raspberry-Pi-Modelle der ersten Generation mit der kleinen 26-poligen Stiftreihe ab, die nicht mehr produziert werden. Um nach Kauf und Lieferung zu kontrollieren, was genau unter der Haube steckt und welche Version des Raspberry Pi geliefert wurde, geben Sie in der Kommandozeile folgenden Befehl ein:

```
cat /proc/cpuinfo
```

Damit lassen Sie sich die Hardwareinformationen, etwa die CPU-Prozessorinformationen, ausgeben. In der tabellarischen Ausgabe suchen Sie nach dem Eintrag `Revision` – hier steht für den Code 1 der Raspberry Pi 1 Modell A. Für den B-Nachfolger wird Code 2 bzw. eine weitere unwesentlich geänderte Revision 3 genutzt, während für das Modell Raspberry Pi 1 B Revision 2 die Codes 4, 5 und 6 zum Einsatz kommen.



Für den Raspberry Pi 3 wird Code 4 verwendet, zu sehen in der Zeile CPU revision.

Um sich den Raspberry Pi zu erträglichen Kosten zu beschaffen, sollten Sie den Kauf bei den offiziellen Raspberry-Distributoren wie Farnell & Co. präferieren. Zwar gibt es zahlreiche Händler, die über die bekannten Verlaufsplattformen im Internet ebenfalls Raspberry-Pi-Platinen verkaufen, doch hin und wieder werden noch immer Mondpreise verlangt, z. B. werden für die kleine Raspberry-Pi-Platine, den Zero, derzeit 50 Euro (Stand: April 2016) bei Auktionsplattformen fällig.

Bei undurchsichtigen Händlern können Sie von Ihrem Umtauschrecht Gebrauch machen, bei Privatkäufen ist das jedoch eine zähe Angelegenheit. Wie auch immer: Ungeduldige, die den Raspberry Pi möglichst heute noch in den Händen halten wollen, zahlen bei Auktionsplattformen einen satten Aufschlag: So sind Preise um die 50 Euro für die nackte Raspberry-Pi-Zero-Platine leider nichts Ungewöhnliches. Kaufen Sie zumindest bei einem gewerblichen Verkäufer, wenn Sie Wert auf Garantie und Rückgaberecht legen.

1.1 Linux auf dem Raspberry Pi

Der Raspberry Pi ist ein preisgünstiges Board für den Einstieg in die Welt des immer weiter verbreiteten Embedded Linux – demzufolge ist auch das eingesetzte Betriebssystem aus der Linux-Welt. Linux selbst wurde bekanntlich von Linus Torvalds, der für den PC den ersten Unix/Linux-Kernel entwickelte, ins Leben gerufen. Je nach Einsatzzweck und eingesetzter Hardware sind am Markt diverse Unix/Linux-Varianten verbreitet, und für den Raspberry Pi existiert ebenfalls eine speziell angepasste Version. Die Macher hinter dem Raspberry Pi veröffentlichen laufend aktuelle Versionen des Raspbian-Linux (zusammengesetzt aus den Begriffen Raspberry Pi und Debian-Linux). Debian kommt ebenfalls bei den größeren Distributionen wie der Ubuntu-Familie zum Einsatz – bei dem Raspberry Pi basieren neben dem „originalen" Raspbian auch weitere speziell angepasste Lösungen, die genau auf den jeweiligen Einsatzzweck zugeschnitten sind.

LINUX	EINSATZZWECK
Raspbian	Büro/Office-Suite
Raspbian Lite	Einsatz mit Serverdiensten und Services
Kodi/OpenELEC	Multimedia-Linux/Streaming-Gerät
Retropie	Raspbian mit speziellen Arcade-Konsolenspiele-Anpassungen und Oberfläche

Egal welches Raspberry-Pi-Linux zum Einsatz kommt, allen gemeinsam ist, dass der Raspberry Pi selbst kein BIOS besitzt. Die nötigen Hardwareparameter und Einstellungen finden Sie in der Datei `/boot/config.txt`. Diese Textdatei kann im

laufenden Betrieb mit einem gewöhnlichen Linux-Editor (`vi` oder `nano` in der Konsole, `gedit` in der GUI) geöffnet werden. Die Bearbeitung ist mit administrativen `root`-Rechten möglich, dafür benötigen Sie ein vorangestelltes `sudo`-Kommando. Alternativ kommen Sie auch über die Micro-SD-Karte auf einem Windows-/Mac-Computer über die `/boot`-Partition an diese Datei heran, die mit einem passenden Editor wie Textpad, Notepad++ oder Notepad bearbeitet werden kann. Andere Editoren oder gar Textverarbeitungen sind hier zu meiden, da sie den Zeilenumbruch der Unix-Datei zerstören können – die Datei ist unter Linux dann nicht mehr wie vorgesehen verarbeitbar.

1.1.1 Terminal: Kommandozeile für den Raspberry Pi

Manche Dinge lassen sich auf der Kommandozeile – im Terminal und hier im Speziellen im LXTerminal – schneller und bequemer erledigen. Das LXTerminal-Programm bietet die Möglichkeit, mehrere Register in einem Fenster zu halten, was für Übersicht auf dem Desktop sorgt.

BEFEHLSEINGABEN WIEDERHOLEN

Um nicht immer das Rad neu erfinden und lange Befehlszeilen stupide neu eintippen zu müssen, können Sie mit den Pfeiltasten [↑] und [↓] zwischen den zuletzt verwendeten Kommandos navigieren. Damit greifen Sie auf die in der History gespeicherten Kommandos zu – welche das genau sind, können Sie sich per `history`-Kommando auf der Kommandozeile ausgeben lassen. Die History wird ständig um die neuen Eingaben ergänzt und bleibt auch bei einem Neustart des Raspberry Pi erhalten.

1.1.2 Konsolen-Basics: wichtige Befehle im Überblick

Die Konsole bzw. bei Linux und Mac OS das Terminal kommt standardmäßig im Textmodus daher und lässt sich auch von der GUI aus starten. Damit sich auch Linux-Neulinge auf Anhieb auf der Kommandozeile wohlfühlen, hier die wichtigsten Befehle im Überblick:

BESCHREIBUNG	BEFEHL
Beendet den angegebenen laufenden Prozess.	`kill`
Befehl als Superuser ausführen.	`sudo [BEFEHL]`
Benutzer ändern.	`usermod [BENUTZER]`
Benutzer hinzufügen.	`useradd [BENUTZER]`

BESCHREIBUNG	BEFEHL
Benutzer löschen.	`userdel [BENUTZER]`
Datei kopieren.	`cp [dateiname.erweiterung] [ZIEL]/`
Datei löschen.	`mv [dateiname.erweiterung]`
Datei suchen.	`find -name „[dateiname.erweiterung]"`
Datei verschieben.	`mv [dateiname.erweiterung] [ZIEL]/`
Dateiinhalt anzeigen.	`less [dateiname.erweiterung]`
Dienste auf dem Raspberry Pi beenden.	`service [dienstname] stop`
Dienste auf dem Raspberry Pi starten.	`service [dienstname] start`
Dienste auf dem Raspberry Pi neu starten.	`service [dienstname] restart`
DNS-Informationen herausfinden.	`host`
Editor nano.	`nano [Pfad][Dateiname]` `Strg`-Taste und `X` zum Speichern und Beenden
Editor vi.	`vi [Pfad][Dateiname]` `Esc`-Taste und `:q` zum Speichern `I`-Taste zum Ändern/Einfügen von Text
Erzeugt Links zwischen Dateien und Ordnern.	`ln`
Freien Speicherplatz anzeigen.	`df -h`
GZ-Archiv auspacken.	`gunzip [dateiname.gz]`
Hilfe zu einzelnen Befehlen.	`man [BEFEHL]`
Laufende Prozesse beenden und System herunterfahren.	`halt`
Liste der aktiven Prozesse anzeigen.	`ps -ax`
Liste der bisher eingegebenen Kommandos anzeigen.	`history`
MAC-Adresse herausfinden.	`arp -a`
Netzwerkkonfiguration anzeigen.	`ifconfig`
Ordner löschen.	`rmdir [ORDNERNAME]`
Ordner wechseln.	`cd /[ORDNERNAME]`
Ordnerinhalt anzeigen.	`ls` oder `ls -al`
Passwort ändern.	`passwd`

BESCHREIBUNG	BEFEHL

SSH-Verbindung zu entferntem Computer aufnehmen.	`ssh [IP-Adresse]` oder
	`ssh [DNS-Adresse]`
	bei Benutzerwechsel den gewünschten Benutzernamen vor `[IP-Adresse]` bzw. `[DNS-Adresse]`
	`ssh_benutzername@[IP-Adresse]`

TGZ-Archiv entpacken.	`tar xzvf [dateiname.tgz]`
Zeigt den aktuellen Standort im Ordner.	`lwd`
Zeigt den Hostnamen an.	`hostname`
Zeigt den Pfad eines Programms.	`which`

Um weitere Informationen zu einem Befehl zu erhalten, nutzen Sie am besten den `man`-Mechanismus. Mit dem `man`-Befehl (Manual, Handbuch) wirft die Konsole für nahezu jeden Konsolenbefehl die passende Syntax und die entsprechenden Parameter aus. Geben Sie beispielsweise `man cp` ein, listet `man` sämtliche Parameter zum Kopieren der Datei/des Ordners auf.

1.1.3 chmod: effektive Berechtigungen

Eine Spezialität unter Unix im Allgemeinen ist der Befehl `chmod`, mit dem Sie den Zugriff auf Dateien und Verzeichnisse regeln können. Das Unix-Rechtesystem hat drei verschiedene Bereiche:

- Benutzer (`user`)
- Gruppe (`group`)
- Andere (`other`)

Für jeden Bereich können folgende Eigenschaften zugewiesen werden:

- `r`: = lesbar (readable), Wert: 4
- `w`: = beschreibbar (writeable), Wert: 2
- `x`: = ausführbar (executable), Wert: 1

Beim Linux des Raspberry Pi, also wenn Sie beispielsweise `ls` ausführen, werden diese Eigenschaften im folgenden Format angezeigt:

```
rwxrwxrwx
```

Die ersten Buchstaben gelten für den Bereich `user`, weitere drei für `group` und die letzten drei für `other`. Der Ausdruck `rwxr--r--` bedeutet: Der Besitzer darf die Datei lesen, schreiben und ausführen, alle andere Personen haben nur Lesezugriff. Um die Darstellung in Form einer oktalen Zahl zu erhalten, müssen Sie alle Werte

für jeden Bereich addieren. In diesem Fall gilt: (4 +2 + 1) (4) (4) = 744. So können Sie mit

```
chmod 744 [DATEINAME.DATEIERWEITERUNG]
```

die entsprechenden Rechte setzen.

1.1.4 Device-Tree-Optionen in der config.txt

Seit Kernel 3.18.3 verwendet Raspbian standardmäßig das Overlay-Modell und kann somit durch einen Gerätebaum (Device Tree) effektiv ergänzt werden, ohne dass dabei der Kernel selbst angepasst werden muss. Der Device Tree ist standardmäßig aktiviert und kann entweder über das Werkzeug `raspi-config` oder über die `/boot/config.txt` abgeschaltet werden. Dafür tragen Sie dort die Zeile:

```
device_tree=
```

ein. Das neue Overlay-Modell funktioniert jedoch bei älterer Hardware nicht immer, was zur Folge hat, dass die Overlay-Technik mit dem Eintrag `device_tree=` in der `config.txt` auszuschalten ist, damit das Treibermodell über die Module wieder funktioniert. Alternativ lässt sich dies auch mit einem Eigenbaukernel bewerkstelligen, doch auf dem Raspberry Pi ist dies eine zeitraubende Angelegenheit.

Bei der Rückkehr zum „alten" Modulkonzept lassen sich anschließend mit dem „neuen" Raspbian die Kernelmodule wie bisher über das Eintragen oder Auskommentieren in der Datei `/etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf` steuern. Empfehlenswerter ist es, sich beim Einsatz eines neuen Raspberry Pi und beim Bau eines neuen Projekts näher mit den Device Tree-Optionen zu beschäftigen. Diese werden über die Systemdatei `/boot/config.txt` gesteuert.

```
sudo su
nano /boot/config.txt
```

Für verschiedene Geräte bzw. Schnittstellen sind dort im Zusammenhang mit der aktivierten `dt`-Option die Einträge aus der nachstehenden Tabelle möglich.

TREIBER/GERÄTE-SCHNITTSTELLE	NÖTIGER EINTRAG IN /BOOT/CONFIG.TXT	BEMERKUNG
I2C	`dtparam=i2c_arm=on`	Die weitere Zuordnung wie ehemals `dtparam=i2c1=on` bzw. `dtparam=i2c0=on` ist nicht mehr nötig.

TREIBER/GERÄTE-SCHNITTSTELLE	NÖTIGER EINTRAG IN /BOOT/CONFIG.TXT	BEMERKUNG
SPI	`dtparam=spi=on`	
I2S	`dtparam=i2s=on`	Soundschnittstelle
lirc-rpi	`dtoverlay=lirc-rpi`	Fernbedienung
	`dtoverlay=lirc-rpi,gpio_in_pin=16,gpio_in_pull=high`	Fernbedienung mit Modulparameter (GPIO-Pin 16)
w1-gpio	`dtoverlay=w1-gpio-pullup,gpiopin=gpio_pin_x`	1Wire/Onewire, z. B. Thermometer an GPIO x
	`pullup,gpiopin=gpio_pin_x,pullup=gpio_pin_y`	1Wire/Onewire, z. B. Thermometer – hier mit externem Pull-up-Widerstand an GPIO y

pHAT – HiFi Berry oder DAC	`dtoverlay=hifiberry-dac`
	`dtoverlay=hifiberry-dacplus`
	`dtoverlay=hifiberry-digi`
	`dtoverlay=iqaudio-dac`
	`dtoverlay=iqaudio-dacplus`
		abhängig vom jeweiligen Gerät (Gerätemodell)

Beachten Sie, dass die in der Datei `/boot/config.txt` vorgenommenen Änderungen erst mit dem Neustart des Systems in Kraft treten.

Schnittstellenanpassung ohne raspi-config

Aufgrund des flexiblen Zwei-Draht-Designs (SDA, *Serial Data*) und SCL (SCL, *Serial Clock*) sind nur zwei Pins auf der GPIO-Leiste des Raspberry Pi nötig – die Unterscheidung der angeschlossenen Geräte erfolgt über ihre Geräteadresse auf dem I2C-Bus. Damit das funktioniert, muss zunächst das I2C-Kernelmodul auf dem Raspberry Pi in Betrieb genommen werden. Dies erledigen Sie, indem Sie im ersten Schritt ebenjenes Kernelmodul aus der `raspi-blacklist.conf`-Datei entfernen und im zweiten Schritt das gewünschte Kernelmodul in die `/etc/modules` eintragen, damit es bei jedem Start des Raspberry Pi geladen wird.

```
sudo nano /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf
```

Steht in der `raspi-blacklist.conf`-Datei also ein Eintrag, der die I2C-Schnittstelle blockiert, kommentieren Sie diesen Eintrag per #-Zeichen aus, indem Sie das Zeichen am Anfang der Zeile platzieren. Somit wird aus der Zeile

```
blacklist i2c-bcm2708
```

nun

```
# blacklist i2c-bcm2708
```

Bei einem frisch installierten Raspberry Pi ist oftmals die Datei `/etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf` entweder komplett leer oder im Fall eines aktuellen Kernels größer Version 3.18.3 gar nicht vorhanden und wird auch nicht mehr gebraucht. Das muss Sie nicht beunruhigen, fahren Sie einfach mit der Bearbeitung der Datei `/etc/modules` fort:

```
sudo nano /etc/modules
```

Falls noch nicht vorhanden, fügen Sie beide Zeilen der Datei

```
i2c-dev
i2c-bcm2708
```

hinzu und speichern Sie die Datei. Grundsätzlich wäre die Änderung für den Raspberry Pi ausreichend, um die Module in Betrieb zu nehmen. Je nach installierter Linux-Version ist zudem der Device Tree-Eintrag in der Systemdatei `/boot/config.txt` nötig:

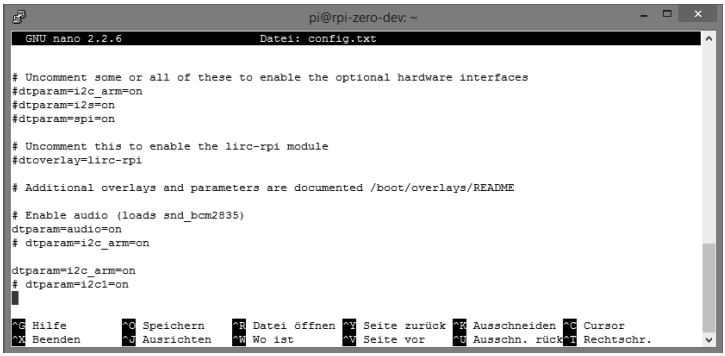
```
sudo nano /boot/config.txt
```

Fügen Sie die nachstehende Zeile am Ende der Datei hinzu:

```
dtparam=i2c_arm=on
```

Speichern Sie die Systemdatei und laden Sie anschließend die I2C-Tools sowie das Python-Smbus-Paket auf den Raspberry Pi, um die Schnittstelle auch über Python bequem einsetzen zu können.

```
apt-get install i2c-tools libi2c-dev python-smbus
```



Ist das Raspbian auf dem aktuellsten Stand, ist die Portangabe für den i2c-Bus in der Overlay-Datei nicht mehr notwendig und kann auskommentiert werden.

Christian Immler

Schnelleinstieg Raspberry Pi 2

Christian Immler, Jahrgang 1964, war bis 1998 als Dozent für Computer Aided Design an der Fachhochschule Nienburg und an der University of Brighton tätig. Einen Namen hat er sich mit diversen Veröffentlichungen zu Spezialthemen wie 3-D-Visualisierung, PDA-Betriebssystemen, Linux und Windows gemacht. Seit mehr als 20 Jahren arbeitet er als erfolgreicher Autor mit mehr als 200 veröffentlichten Computerbüchern, u. a. das Buch „Linux mit Raspberry Pi“.

INHALT

VORWORT 9

1. KLEINER COMPUTER GANZ GROSS 10

1.1 Eine Himbeere verzückt die Maker-Szene 11

1.2 Das unterscheidet die verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle 12

1.3 Das Betriebssystem auf dem Raspberry Pi 14

1.4 Braucht man ein Gehäuse? 15

1.5 Ein wenig Zubehör für die Inbetriebnahme 15

1.5.1 Hier finden Sie Erweiterungskomponenten 15

1.5.2 Strom über Micro-USB-Handyladegerät 15

1.5.3 Dateneingabe mit Tastatur und Maus 17

1.5.4 Netzwerkkabel für die Routerverbindung 18

1.5.5 HDMI-Kabel für den Bildschirmanschluss 19

1.5.6 Audiokabel für den Lautsprecheranschluss 19

1.5.7 FBAS-Videokabel für ältere Fernseher 19

2. RASPBIAN: DAS BETRIEBSSYSTEM 20

2.1 Micro-SD-Speicherkarte vorbereiten 20

2.2 Komfortable Installation mit NOOBS 22

2.3 Klassische Installation mit einem Image 24

2.4 Raspberry Pi zum ersten Mal booten 25

2.5 Manuelle Konfiguration mit raspi-config 27

2.5.1 Audioausgang festlegen 30

2.5.2 Zeiteinstellung über Kommandozeilenbefehl 31

3. DER RASPBIAN-DESKTOP 32

3.0.1 Taskleiste an den unteren Bildschirmrand legen 33

3.1 Dateimanagement auf dem Raspberry Pi 34

3.2 Dateien auf den PC oder vom PC kopieren ... 36
3.2.1 Datenübertragung mit Total Commander ... 39
3.2.2 Komplettsicherung der Speicherkarte ... 41
3.3 Der Epiphany-Browser ... 42
3.4 Vorinstallierte Programme in Raspbian ... 43
3.4.1 Zubehör ... 43
3.5 Eigene Hintergrundbilder für den Desktop ... 47
3.6 Via WLAN-Stick im lokalen Netzwerk ... 51
3.7 Mehr Leistung durch Speichertuning ... 54

4. PROGRAMME AUS DEM PI STORE UND ANDEREN QUELLEN INSTALLIEREN ... 56
4.1 Paketinstallation und Softwareaktualisierung ... 58
4.2 Synaptic liefert Hunderte von Programmen ... 60

5. BÜROANWENDUNGEN AUF DEM RASPBERRY PI ... 62
5.1 LibreOffice: Alles, was man im Büro braucht ... 62
5.1.1 Tipps zu LibreOffice ... 64
5.2 Ziffernblock aktivieren ... 65

6. EINFACHE LINUX-BEFEHLE UND CLOUD-DIENSTE ... 66
6.1 Linux-Befehle für die Dateiverwaltung ... 70
6.2 Cloud-Dienste für den Datenaustausch nutzen ... 71
6.2.1 CloudMe: Kostenloser Cloud-Speicherplatz ... 71
6.2.2 GMX-MediaCenter und Web.de-Online-Speicher ... 72
6.3 Raspberry Pi über das Heimnetz fernsteuern ... 76
6.3.1 Grafische Raspberry-Pi-Anwendungen auf dem PC nutzen ... 78
6.3.2 Den Desktop auf einen anderen Computer übertragen ... 82
6.3.3 VNC-Server beim Booten automatisch mit starten ... 87

7. MIT SPASS UND PYTHON PROGRAMMIEREN 88
7.1 Python-Eingabefenster starten 88
7.2 Syntaxelemente auf kleinen Spickzetteln 90
7.2.1 Ausgabe auf dem Bildschirm 90
7.2.2 Variablen vom Typ String 90
7.2.3 Variablen vom Typ Number 91
7.2.4 Eingabe durch den Benutzer 91
7.2.5 Bedingungen mit if 91
7.2.6 Bedingungen mit if – else 92
7.2.7 Bedingungen mit if – elif – else 92
7.2.8 Bedingungen mit and und or verknüpfen 93
7.2.9 Schleifen mit for 93
7.2.10 Schleifen mit while 94
7.2.11 Funktionen ohne Parameter 94
7.2.12 Funktionen mit Parametern 95
7.2.13 Funktionen mit Rückgabewert 95
7.2.14 Boolesche Wahr- und Falsch-Werte 96
7.3 Rate die Zahl: Das erste Spiel mit Python 96
7.4 LEDs via GPIO-Ports leuchten lassen 101
7.4.1 Elektronische Schaltungen ohne Löten aufbauen 104
7.4.2 LEDs an die GPIO-Ports anschließen 104
7.4.3 Die Python-GPIO-Bibliothek 106
7.5 LED-Lauflichter erregen Aufmerksamkeit 108
7.6 IP-Adresse mit blinkender LED anzeigen 115
7.6.1 So funktioniert es 117
7.7 Python-Programme automatisch starten 119
7.8 IP-Adresse auf LED-Streifen anzeigen 120

8. NOCH EINFACHER PROGRAMMIEREN MIT SCRATCH ... 126
8.1 Das erste Experiment mit Scratch ... 127
8.2 Hardware mit Scratch steuern ... 129
8.2.1 ScratchGPIO installieren ... 129
8.2.2 Fußgängerampel mit ScratchGPIO ... 131

9. DIE RASPBERRY-PI-KAMERA ... 134
9.1 Kamera aktivieren ... 135
9.2 Das erste Foto ... 136
9.3 Video mit der Raspberry-Pi-Kamera ... 138
9.3.1 TBOPlayer – grafische Oberfläche für den OMXPlayer ... 139
9.3.2 Audioeinstellungen im TBOPlayer ... 141

10. RASPBERRY PI ALS MEDIA CENTER ... 142
10.1 Audioeinstellungen ... 145
10.2 Videos abspielen ... 146
10.3 OSMC per WLAN nutzen ... 147

11. WEITERE INTERESSANTE BETRIEBSSYSTEME FÜR DEN RASPBERRY PI 2 ... 148
11.1 arkOS ... 148
11.2 Ubuntu ... 150
11.2.1 Ubuntu MATE installieren ... 151
11.2.2 Ubuntu MATE im Netzwerk ... 152
11.3 Windows 10 IoT core ... 153
11.3.1 Windows 10 IoT core auf eine Speicherkarte übertragen ... 153
11.3.2 Windows 10 IoT core auf dem Raspberry Pi 2 booten ... 155

VORWORT

When six of us founded the Raspberry Pi Foundation in 2008, we could hardly have imagined the scale of interest that we would see from engineers, educators and ordinary people around the world. Having planned to produce no more than 10,000 devices for the UK education sector, we find ourselves, 15 months after launch shipping this many devices every 2-3 days. While a majority of the 100,000 orders we took on launch day were from UK customers, the US is now our largest global market, followed closely by Germany.

Our core focus at the Foundation remains education; using profits from the sale of devices, and with the help of a $1m grant from Google in January 2013, we have been rolling out Raspberry Pi kits to schoolchildren throughout the UK, developing teaching material and encouraging the Government to invest in teacher training. But it is the response of the maker/hacker community (to whom we sometimes refer as »children of all ages«) who have been the greatest surprise for us. From high-altitude balloons to garage door openers, from wildlife cameras to remote-control boats, our challenge during our second year on the market is to connect the wave of enthusiasm and creativity that Raspberry Pi has unleashed with our target audience of children. We want to show them that learning about computing and electronics can be not just educational, and a great career move, but also fantastic fun.

The internet offers today's children resources and learning opportunities which weren't available to previous generations, but printed books are a vital part of the ecosystem and the principal source of professionally produced content. We're delighted to see a new German-language title enter the market, and look forward to seeing what new projects it inspires you to create using the Raspberry Pi.

Eben Upton, Erfinder des Raspberry Pi, Juni 2013.

1 KLEINER COMPUTER GANZ GROSS

Kaum ein elektronisches Gerät in seiner Preisklasse hat im letzten Jahr so viel von sich reden gemacht wie der Raspberry Pi. Der Raspberry Pi ist – auch wenn es auf den ersten Blick gar nicht so aussieht – ein vollwertiger Computer, etwa in der Größe einer Kreditkarte und vor allem zu einem sehr günstigen Preis. Nicht nur die Hardware ist günstig, die Software noch mehr. Das Betriebssystem und alle im Alltag notwendigen Anwendungen werden kostenlos zum Download angeboten.

DER NAME

Raspberry ist das englische Wort für Himbeere. Schon früher wurden Computer nach Früchten benannt, wie z. B. Apple, Apricot, Blackberry. *Pi* steht für Python Interpreter, die wichtigste Programmiersprache auf dem Raspberry Pi. Zusammen ergibt sich ein Name, der mit dem englischen Wort für Himbeerkuchen, *raspberry pie,* phonetisch identisch ist.

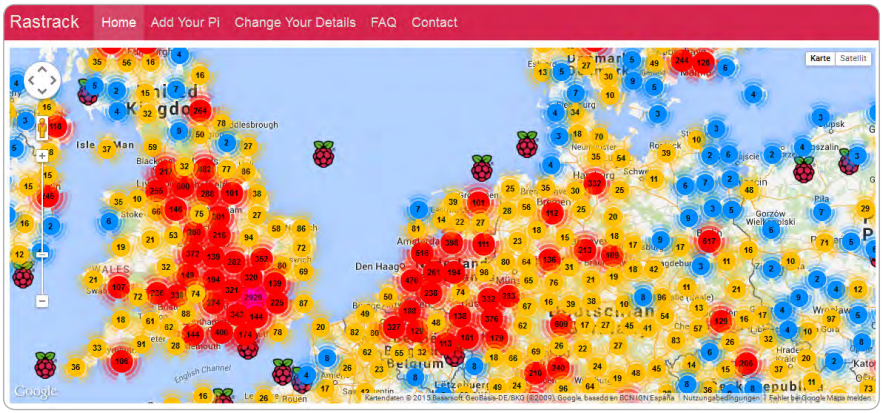


Bild 1.1: Die Webseite *rastrack.co.uk* zeigt eindrucksvoll, wie viele Raspberry Pis auf der ganzen Welt im Einsatz sind. Der Schwerpunkt liegt natürlich, wie zu erwarten, in Großbritannien, der Heimat des Raspberry Pi.

LINKSAMMLUNG ZUM RASPBERRY PI

Den Link zur abgebildeten Webseite sowie auch alle anderen im Buch erwähnten Links und noch mehr finden Sie in unserer Linksammlung zum Raspberry Pi unter *www.softwarehandbuch.de/raspberry-pi*.

1.1 Eine Himbeere verzückt die Maker-Szene

Mit dem speziell angepassten Linux mit grafischer Oberfläche ist der Raspberry Pi ein stromsparender, lautloser PC-Ersatz. Seine frei programmierbare GPIO-Schnittstelle macht den Raspberry Pi besonders interessant für Hardwarebastler und die Maker-Szene. Im Februar 2015 erschien der aktuelle Raspberry Pi 2, eine erweiterte neue Version des Raspberry Pi B+ mit 900 MHz Quad-Core ARM Cortex-A7 CPU und 1 GB RAM. Formfaktor und alle Anschlüsse entsprechen dem Raspberry Pi B+.

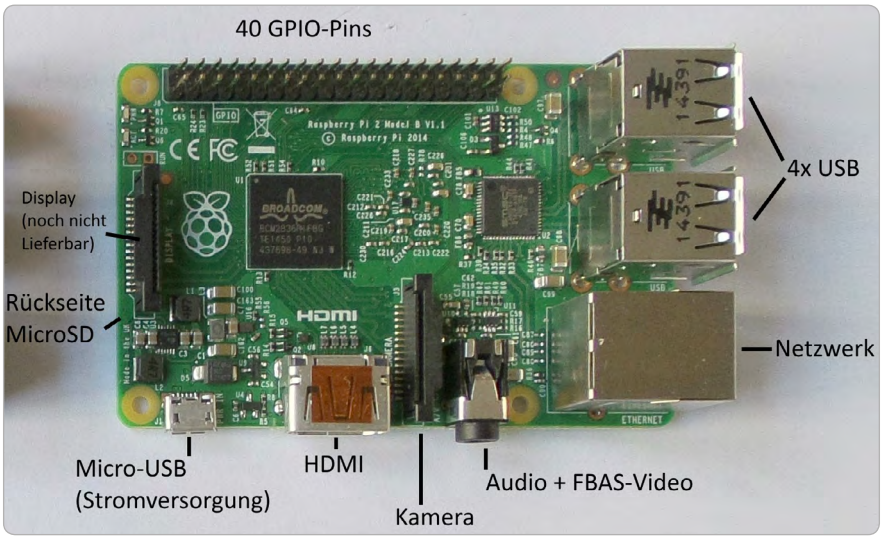


Bild 1.2: Der Raspberry Pi 2 Modell B und seine Hardwareanschlüsse

Die Leistungsfähigkeit ist mit einem ein paar Jahre alten Office-PC vergleichbar und somit völlig ausreichend. Die Grafikleistung entspricht etwa der Xbox 1 und liefert HD-Qualität beim Abspielen von Videos. Somit eignet sich ein Raspberry Pi durchaus auch als Media Center im Wohnzimmer oder als einfacher PC-Ersatz.

Als die britische Stiftung *Raspberry Pi Foundation* im Mai 2011 den ersten Raspberry Pi der Presse vorstellte, war das eigentliche Ziel, Schülern mehr Interesse am Programmieren und an elektronischen Basteleien zu vermitteln. Die Entwickler hatten damals für diese Zielgruppe an weltweite Verkaufszahlen um 1.000 Stück gedacht. Nachdem ein vom britischen Fernsehsender BBC gedrehtes Video zur Vorstellung des Raspberry Pi auf YouTube 600.000 Mal angesehen wurde (*youtu.be/pQ7N4rycsy4*), erhöhten die Entwickler spontan die Erstauflage des Modells B auf 10.000 Stück.

Beim Verkaufsstart im Februar 2012 wurden jedoch am ersten Tag bereits 100.000 Stück bestellt, sodass es zu erheblichen Lieferengpässen kam. Daraufhin schloss die Raspberry Pi Foundation Verträge mit den großen britischen Elektronikdistributoren Premier Farnell und RS Components, die Herstellung und Vertrieb der Geräte übernahmen. Inzwischen sind über 5.000.000 Geräte verkauft, darunter schon über 500.000 Geräte des neuen Typs Raspberry Pi 2. Raspberry Pi ist damit unter den britischen Computerherstellern der mit dem größten Absatz (in Stückzahlen).

1.2 Das unterscheidet die verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle

Bevor der aktuelle Raspberry Pi 2 Modell B erschien, sprach man, wenn vom Raspberry Pi die Rede war, fast immer vom klassischen Modell B oder dessen Nachfolger B+.

Neben dem Modell B gab es anfangs noch ein Modell A ohne Netzwerkanschluss und nur mit 256 MB RAM, das vergleichsweise wenig verbreitet war. Für den Industrieeinsatz wird das Raspberry Pi Compute Modul angeboten. Diese Variante entspricht in der Bauform einem SO-DIMM-Speichermodul, wie es in Notebooks Verwendung findet. Da das Modul keinerlei Schnittstellen hat, muss es in Industrieelektronik eingebaut werden. Für Maker und Entwickler wird eine I/O-Platine mit diversen Schnittstellen geliefert, auf die das Compute Modul aufgesteckt wird.

	MODELL A	MODELL B (NEUES MODELL)	MODELL B+	MODELL A+	MODELL 2	COMPUTE MODUL (INKL. I/O-BOARD)
Größe	85,6 x 56 mm	85,6 x 56 mm	85,6 x 56 mm	65 x 56 mm	85,6 x 56 mm	85,6 x 105 mm
Prozessor	ARM1176JZF-S 700 MHz	ARM1176JZF-S 700 MHz	ARM1176JZF-S 700 MHz	ARM1176JZF-S 700 MHz	ARM Cortex-A7 900 MHz	ARM1176JZF-S 700 MHz
RAM	256 MB	512 MB	512 MB	256 MB	1 GB	512 MB + 4 GB eMMC
Speicher-karte	SD	SD	Micro-SD	Micro-SD	Micro-SD	keine
USB-Ports	1	2	4	1	4	1 + Micro USB Slave
Netzwerk	kein	10/100 MBit/s	10/100 MBit/s	kein	10/100 MBit/s	kein
GPIO-Pins	26	26	40	40	40	120

Tabelle 1.1: Technische Daten der verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle

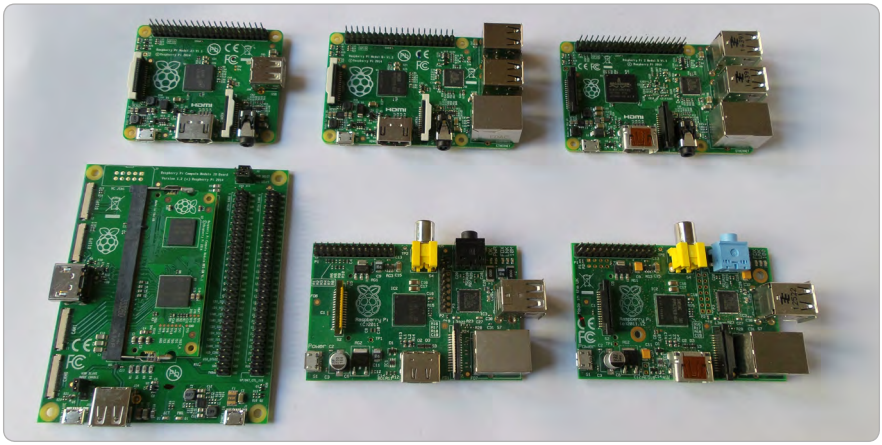


Bild 1.3: Oben: Raspberry Pi A+, Raspberry Pi B+, Raspberry Pi 2 – Unten: Compute Modul mit I/O-Platine, Raspberry Pi B altes Modell, Raspberry Pi B neues Modell (auf älteren Platinen fehlen die beiden auffälligen Schraublöcher sowie die beiden Lötösen für den Reset-Schalter links des HDMI-Anschlusses)

1.3 Das Betriebssystem auf dem Raspberry Pi

Linux ist ein freies Betriebssystem auf Basis des früheren Großrechner-Betriebssystems Unix. Es wurde ursprünglich für die Intel-x86-Plattform entwickelt, inzwischen gibt es aber auch Varianten für andere Systeme. Der Name Linux ist abgeleitet von Linus Torvalds, einem finnischen Programmierer, der den ersten freien Unix-Kernel veröffentlichte und damit den Grundstein für das heutige Linux legte. Verschiedene Linux-Varianten wurden speziell für den Raspberry Pi angepasst. Die Raspberry-Pi-Stiftung empfiehlt Raspbian, das auf dem bekannten Debian-Linux basiert und eigens für die Hardware des Raspberry Pi optimiert wurde. Dieses Betriebssystem unterstützt sämtliche Hardwarekomponenten aller Raspberry-Pi-Modelle optimal.

FÜR JEDEN ZWECK DAS PASSENDE LINUX

Das Betriebssystem wird auf einer Speicherkarte installiert, die sich leicht wechseln lässt. So kann man je nach Einsatzzweck den Raspberry Pi mit einem speziellen Betriebssystem booten. Neben dem klassischen Raspbian gibt es unter anderem die Multimedia-Distribution OSMC oder das Spiele-Linux ChameleonPi.

1.4 Braucht man ein Gehäuse?

Der Raspberry Pi wird als einzelne Elektronikplatine mit offen liegenden Kontakten und Bauteilen geliefert, was einerseits ziemlich cool aussieht, andererseits aber die Gefahr von Kurzschlüssen durch Berührung mit herumliegenden Metallteilen birgt.

Natürlich kann man den Raspberry Pi ohne Gehäuse betreiben. Ein Gehäuse schützt die Platine, muss aber die Anschlüsse, die an allen vier Seiten liegen, weiterhin benutzbar halten. Diverse Firmen bieten unterschiedlichste Gehäuseformen an, teilweise aus Acryl, um die Platine wie auch die LEDs weiterhin zu sehen. Links zu verschiedenen Gehäuseherstellern finden Sie in unserem Linkverzeichnis unter *www.softwarehandbuch.de/raspberry-pi*. Beachten Sie, dass die Gehäuse der älteren Raspberry-Pi-Modelle nicht zum Raspberry Pi B+ oder zum Raspberry Pi 2 passen.

1.5 Ein wenig Zubehör für die Inbetriebnahme

Der Raspberry Pi ist trotz seiner geringen Größe ein vollwertiger Computer. Um ihn allerdings nutzen zu können, braucht man wie bei einem »normalen« PC noch einiges an Zubehör: ein Betriebssystem, Stromversorgung, Netzwerk, Monitor, Tastatur und diverse Anschlusskabel.

1.5.1 Hier finden Sie Erweiterungskomponenten

In den Anfangszeiten war der Raspberry Pi nur über die englischen Shops von Premier Farnell element14 (*de.farnell.com/raspberry-pi-accessories*) und RS Components (*bit.ly/16aDyZv*) zu bekommen, was mit Wartezeiten und hohen Versandkosten verbunden war. Mittlerweile bieten diverse Händler den Raspberry Pi online an. Bei Conrad bekommt man ihn ebenfalls im Online-Shop (*www.conrad.de*) sowie auch – wenn nicht gerade ausverkauft – in den Filialen.

Die Preise für den Raspberry Pi 2 liegen in Deutschland zwischen 30 und 45 Euro. Das größte Angebot an Erweiterungskomponenten für den Raspberry Pi bietet der Online-Shop von Farnell.

1.5.2 Strom über Micro-USB-Handyladegerät

Für den Raspberry Pi reicht jedes moderne Handynetzteil. Ältere Ladegeräte aus den Anfangszeiten der USB-Ladetechnik sind noch zu schwach. Schließt man leistungshungrige USB-Geräte wie externe Festplatten ohne eigene

Stromversorgung an, ist ein stärkeres Netzteil erforderlich. Das Netzteil muss 5 V und mindestens 700 mA liefern, besser 1000 mA. Der eingebaute Leistungsregler verhindert ein »Durchbrennen« bei zu starken Netzteilen.

SO ÄUSSERT SICH EIN ZU SCHWACHES NETZTEIL

Wenn der Raspberry Pi zwar bootet, sich dann aber keine Mausbewegung erkennen lässt oder das System nicht auf Tastatureingaben reagiert, deutet das auf eine zu schwache Stromversorgung hin. Auch wenn der Zugriff auf angeschlossene USB-Sticks oder Festplatten nicht möglich ist, sollten Sie ein stärkeres Netzteil verwenden.

Der Raspberry Pi kann seinen Strom auch aus dem USB-Anschluss eines PCs beziehen. Allerdings braucht man hier (offiziell) einen USB-3.0-Anschluss mit Micro-USB-2.0-Kabel, da diese Anschlüsse nach Spezifikation 900 mA liefern, ein normaler USB-2.0-Anschluss aber nur 500 mA. Viele Notebooks haben aber schon USB-2.0-Anschlüsse mit 700 mA Leistung oder mehr.

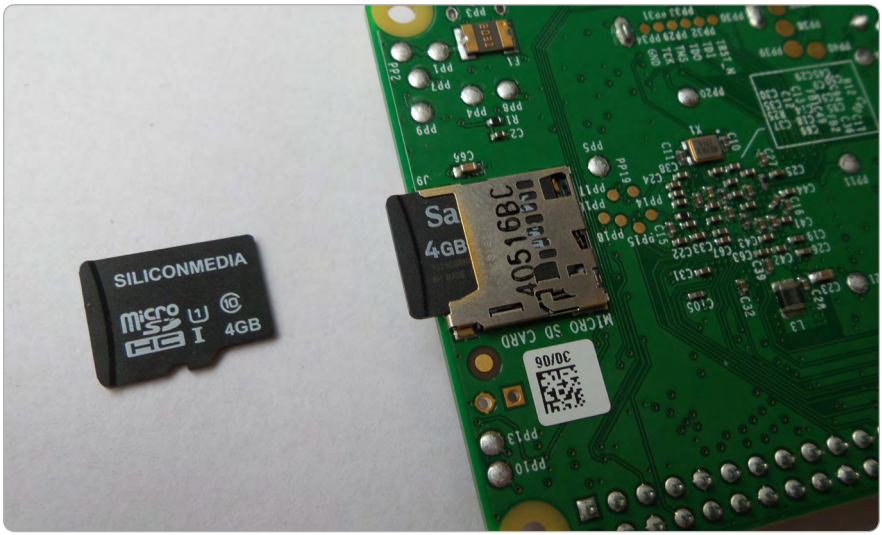


Bild 1.4: Die Zahl im Kreis gibt die Klassifizierung der Speicherkarte an, hier: 4 GB Class 10.

Eine Micro-SD-Speicherkarte agiert als Festplatte. Sie enthält das Betriebssystem. Eigene Daten und installierte Programme werden ebenfalls darauf gespeichert. Die Speicherkarte sollte mindestens 4 GB groß sein und nach Herstellerangaben des Raspberry Pi mindestens den Class-4-Standard unterstützen. Dieser Standard gibt die Geschwindigkeit der Speicherkarte an. Eine aktuelle Class-10-Speicherkarte macht sich in der Performance deutlich positiv bemerkbar.

RASPBERRY PI HAT KEIN BIOS

Der Raspberry Pi bootet immer von der Speicherkarte. Da er kein BIOS hat, gibt es auch keine Möglichkeit, umzuschalten, um von einem anderen Medium zu booten. Daten können auch auf einem USB-Stick oder auf einer externen Festplatte liegen.

1.5.3 Dateneingabe mit Tastatur und Maus

Jede gängige Tastatur mit USB-Anschluss kann genutzt werden. Kabellose Tastaturen funktionieren manchmal nicht, da sie zu viel Strom oder gar spezielle Treiber benötigen. Haben Sie keine andere Tastatur zur Verfügung, benötigen Sie einen USB-Hub mit separater Stromversorgung zum Betrieb einer Funktastatur. Einige USB-Tastaturen besitzen einen weiteren USB-Anschluss für die Maus. Dadurch sparen Sie sich am Raspberry Pi einen Anschluss, was bei älteren Raspberry-Pi-Modellen wichtig war. Die vier USB-Anschlüsse des Raspberry Pi 2 reichen in den meisten Fällen für angeschlossene Geräte aus.

Eine praktische Lösung, die zur Größe des Raspberry Pi passt, ist die Mikro-Multimedia-Funktastatur mit Touchpad MFT-2402.TP von GeneralKeys, die in Deutschland über *www.pearl.de* vertrieben wird. Diese Tastatur hat etwa die Größe eines Taschenrechners oder eines größeren Smartphones, dabei aber ein komplettes deutsches QWERTZ-Tastaturlayout mit Funktionstasten, Cursorblock und Ziffernblock. Tasten mit einem klar spürbaren Druckpunkt ermöglichen ein flüssiges Tippen aus der Hand, ohne die Tastatur irgendwo auflegen zu müssen. Ein präzises Touchpad und je zwei Maustasten an beiden Seiten, die mit den Daumen leicht erreichbar sind, ersetzen die Maus. Die Stromaufnahme des Funkempfängers ist so gering, dass man ihn direkt ohne Hub am Raspberry Pi anschließen kann.

Bild 1.5: Funktastatur (Bildquelle: Pearl GmbH – *www.pearl.de/a-PX4833-1002.shtml*)

Die Tastatur wird über einen USB-Funkempfänger mit dem Raspberry Pi verbunden, wobei keine Treiber installiert werden müssen. Der USB-Stick kann bei Nichtbenutzung in einem Fach auf der Unterseite der Tastatur gelagert werden. In der Tastatur ist ein Akku eingebaut, der mit einem USB-Ladegerät aufgeladen wird.

Maus mit USB-Anschluss
Eine Maus mit USB-Anschluss wird nur benötigt, wenn man auf dem Raspberry Pi ein Betriebssystem mit grafischer Benutzeroberfläche verwendet.

1.5.4 Netzwerkkabel für die Routerverbindung

Zur Verbindung mit dem Router im lokalen Netzwerk wird ein Netzwerkkabel benötigt. Zur Ersteinrichtung ist dies auf jeden Fall noch erforderlich, später kann man auch WLAN nutzen. Ohne Internetzugang sind viele Funktionen des Raspberry Pi nicht sinnvoll nutzbar.

RASPBERRY PI HAT KEINE UHR

Im Raspberry Pi ist kein batteriegepufferter Uhrenchip eingebaut. Die Uhrzeit wird üblicherweise mit einem Zeitserver im Internet abgeglichen. Hatten Sie den Raspberry Pi längere Zeit vom Stromnetz getrennt und betreiben ihn danach offline, kann die Uhrzeit verloren gegangen sein.

1.5.5 HDMI-Kabel für den Bildschirmanschluss

Der Raspberry Pi kann per HDMI-Kabel an Monitore oder Fernseher angeschlossen werden. Zum Anschluss an Computermonitore mit DVI-Anschluss gibt es spezielle HDMI-Kabel oder Adapter. HDMI-Kabel sind im Elektronikhandel zu Preisen erhältlich, die fast dem Preis des Raspberry Pi selbst entsprechen. Bei Onlineversendern (z. B. *amzn.to/VGv05j*) bekommt man sie einschließlich Versand für wenige Euro. VGA-Monitore werden leider nicht unterstützt. Im Internet findet man Adapter von HDMI auf VGA für wenige Euro, im Elektronikhandel kosten sie allerdings deutlich mehr als der Raspberry Pi selbst.

Bild 1.6: Adapter HDMI/DVI und HDMI/VGA (mit Kabel)

1.5.6 Audiokabel für den Lautsprecheranschluss

Über ein Audiokabel mit 3,5-mm-Klinkenstecker können Kopfhörer oder PC-Lautsprecher am Raspberry Pi genutzt werden. Das Audiosignal ist auch über das HDMI-Kabel verfügbar. Bei HDMI-Fernsehern oder -Monitoren ist kein Audiokabel nötig. Wird ein PC-Monitor über ein HDMI-Kabel mit DVI-Adapter angeschlossen, geht meist an dieser Stelle das Audiosignal verloren, sodass Sie den analogen Audioausgang wieder brauchen.

1.5.7 FBAS-Videokabel für ältere Fernseher

Steht kein HDMI-Monitor zur Verfügung, kann der Raspberry Pi mit einem analogen FBAS-Videokabel an einen klassischen Fernseher angeschlossen werden, wobei die Bildschirmauflösung allerdings sehr gering ist. Die Raspberry-Pi-Modelle A und B hatten noch die klassische gelbe Cinch-Buchse, die Modelle B+, A+ und Pi 2 verwenden die 3,5mm-Klinkenbuchse sowohl für Audio, wie auch für Video. Für Fernseher ohne gelben FBAS-Eingang gibt es Adapter von FBAS auf SCART. Die grafische Oberfläche lässt sich in analoger Fernsehauflösung allerdings nur mit Einschränkungen bedienen.

E. F. Engelhardt

Roboter mit Raspberry Pi

Inhaltsverzeichnis

1 Lenken und Steuern mit der GPIO-Schnittstelle 11
1.1 Betriebssystem und Treiber aktualisieren 15
1.2 Analog-digital-Wandler MCP3008 nachrüsten 16
Datenblatt prüfen, Funktionen verstehen 16
MCP3008 auf dem Steckboard nutzen 17
Programmierung des MCP3008 mit Python 21
SPI-Schnittstelle aktivieren 26
SPI-Nutzung ohne Umwege: py-spidev-Modul installieren 28
1.3 Joystick-Steuerung mit dem Raspberry Pi 30
GPIO-Eingang schalten: Risiken und Nebenwirkungen 31
Schaltungsdesign vom Steckboard auf die Rasterplatine 34
Joystick-Steuerung mit Python 35
Richtungsbestimmung mittels ADC-Werten 37
1.4 I²C-Bus – Schnittstelle wecken und checken 41
I²C-Geräte und Raspberry-Pi-Revision 45
1.5 Schalten und walten mit Touchsensor 46
Touch- und Drucksensor – Dateneingabe über den I²C-Bus 47
Flexibler Zugriff dank I²C- und MRP121-Bibliothek 48
Inbetriebnahme des MRP121-Touchsensors 50

2 Fahren und bremsen – Motorsteuerung mit dem Raspberry Pi 53
2.1 Die erste Schaltung – LEDs mit ULN2803A steuern 53
2.2 GPIO-Steuerung über die Konsole und Python 56
Schalten per Konsole 57
2.3 Motoren und Steppermotoren 59
Oft vernachlässigt: Spannungsversorgung des Motors 62
2.4 Motorsteuerung versus Motortreiber 63
Mehr Kontrolle – Schrittmotorcontroller 64
2.5 Unipolaren Steppermotor mit ULN2803-IC steuern 65
Schaltung auf Steckboard umsetzen 65
Vollschritt- vs. Halbschrittverfahren im Detail 69
Schritt für Schritt: Vollschritt- und Halbschrittverfahren einsetzen 70
Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen 74
2.6 Praktisch und sicher – USV für den Raspberry Pi 76
Pi USV in Betrieb nehmen 77

Ohne Strom nix los – Akkupack auswählen ... 78
Pi-USV-Software in Betrieb nehmen ... 79
Status der Pi USV erkennen ... 81
Status der Pi USV mit Python auslesen ... 82

3 Pan/Tilt-Kamera im Eigenbau ... 85
3.1 Raspberry-Pi-Kamera im Robotik-Einsatz ... 86
Kameramodul mit dem Raspberry Pi koppeln ... 86
Inbetriebnahme per Software ... 87
raspistill – Fotografieren über die Kommandozeile ... 91
LED abschalten und heimlich fotografieren ... 93
Programmierung der Raspberry-Pi-Kamera ... 93
3.2 Einzellösung: Tower-SG90-Servomotor ... 96
3.3 Hardware-PWM-Ausgang mit LED testen ... 99
3.4 Servoblaster-Treiber installieren ... 101
3.5 Motoren mit Servoblaster in Betrieb nehmen ... 103
3.6 Servomotor mit Python steuern ... 105
3.7 Pan/Tilt-Achse und Kamera steuern ... 106
3.8 Steuerung der Raspberry-Pi-Kamera ... 108
3.9 Bewegungen und Aufnahmen steuern ... 109
3.10 Hürden bei der Inbetriebnahme umgehen ... 114
Automatischer Log-in: pi vom Start weg ... 114
Autostart nach dem Einschalten ... 115

4 Haushaltshilfe: Staubsauger-Modding ... 117
4.1 Vorwerk vs. Neato – mehr als nur eine Kopie ... 118
Einrichtung und Treiberinstallation ... 119
Zugriff über PuTTY auf das Betriebssystem ... 124
4.2 Staubsauger über Raspberry Pi steuern ... 126
Staubsaugerroboter mit Raspberry Pi verbinden ... 126
minicom-Modemzugang zum Staubsauger einrichten ... 129
minicom-Steuerung für den Staubsauger ... 131
Staubsaugerkommandozeile im Überblick ... 134
Python-Programmierung über python-serial ... 135
Spazierfahrt mit der Kommandozeile – Staubsauger fortbewegen ... 138
Zeitplanung für den Staubsauger ... 140
4.3 Staubsauger und Raspberry Pi koppeln ... 144
Aufwecken aus dem Schlafmodus ... 144
USB-Geräte über GPIO schalten ... 146
Staubsauger mit dem Raspberry Pi verbinden ... 148
Schaltung über Kommandozeile prüfen ... 150

4.4 Roboter über die Webseite steuern ... 151
Python-Zugriff über Browser – Bottle im Einsatz ... 152
4.5 Videostreaming installieren und einbinden ... 158
Streaming-Werkzeug laden und installieren ... 159
MJPG-Streamer als Live-View-Quelle ... 162
Live-View und Steuerung verheiraten ... 165
Fotografieren mit dem Vorwerk/Neato-Staubsauger ... 170
4.6 Drahtlos-Raspberry-Pi einrichten ... 171
Raspberry Pi mit drahtloser Stromversorgung ... 172
Akkupack und USV für Raspberry Pi kombinieren ... 173
WLAN-Netzwerk einrichten und Verbindung aufnehmen ... 174
Umschalten zwischen WLAN-Verbindungen ... 178
WLAN-Verbindung mit Python steuern ... 180
4.7 Staubsaugerroboter mit dem Smartphone steuern ... 183
USB-Debugging-Modus – Smartphone einrichten ... 183
Staubsaugerroboter mit dem Smartphone koppeln ... 185

5 Schrauben, löten, programmieren: RC-Car-Modding ... 187
5.1 Basis für das RaspiRoboCAR-Projekt ... 188
5.2 Lenken und Steuern über die Tastatur ... 191
5.3 Google-Streetview-RC-Car mit der Raspberry-Pi-Kamera ... 203

6 LEGO® Pi mit Mindstorms EV3 und LEGO®-Technic ... 205
6.1 Viel kreativer Spielraum für Technikfantasien ... 205
6.2 LEGO®-Technic und LEGO®-Mindstorms mit Raspberry Pi aufmotzen ... 208
6.3 BrickPi: LEGO®-Mindstorms im Eigenbau ... 209
BrickPi-Treiber in Betrieb nehmen ... 210
BrickPi-Schnittstellen aktivieren ... 212
Python-Bibliothek für BrickPi installieren ... 213
Motoren und Sensoren im BrickPi-Einsatz ... 215
6.4 Legokran- und -greifer-Steuerung mit dem Raspberry Pi ... 216
Basis, Neigung und Greifer: drei Motoren für den Kran ... 218
6.5 LEGO®-Modding: Mindstorms im Eigenbau ... 224
LEGO®-Steine mit LED-Birnen nachrüsten ... 225
Servomotor-Modding für LEGO®-Technic ... 226
LEGO®-Extrem-Modding: bis zu 16 Servomotoren steuern ... 228
Adressbelegung für den Anschluss am I²C-Bus ... 230
Mehrere Servomotoren im Zusammenspiel ... 232

A Anhang 239
A Python-Basics auf dem Raspberry Pi 239
LED-Steuerung mit Python 241
Schneller Zugriff über die Wiring-Pi-API 245
Raspberry-Pi-Revision 2: zusätzlicher GPIO-Sockel 248

Lenken und Steuern mit der GPIO-Schnittstelle

Die zentrale Schnittstelle für das Messen, Steuern und Regeln von angeschlossenen Schaltern, Sensoren und Aktoren ist die GPIO-Schnittstelle (*General Purpose Input/Output*) des Raspberry Pi. Mit dieser Schnittstelle sind Sie für sämtliche Dinge in diesem Buch gerüstet – hier erweitern Sie den Raspberry Pi mit Schaltungen und Funktionen auf dem Steckboard, die später per Lötkolben in ein festes Platinendesign überführt werden können. Neben den Schaltungslösungen der Marke »Eigenbau« können Sie auch auf die hilfreiche Unterstützung in Form von zusätzlich zu erwerbenden Steck- und Erweiterungsboards für die Steuerung von Motoren aller Art zählen – beispielsweise gewöhnliche Gleichstrommotoren, Schritt- oder Steppermotoren, die gerade in der Robotik und bei Mechanikbasteleien mit dem Raspberry Pi eine wesentliche Rolle spielen.

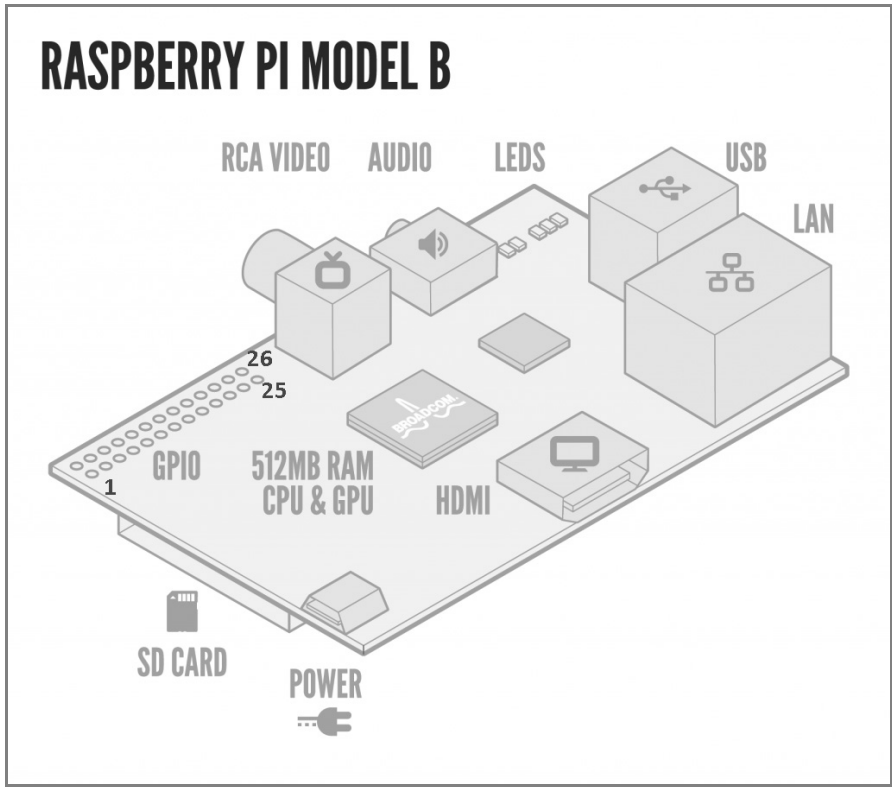


Bild 1.1: Der grundsätzliche Aufbau des Raspberry Pi und der GPIO-Pinleiste Modell B, Revision 2. (Grafik: *raspberrypi.org*)

Neben dem verbesserten Original werden zunehmend Klonplatinen im Internet angeboten, die auf die grundsätzliche Idee und Raspberry-Pi-Technik setzen. Erwähnenswert ist hier die Banana-Pi-Lösung, die nicht nur die gleichen Abmessungen wie das Original besitzt, sondern ebenfalls mit einer Pin-kompatiblen GPIO-Leiste ausgestattet ist, mit der bestehende Projekte eins zu eins auf eine leistungsfähigere Plattform gehievt werden können.

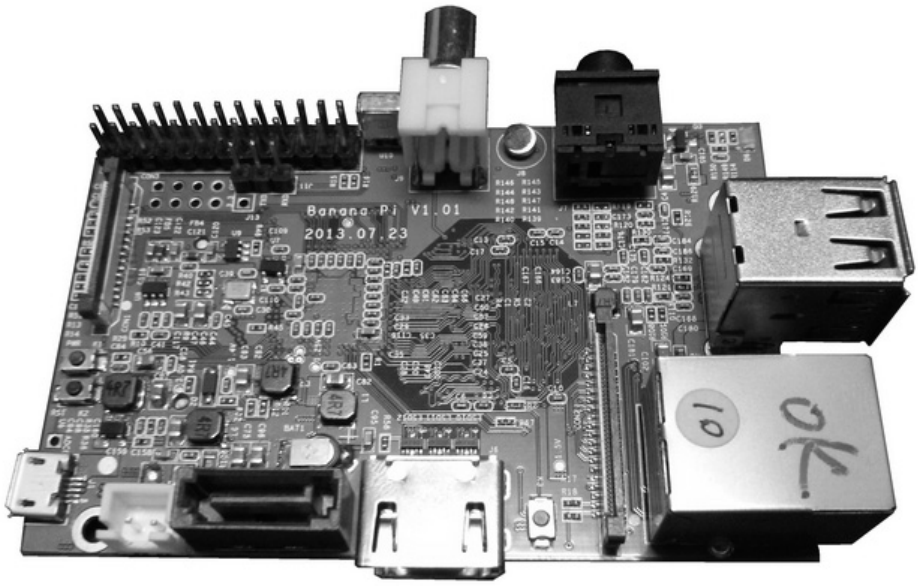


Bild 1.2: Stark verbesserter Raspberry-Pi-Klon, der nahezu die gleichen Abmessungen wie das Original besitzt und ebenfalls eine Pin-kompatible GPIO-Leiste bietet. (Abbildung: *Bananapi.org*)

Der im Vergleich zum Original mit 1 GB verdoppelte RAM-Speicher sowie der ARM Cortex A7-Dualkernprozessor mit 1 GHz Takt und die schnellere Grafikeinheit (Mali 400 GPU) beschleunigen die Platine enorm. Zwar stellt der bei Allnet (*www.allnet.de*) erhältliche Banana Pi mit einem Verkaufspreis von 69 Euro im Vergleich zum Original keine Low-Cost-Lösung mehr dar, er bringt jedoch zusätzlich ähnlich wie das Cubieboard einen SATA-Port mit, mit dem sich eine Festplatte mit bis zu 2 TB Kapazität anschließen lässt.

Wie der Raspberry Pi bietet der Banana Pi die CSI/DSI-Schnittstellen, zwei USB-2.0-Steckplätze sowie je einen HDMI- und einen AV-Videoausgang, außerdem sind noch ein Mikrofon und als zusätzliche Schnittstelle ein Onboard-IR-Empfänger verbaut. Der Klon bringt eine Gigabit-Netzwerkschnittstelle mit, während beim Original mit Ethernet-Anschluss ein 100/10-MBit-Modul verbaut ist.

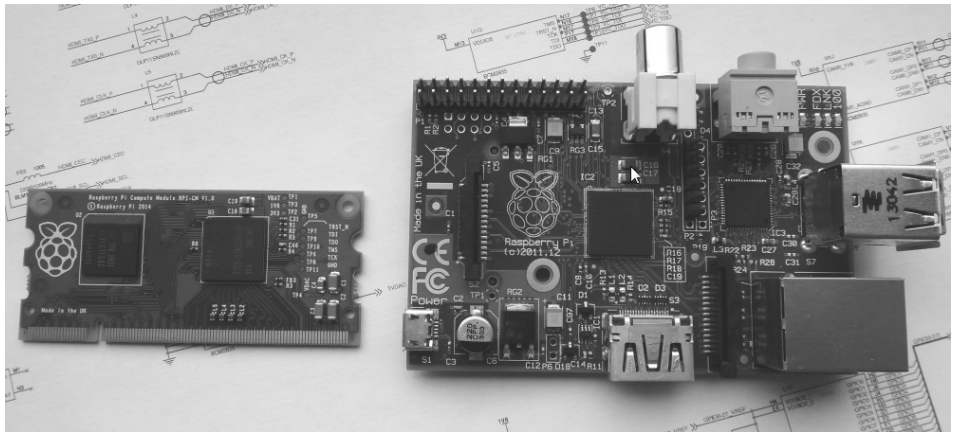


Bild 1.3: Die Raspberry Pi Foundation stellte im April 2014 das deutlich geschrumpfte Raspberry-Pi-Modul vor, das sich nun besser für kleinere, kompakte Anwendungen eignen soll. (Abbildung: Raspberry Pi Foundation)

Die Raspberry Pi Foundation setzt hier weiter auf Miniaturisierung: Das im April 2014 vorgestellte Compute Module ist mit dem BCM2835-Prozessor und 512 MB RAM wie ein »alter« Raspberry Pi ausgestattet. Statt des Speicherkartenslots sind hier 4 GB eMMc-Flash-Speicher direkt verlötet. Das Compute Modul sieht mit den Abmessungen von 67,7 × 30 mm nicht nur aus wie ein Speichermodul, sondern nutzt auch dieselbe Anschlussleiste wie ein DDR2 SODIMM. Dennoch ist es selbstverständlich, den Raspberry Pi nicht in einem RAM-Steckplatz des Computers einzustecken, sondern dafür das sogenannte »Breakout-Board« zu verwenden, das die bisher bekannten Anschlüsse zur Verfügung stellt.

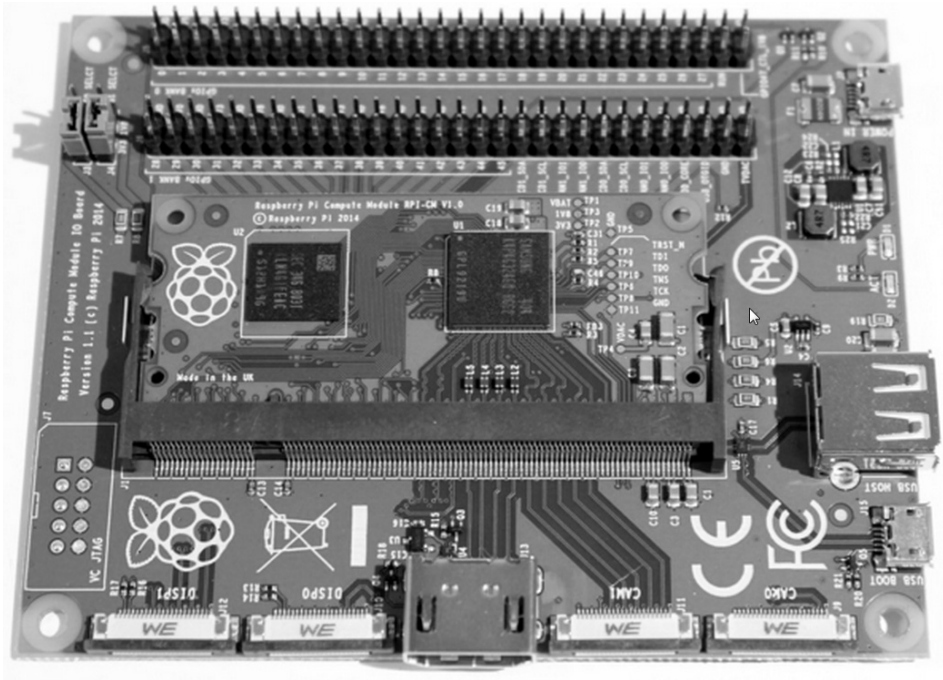


Bild 1.4: Das Raspberry-Pi-Modul wird in das flachere Breakout-Board eingesetzt, was bei mobileren Robotik-Anwendungen manchmal sinnvoller sein kann, wenn die Bauhöhe begrenzt ist. (Abbildung: Raspberry Pi Foundation)

Ab Juni 2014 soll der neue Raspberry Pi samt Breakout-Board im Handel erhältlich sein, im Mai 2014 wird bei einer Abnahme von 100 Stück für das Compute Modul ein Preis um die 30 Dollar fällig – für das Breakout-Board werden schätzungsweise weitere 10 bis 20 Dollar veranschlagt werden.

1.1 Betriebssystem und Treiber aktualisieren

Egal ob Sie selbst eine passende Schaltung im Eigenbau entwickeln oder die eine oder andere Fertiglösung zum Anschluss an den Raspberry Pi nutzen, das A und O ist der Zugriff per Software auf die Schnittstelle bzw. die Funktionen der einzelnen GPIO-Pins. Dafür stehen zahlreiche Möglichkeiten, Zubehör und Erweiterungsboards zur Verfügung, die in den nachfolgenden Kapiteln Schritt für Schritt erklärt und eingesetzt werden. Doch diese technischen Hilfsmittel sind oft wertlos, wenn das Grundsystem nicht stimmt.

Aus diesem Grund stellen Sie mit Kommandos wie `sudo apt-get update` und `sudo apt-get upgrade` sicher, dass der Raspberry Pi mit einem aktuellen Betriebssystem samt Treiber bestückt ist. Nach einem etwaigen Neustart per `sudo reboot` sollten Sie

hin und wieder auch das Kommando `sudo apt-get dist-upgrade` ausführen. Während sich das `apt-get upgrade`-Kommando primär um Anwendungen und Treiber kümmert, sorgt `apt-get dist-upgrade` für den aktuellen Kernel und installiert dessen Aktualisierungen.

Hat das Installationsprogramm hier Änderungen durchgeführt, sollten Sie den Raspberry Pi mit `sudo reboot` neu starten und den dazugehörigen Neustart live mitverfolgen. Nur dann haben Sie die Gewissheit, dass bei der Kernel-Aktualisierung alles gut gegangen ist und alle Dienste wieder starten.

1.2 Analog-digital-Wandler MCP3008 nachrüsten

Anders als bei anderen Mikrocontroller-Boards, beispielsweise aus der Arduino-Ecke, fehlen dem Raspberry Pi trotz der Menge an GPIO-Anschlüssen die analogen Eingänge. Ist der Einsatz von kostengünstigen analogen Sensoren gewünscht, ist entweder der direkte Umweg über einen Arduino oder ein Analog-digital-Wandler-Board notwendig, falls auf dem Raspberry Pi bzw. im zu steuernden Programmcode genauere Messwerte verarbeitet werden sollen. Im Raspberry-Pi-Umfeld ist der Analog-digital-Wandler MCP3008-IC (Datenblatt: *http://bit.ly/OaQwQh* bzw. *http://bit.ly/1fkK3gv*) sehr verbreitet, der für kleines Geld im Elektronikhandel erhältlich ist.

Datenblatt prüfen, Funktionen verstehen

Um die Funktionsweise und das Zusammenspiel der Anschlüsse zu durchschauen, damit Sie den Analog-digital-Wandler MCP3008-IC mit dem Raspberry Pi einsetzen können, benötigen Sie Informationen aus dem Datenblatt dazu, wie die Kommunikation von Mikrocontroller und MCP3008-Chip vonstatten geht.

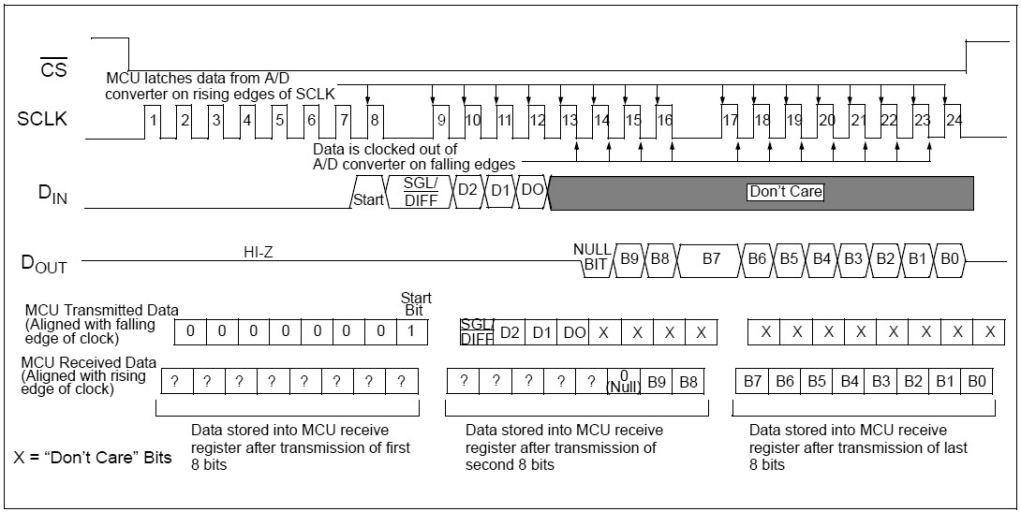


Bild 1.5: In der obersten Zeile des Datenblatts in der Abbildung sehen Sie das *Chip-Select-Signal*, das bei der dargestellten fallenden Flanke von HIGH auf LOW geht.

Um nun eine Datenübertragung anzutriggern, muss zunächst der Clock-Pin (`SCLK`) auf LOW-Pegel (GPIO-Pin auf `False`) gesetzt werden. Im nächsten Schritt benötigt der IC einen Befehl, damit dieser den Messwert des gewünschten Kanals zurückliefert. Der MCP3008 hat acht analoge Kanäle (`CH0` bis `CH7`), im Datenblatt wird das Kommando zum Auslesen des Messwerts in der obigen Abbildung bei *MCU Transmitted Data (Aligned with falling edge of clock)* mit dem Startbit 1 grafisch dargestellt. Hier bezeichnen die mit `D0`, `D1` und `D2` bezeichneten Bits den Binärwert des verwendeten Kanals. Somit sind neben den drei Bits für den Kanal noch das Startbit `1` und das `SGL/DIFF`-Bit notwendig, um den jeweiligen Kanal anzuschubsen, damit dieser anschließend den Messwert zum Mikrocontroller zurückschickt. Wie Sie dies in Programmcode umsetzen, lesen Sie, nachdem Sie die dazu passende Schaltung auf dem Steckboard umgesetzt haben.

MCP3008 auf dem Steckboard nutzen

Um die Grundfunktionen des MCP3008-IC kennenzulernen, bauen Sie im nächsten Schritt eine Beispielschaltung mit einem Drehpotenziometer auf dem Steckboard auf und verbinden den MCP3008-IC mit der SPI-Schnittstelle sowie der Masse und Spannungsversorgung des Raspberry Pi. Der SPI (*Serial Peripheral Interface Bus*) lässt sich für die Signalübertragung zwischen dem Single Master (in diesem Fall dem Raspberry Pi) und einem oder mehreren Slave-Geräten bestens verwenden.

Die SPI-Schnittstelle selbst benötigt auf der GPIO-Leiste des Raspberry Pi die fünf Pins `SCLK` (*Serial Clock*, Taktgeber), `MOSI` (*Master Out, Slave In*), `MISO` (*Master In, Slave Out*) und `CE0`/`CE1` (*Slave Select*). Das `MISO`/`MOSI`-Pinpaar ist für die Full-Duplex-

Kommunikation zwischen dem Master und den Slaves zuständig, während über den CLK-Pin die angeschlossenen Geräte mit dem Master synchronisiert bleiben.

Bauteil	Beschreibung	Händler/Bestell-nummer	Preis
Drehpotenziometer 10 kΩ	BOURNS – 3310Y-1-103L – POTENTIOMETER, 10K	Farnell/Bestellnummer 9353976	ca. 2,88 Euro
MCP3008	MICROCHIP – MCP3008-I/P – 10 BIT ADC, 2.7V, 8CH,SPI, 16DIP	Farnell/Bestellnummer 1627174	ca. 2,59 Euro

Durch die Beinchen lässt sich der Standard-IC für Experimentierzwecke bequem auf einem Steckboard und somit später auch auf der selbst bestückten Platine einsetzen.

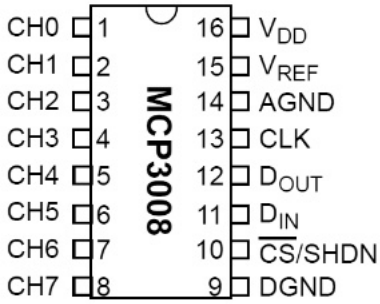


Bild 1.6: Zeigt die Kerbe des MCP3008-IC nach oben, erfolgt die Zählung der Anschlüsse wie beim Schreiben des Buchstabens U von links oben nach unten zu Anschlusspin 8, um dann wieder von rechts unten (Pin 9) nach oben zu Pin 16 zu gelangen.

Sämtliche acht analogen Eingangskanäle sind auf Pin 1 bis 8 auf der linken Seite untergebracht, während rechts die Stromversorgungs- und Schnittstellenanschlüsse an Pin 9 bis 16 Platz finden. Die Spannung an den acht analogen Eingangskanälen (CH0 bis CH7) darf laut Datenblatt –0,6 V bis V_{DD}+0,6 V nicht unter-/überschreiten, da der Schaltkreis sonst beschädigt werden könnte. Nach der Messung der Anschlüsse über den Vergleich mit der am V-REF-(V_{REF}-)Pin anliegenden Spannung erfolgt die Berechnung der Differenz in einer Auflösung von 1,024 (10 Bit, 2^{10}), die anschließend an die Datenschnittstelle übergeben wird.

Bemerkung	Bezeichnung	Pin	O	Pin	Bezeichnung	Bemerkung
Kanal 1	CH0	1		16	V_{DD}	Versorgungsspannung liegt zwischen 2,7 V und 5,5 V mit V_{DD} (max.) von 7 V.
Kanal 2	CH1	2		15	V_{REF}	Referenzspannung, mit der die jeweils an den analogen Anschlüssen anliegende Spannung verglichen und die Abweichung berechnet werden kann.
Kanal 3	CH2	3		14	A_{GND}	Masse-Signal analoger Schaltkreise.
Kanal 4	CH3	4		13	CLK	Taktsignal.
Kanal 5	CH4	5		12	D_{OUT}	Digitaler Ausgang, SPI-Schnittstelle.
Kanal 6	CH5	6		11	D_{IN}	Digitaler Eingang, SPI-Schnittstelle.
Kanal 7	CH6	7		10	CS	Falls Steuereingang (Cable Select, Chip Select, Chip Enable) low, ist der Schaltkreis aktiv.
Kanal 8	CH7	8		9	D_{GND}	Masse-Signal, digitaler Schaltkreis.

Durch das Drehpotenziometer haben Sie die Möglichkeit, am Analogeingang die Spannung manuell zu regulieren. Durch die Drehung des Stellrads des Drehpotenziometers ändern sich die Widerstandsparameter und somit auch die Werte des Spannungsteilers, die sich auf die anliegende Spannung auswirken. Diese wird anschließend mit der Referenzspannung verglichen und kann somit digital als Vergleichswert dargestellt werden.

Steckt das MCP3008-IC-Modul im Steckboard, nutzen Sie für die Verbindung zum Raspberry Pi am besten die gewohnten Jumperkabel. Die einzelnen Pins auf der rechten Seite des MCP3008-IC sind anhand der obigen Tabelle bzw. dem Datenblatt (*http://bit.ly/OaQwQh*) schnell zugeordnet und an der GPIO-Reihe bestückt.

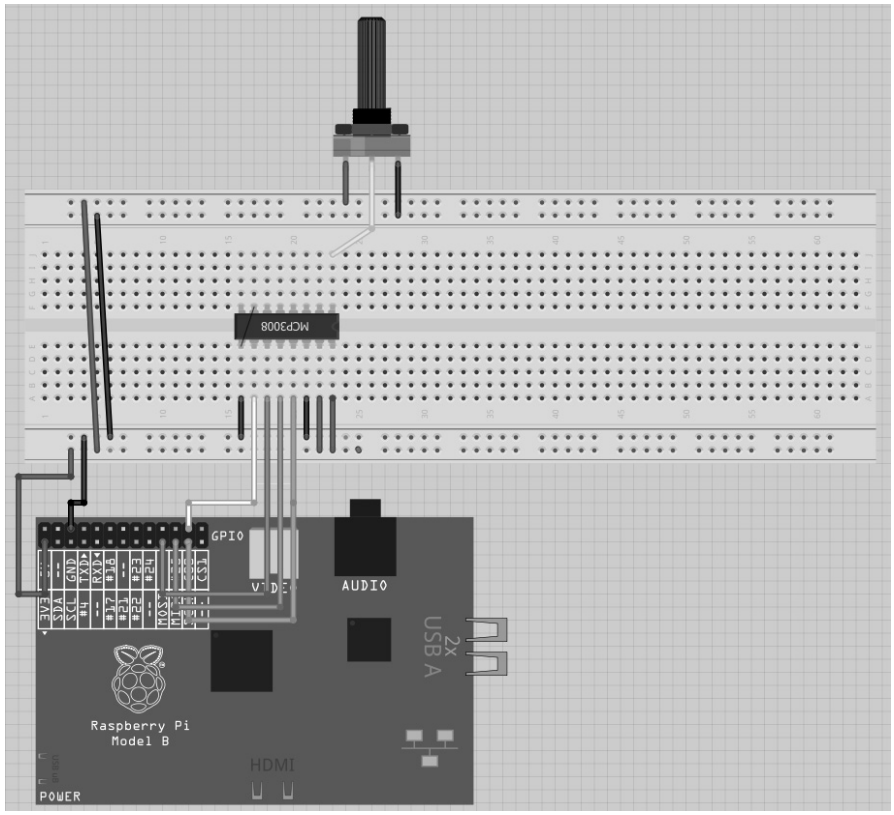


Bild 1.7: Das notwendige Potenziometer (oben) wird außen an Masse (–) angeschlossen und mit dem 3,3-V-Anschluss des Raspberry Pi (Rev. 2) verbunden. Der Mittelanschluss des Potenziometers wird an Eingang `CH0` – also Pin 1 des MCP3008-IC – angeschlossen.

So werden in diesem Beispiel Pin 15 und 16 mit 3,3 V, Pin 14 und Pin 9 mit Masse, Pin 13 mit GPIO11 (P1/23), Pin 12 mit GPIO09 (P1/21), Pin 11 mit GPIO10 (P1/19) und Pin 10 des IC mit GPIO08 (P1/24) mit den Anschlüssen des Raspberry Pi verbunden.

Für den ersten Test wird mit dem 10K-Potenziometer ein gewöhnliches, einfaches Potenziometer für den Steckboardeinsatz verwendet. Das Potenziometer wird an den beiden äußeren Anschlüssen je mit Masse (–) und dem 3,3 V-Anschluss verbunden. Der Mittelanschluss des Potenziometers wird an Eingang `CH0` – also Pin 1 des MCP3008-IC – angeschlossen.

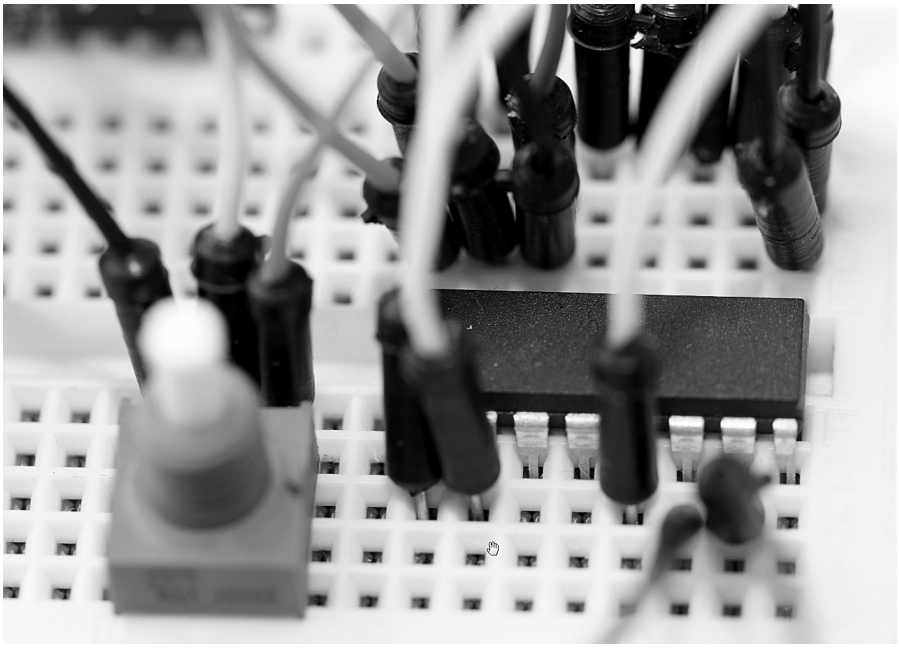


Bild 1.8: Raspberry Pi im SPI-Einsatz: Auf das Steckboard ist zusätzlich noch ein Drehpotenziometer gesteckt, dessen Mittelanschluss mit dem MCP3008-Pin 1 (Kanal `CH0`) verbunden ist.

Ist die Schaltung verkabelt, kann der Raspberry Pi wieder an die Stromversorgung angeschlossen und eingeschaltet werden. Im nächsten Schritt wird die manuelle Ansteuerung des MCP3008-IC über Python realisiert.

Programmierung des MCP3008 mit Python

Aus dem vorigen Abschnitt wird ersichtlich, dass das MCP3008-IC eine 10-Bit-Auflösung, also 2^{10} mögliche Bitkombinationen bietet. Im Umkehrschluss heißt das, dass Sie bei der vorliegenden Eingangspannung bzw. Referenzspannung von 3,3 V für jede einzelne Bitänderung in dem Bereich von 0 bis 1023 einen anderen Messwert im Bereich von 0 bis 3,3 V haben.

Für jedes einzelne Bit ist in diesem Fall die Änderung leicht zu berechnen, indem Sie die Referenzspannung durch die Auflösung teilen (3,3 V / 1024), was 0,00322265625 V bzw. 3,22265625 mV entspricht. Die Stromstärke bleibt gleich, bei einer Drehung des Potenziometers ändert sich der Widerstand und somit auch die anliegende Spannung. Nach dem Vergleich mit der Referenzspannung wird die Differenz an die Datenschnittstelle übergeben.

MCP3008-Pin	MCP3008	Poti-Pin 10 kΩ	Raspberry-Pi-Bezeichnung	Raspberry-Pi-Pin	Wiring Pi
1	CH0	3	–	–	–
16	V_{DD}	2	3.3V	1	–
15	V_{REF}	–	3.3V	1	–
16	V_{DD}	–	3.3V	1	–
11	D_{IN}	–	GPIO10/SPI MOSI	19	12
12	D_{OUT}	–	GPIO9/SPI MISO	21	13
13	CLK	–	GPIO11/SPI0_SCLK	23	14
10	CS/SHDN	–	GPIO8/SPI0_CE0_N	24	10
9	D_{GND}	–	Masse	6	–
14	A_{GND}	1	Masse	6	–

Ist der Raspberry Pi mit dem Steckboard und auch mit dem MCP3008-IC verbunden, lassen sich nur dann Messwerte auslesen und verarbeiten, wenn an einem oder mehreren der acht verfügbaren Analogeingänge auch ein Signal anliegt. Die einfachste Methode ist in diesem Fall der Anschluss eines Drehpotenziometers, um per Drehung die Werte des Spannungsteilers manuell anzupassen.

```
cd ~
mkdir mcp3008
cd mcp3008
nano mcp3008-step1.py
```

Ist die Python-GPIO-Library installiert, prüfen Sie mit einem Python-Skript die Schaltung auf dem Steckboard. Die SPI-Library kommt in einem späteren Beispiel zum Einsatz. Die Beispieldatei `mcp3008-step1.py` finden Sie im Quellcodeverzeichnis `MCP3008`. Zunächst legen Sie die genutzten GPIO-Ein- und Ausgänge fest. In diesem Beispiel wird die BCM-Zählung auf dem Board Raspberry Pi Revision 2 genutzt – achten Sie bei der Verwendung einer älteren Revision auf die korrekte Zuordnung der GPIO-Nummern.

Für das Auslesen der Werte an den Eingängen des MCP3008-IC wird die Funktion `getAnalogData` genutzt, die mit den entsprechenden GPIO-Nummern der verwendeten Pins aufgerufen wird. Nach der Festlegung des Kanals kann die im Datenblatt beschriebene Syntax für das Auslesen der am jeweiligen Kanal anliegenden Spannung angewendet werden.

Mit der Zeile `GPIO.output(CS_Pin, False)` erzeugt das Skript eine steil abfallende Signalflanke (von 3,3 V auf 0 V) und aktiviert per Cable Select (CS) den A/D-Wandler des IC.

Binärwert	Kanal
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

Die mit dem `pushcmd`-Kommando festgelegte Bitfolge wird über den `MOSI`-Kanal ausgegeben, und mit der Zeile `pushcmd = poti_channel` wird die Nummer des Analogeingangs, welche durch drei Bits dargestellt wird, festgelegt. Durch das bitweise ODER in der Zeile `pushcmd |= 0b00011000` werden die drei Adressbits von rechts eingefügt, und anschließend wird die Bitfolge über die `for`-Schleife gesendet.

Binärfolge	Bemerkung
0b00011000	000 gibt die verwendete Kanaladresse (CH0) in binärer Schreibweise an.
0b00011000	SGL-(Signal-)Bit.
0b00011100	Startbit.

Das Holen bzw. das Auslesen der Daten ist ebenfalls über eine `for`-Schleife realisiert. Hier nehmen Sie einen Pegelwechsel mit den beiden Befehlen `GPIO.output(CLK_Pin, True)` und `GPIO.output(CLK_Pin, False)` vor und lesen die Datenschnittstelle anschließend Bit für Bit aus. Liegt am `MISO`-Anschluss ein Pegel an, ist das letzte Bit eine `1`, sonst bleibt der Wert `0`. Auch diese Zuordnung wird mit der bitweisen ODER-Operation durchgeführt. Zu guter Letzt wird der in der Variablen `poti_channel_value` gesicherte Wert von der Funktion zurückgegeben.

```
# -*- coding: utf-8 -*-
#!/bin/python
import RPi.GPIO as GPIO
import time, os
#--------------------------------------------------------------------------
# Roboter mit Raspberry Pi
# E.F.Engelhardt, Franzis Verlag, 2014
# ------------------------------------------------------------------------
# Das Skript nutzt die Analogeingaenge des MCP3008-IC
# und liest diese ueber SPI-Bus aus.
# Datei mcp3008-step1.py
```

WILFRIED KLAAS

BUSSYSTEME IN DER PRAXIS

Vorwort

Schnittstellen und Bussysteme sind sehr wichtige Grundlagen der Mikrocontroller-Programmierung, ermöglichen sie doch die Kommunikation mit der »Außenwelt«.

In diesem Buch stelle ich Ihnen zunächst die verschiedenen relevanten Schnittstellen und Bussysteme vor, die für diese Kopplung wichtig sind.

Im zweiten Teil steigen Sie dann in die Programmierung ein. Ich werde mich auf zwei der wichtigsten Systeme beschränken: Arduino und Raspberry Pi. Die vermittelten Grundlagen können Sie später auf andere Mikrocontroller übertragen.

Alle hier vorgestellten Schaltungen und Programme wurden nach bestem Wissen erstellt und getestet. Jedoch kann für die korrekte Funktion keine Haftung übernommen werden.

Ich wünsche viel Spaß bei der Lektüre.

Wilfried Klaas

Inhaltsverzeichnis

1 Die Hardware 11
1.1 Arduino™ 11
1.1.1 Schnittstellen 12
1.2 Raspberry Pi 14

2 Grundlagen der Schnittstellen 17
2.1 Serielle Schnittstelle 17
2.1.1 USART 18
2.1.2 RS232 19
2.1.3 RS485 22
2.1.4 DMX 23
2.1.5 Modbus 25
2.1.6 PROFIBUS 27
2.1.7 NMEA 0183 28
2.2 SPI 29
2.2.1 Protokoll 30
2.3 I^2C 32
2.3.1 Elektrisch 32
2.3.2 Takt und Zustände 33
2.3.3 Adressierung 33
2.3.4 Protokoll 33
2.4 1-Wire 34
2.4.1 Protokoll 34
2.5 USB 36
2.5.1 Übertragungsarten 39
2.5.2 Datenübertragungsraten 41
2.5.3 Verwendung 41
2.6 CAN 41
2.6.1 Protokoll 42
2.6.2 Elektrisch 44
2.6.3 Übertragungsraten 45
2.6.4 CANopen 45
2.6.5 NMEA 2000 46
2.7 KNX 46

3 Anwendungsbeispiele mit dem Arduino™ 49
3.1 Seriell und USB 49
3.1.1 USB: Kommunikation mit dem Host 52
3.1.2 USB: Steuerung von Aufgaben 54
3.1.3 USB: Messwertaufzeichnung 62
3.1.4 NMEA 0183: GPS-Modul, Schnittstellenkonvertierung 70
3.1.5 DMX mit dem Arduino™ 75
3.2 SPI 84

3.2.1 SPI: Schieberegister ... 84
3.2.2 SPI: Hardware ... 87
3.2.3 SPI: Vierstelliges Sieben-Segment-LED-Display ... 89
3.2.4 SPI: 16-Bit-Porterweiterung mit dem MCP23S17 ... 93
3.2.5 SPI: Ansteuerung zweizeiliges LC-Display ... 97
3.2.6 SPI: Ansteuerung Grafik-LCD ... 98
3.2.7 SPI: 5x7-DOT-Matrix-LED mit MAX6952 ... 106
3.2.8 SPI: 8-Digit-LED-Driver, MAX7221 ... 109
3.2.9 SPI: Funkstrecke mit dem nRF24L01 ... 111
3.2.10 SPI: SD-Karten und SDHC-Karten ... 116
3.3 I²C ... 120
3.3.1 I²C: Echtzeit-Uhrenbaustein DS3231 ... 120
3.3.2 I²C: A/D-Wandler 12 Bit, 8 ksps Sampling, MAX127 ... 126
3.3.3 I²C: D/A-Wandler 12 Bit, MCP4725 ... 129
3.3.4 I²C: Gyroskop und Beschleunigungssensor MPU6050 ... 132
3.3.5 I²C: Magnetometer HMC5883L ... 136
3.3.6 I²C: EEPROM 24C64 ... 138
3.3.7 I²C: Temperaturmessung, DS1621 / LM75 ... 141
3.3.8 I²C: Luftdruckmessung, BMP085 / BMP180 ... 143
3.4 1-Wire ... 145
3.4.1 1-Wire: Temperaturmessung mit dem DS18B20 ... 145
3.5 CAN-Bus ... 147
3.6 Sonstige ... 150
3.6.1 Ultraschall mit dem HC-SR04 ... 150
3.6.2 RGB-LED WS2812B ... 152
3.7 Design eines minimalen Arduino™-Mikrocontrollerboards ... 158

4 Anwendungsbeispiele mit dem Raspberry Pi ... 161
4.1 Seriell und USB ... 161
4.1.1 USB: Kommunikation mit dem Host ... 162
4.1.2 USB: Steuerung von Aufgaben ... 164
4.1.3 NMEA 0183: GPS-Modul ... 165
4.2 SPI ... 169
4.2.1 SPI: Schieberegister ... 171
4.2.2 SPI: 16-Bit-Porterweiterung mit dem MCP23S17 ... 173
4.2.3 SPI: Ansteuerung Grafik-LCD, PiTFT mit Touchscreen ... 175
4.2.4 SPI: 8-Digit-LED-Driver, MAX7221 ... 178
4.2.5 SPI: Funkstrecke mit dem nRF24L01 ... 182
4.3 I²C ... 187
4.3.1 I²C: Der Echtzeit-Uhrenbaustein (RTC) DS3231 ... 188
4.3.2 I²C: A/D-Wandler 12 Bit, 8 ksps Sampling, MAX127 ... 190
4.3.3 I²C: D/A-Wandler 12 Bit, MCP4725 ... 191
4.3.4 I²C: Gyroskop und Beschleunigungssensor MPU6050 ... 193
4.3.5 I²C: Magnetometer HMC5883L ... 195
4.3.6 I²C: Temperaturmessung, DS1621, LM75 ... 197
4.3.7 I²C: Luftdruckmessung mit BMP085, BMP180 ... 198
4.4 1-Wire ... 200
4.4.1 1-Wire: Temperaturmessung mit dem DS18B20 ... 200
4.5 Sonstige ... 203

4.5.1 Ultraschall mit dem HC-SR04 ... 203
4.5.2 RGB-LED WS2812B ... 206
4.6 Internet ... 210
4.6.1 Installation und Test des Python-WebServers Flask ... 210
4.6.2 Benutzung von WebTemplates ... 212
4.7 Raspberry Pi und Arduino™, zwei Welten verbunden ... 214

5 Benötigte Hardware und Software ... 217
5.1 Programmierumgebung Arduino™ ... 217
5.1.1 Installation der Arduino™-IDE ... 217
5.1.2 Projektinstallation ... 217
5.1.3 Sketchverzeichnis einstellen ... 218
5.1.4 Treiberinstallation – Arduino™ Uno unter Windows ... 219
5.1.5 Die Arduino™-IDE ... 220
5.1.6 Sketch 1: Blinklicht ... 223
5.1.7 Debugging ... 224
5.2 Programmierumgebung Raspberry Pi ... 226
5.2.1 Idle, integriertes Entwicklungssystem für Python ... 227
5.2.2 Ninja-IDE ... 228

6 Hardware ... 231

7 Internetseiten ... 233

1

Die Hardware

1.1 Arduino™

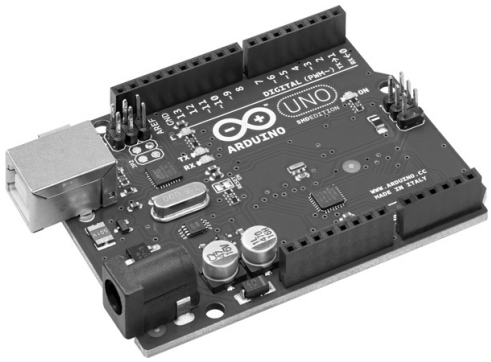


Bild 1.1: Arduino Uno

Wohl der am weitesten verbreitete Mikrocontroller im DIY-Bereich ist der Arduino. Er ist zwar schon etwas älter, hat aber nichts von seiner Attraktivität verloren. Im Kern handelt es sich um einen Atmel-Chip aus der ATmega-Reihe. Je nach Board findet ein ATmega328 (Arduino Uno), ein ATmega32U16 (Arduino Leonardo) oder ein ATmega256 (Arduino Mega) Verwendung. Die ATmegas sind 8-Bit-Prozessoren mit einer Taktfrequenz von 16 MHz. Die Ressourcen wie RAM und Flash sind natürlich begrenzt, reichen aber für die üblichen Anwendungen aus. Große Vorteile der Arduinos sind die weite Verbreitung, die große Gemeinschaft und die niedrigen Hard-

und Softwarekosten. Ein offizielles Board kostet zwar fast so viel wie ein Raspberry Pi, aber man bekommt ein komplettes Entwicklungssystem mit dazu. Und mittlerweile gibt es preisgünstige kompatible Varianten. Wer sich etwas eingearbeitet hat, kann später auch eigene Boards designen und direkt an seine Bedürfnisse anpassen. Ein ATmega-Basis-Board kann man dann selber auf einer Lochrasterplatine für weniger als 5 € herstellen.

Der Arduino hat bereits eine Vielzahl von Schnittstellen integriert. So finden Sie bei einem originalen Board neben SPI und I^2C auch direkt eine funktionierende USB-Anbindung. Diese ist als reine Seriell/USB-Konvertierung ausgelegt.

Einzig der Arduino Leonardo kann als echter USB-Slave benutzt werden. Falls man einen echten USB-Slave verwenden möchte, müssen neben der Programmierung im Mikrocontroller auch die entsprechenden Treiber für das Betriebssystem erstellt werden. Und wer sich schon einmal mit der Treiberprogrammierung unter Windows oder Linux auseinandergesetzt hat, weiß, dass das kein einfaches Unterfangen ist. Der Arduino Leonardo kann aber z. B. direkt als HID (Human Interface Device) eingesetzt werden und die bereits vorhandenen HID-Treiber verwenden.

Dies ist zwar nicht seine bevorzugte Anwendung, aber selbst der Arduino kann mit entsprechender Hardware eine Internetverbindung aufbauen und so z. B. Messwerte übers Internet zur Verfügung stellen. Dabei sollte man allerdings stark auf den Ressourcenverbrauch achten.

Für dieses Buch sollten Sie schon etwas Übung im Umgang mit dem Arduino haben. Grundlegende Kenntnisse der IDE und Programmierkenntnisse sind Voraussetzung.

1.1.1 Schnittstellen

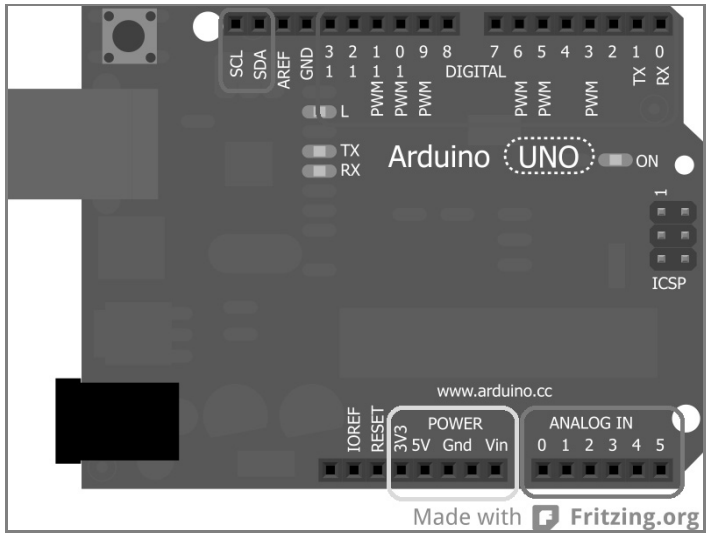


Bild 1.2:
Schnittstellen des Arduino Uno

Die nachfolgende Tabelle beschreibt die einzelnen Schnittstellen auf der Arduino-Platine.

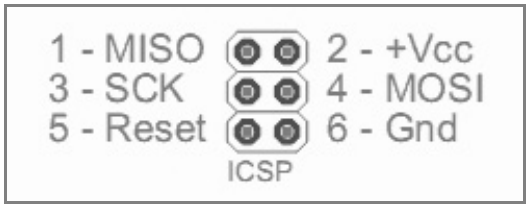
USB	Die große silberne Buchse links oben. Der USB-Anschluss ist automatisch mit der 1. seriellen Schnittstelle verbunden.
1. serielle Schnittstelle	rot, Signale TX und RX
2. serielle Schnittstelle	Beim Arduino Uno kann die 2. serielle Schnittstelle nur über eine zusätzliche Bibliothek per Softwareemulation erzeugt werden. Gut geeignet ist die AltSoftSerial-Bibliothek[1] von Paul Stoffregen, da sie im Interruptmodus arbeitet. TX ist dann auf D9, RX auf D8. PWM auf D10 funktioniert dann wegen des in der Bibliothek benutzten Timers nicht mehr. Der Pin D10 kann aber für andere Aufgaben weiter benutzt werden.
SPI	rot oder ICSP, Signale MOSI-Pin 11 oder ICSP-4, MISO-Pin 12 oder ICSP-1, SCK-Pin 13 oder ICSP-3, SS-Pin 10. Kann normalerweise frei im roten (D0-D13) oder grünen Bereich (D14-D19) gewählt werden.  Bild 1.3: ICSP-Header
I²C	lila (grün), Signale SCL (A4), SDA (A5)
1-Wire	rot, Pin kann normalerweise frei im Bereich von D0-D19 gewählt werden.

Tabelle 1.1: Anordnung der Schnittstellen beim Arduino

[1] *https://github.com/PaulStoffregen/AltSoftSerial*

1.2 Raspberry Pi

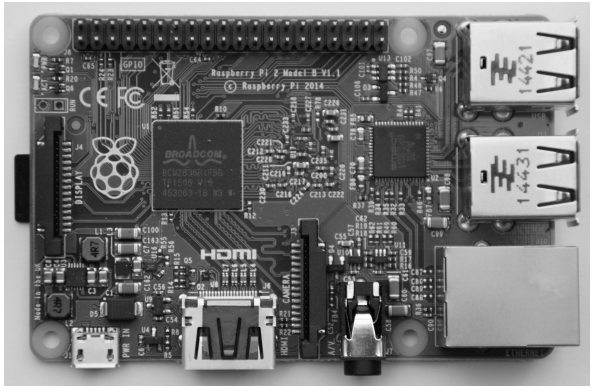


Bild 1.4: Raspberry Pi 2, Model B

Der Raspberry Pi ist ein vollständiger Computer. Als Betriebssystem wird normalerweise das Linux-Derivat Raspbian[2] verwendet. Der direkte Zugriff auf die Port-Pins (GPIO, General Purpose Input Output) ist möglich und ermöglicht die eigene Implementierung von Bussystemen. Doch Vorsicht, Linux ist kein Echtzeitbetriebssystem, d. h. es kann durchaus passieren, dass inmitten der eigenen Routine, die Zeichen von der seriellen Schnittstelle liest, das Betriebssystem plötzlich "etwas ganz wichtiges Anderes erledigen muss" und dann leider Zeichen verloren gehen. Das kann man durch direkte Treiberprogrammierung verhindern, die aber leider bei Linux nicht weniger komplex als in einem Windows-System ist. Zum Glück gibt es bereits fertige Treiber für die wichtigsten Schnittstellen. Den Raspberry Pi gibt es mittlerweile in verschiedenen Varianten. Ich verwende in diesem Buch hauptsächlich den Raspberry Pi 2, Model B. Er funktioniert im Prinzip genau wie der ältere Raspberry Pi B+, jedoch wurden der Arbeitsspeicher und die USB-Schnittstellen verdoppelt. Außerdem ist – sehr wichtig für unsere Anwendungen – der Prozessor ein Quadcore-Prozessor. D. h. statt bisher nur einer CPU stehen dem Raspberry Pi nun vier CPUs zur Verfügung. Das macht sich in der Geschwindigkeit aber auch in der Verfügbarkeit deutlich bemerkbar. Denn nun kann das Betriebssystem nebenbei Operationen ausführen, ohne unmittelbar die Ausführung unseres Codes zu beeinflussen. Mittelbar natürlich schon, weil die Ressourcen geteilt werden. Schnittstellen für SPI, I^2C und Seriell sind schon vorhanden.

[2] *https://www.raspbian.org/*

Raspberry A+B

		Pin			
	3,3V	1	2	5V	
I²C: SDA	GPIO 02	3	4	5V	
I²C: SCL	GPIO 03	5	6	GND	
GCLK	GPIO 04	7	8	GPIO 14	TX 0
	GND	9	10	GPIO 15	RX 0
GEN0	GPIO 17	11	12	GPIO 18	GEN1
GEN2	GPIO 27	13	14	GND	
GEN3	GPIO 22	15	16	GPIO 23	GEN4
	3,3V	17	18	GPIO 24	GEN5
SPI: MOSI	GPIO 10	19	20	GND	
SPI: MISO	GPIO 09	21	22	GPIO 25	GEN6
SPI: CLK	GPIO 11	23	24	GPIO 08	SPI: SS0
	GND	25	26	GPIO 07	SPI: SS1

Raspberry B+ & 2

		Pin			
	3,3V	1	2	5V	
I²C: SDA	GPIO 02	3	4	5V	
I²C: SCL	GPIO 03	5	6	GND	
GCLK	GPIO 04	7	8	GPIO 14	TX 0
	GND	9	10	GPIO 15	RX 0
GEN0	GPIO 17	11	12	GPIO 18	GEN1
GEN2	GPIO 27	13	14	GND	
GEN3	GPIO 22	15	16	GPIO 23	GEN4
	3,3V	17	18	GPIO 24	GEN5
SPI: MOSI	GPIO 10	19	20	GND	
SPI: MISO	GPIO 09	21	22	GPIO 25	GEN6
SPI: CLK	GPIO 11	23	24	GPIO 08	SPI: SS0
	GND	25	26	GPIO 07	SPI: SS1
I²C: ID EEPROM	ID_SD	27	28	ID_SC	I²C ID EEPROM
	GPIO 05	29	30	GND	
	GPIO 06	31	32	GPIO 12	
	GPIO 13	33	34	GND	
	GPIO 19	35	36	GPIO 16	
	GPIO 26	37	38	GPIO 20	
	GND	39	40	GPIO 21	

Tabelle 1.2: Belegung der GPIO-Pins

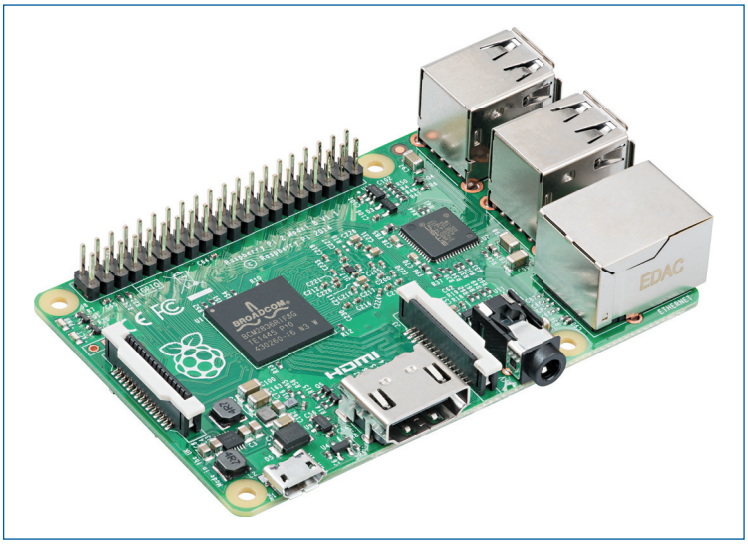
Für den Raspberry-Pi-Teil sind Kenntnisse der Grundlagen im Umgang mit dem Raspberry Pi und dem Betriebssystem Raspbian Voraussetzung, ebenso Grundkenntnisse der Sprache Python. In diesem Buch wird abgesehen von ein paar Terminalscripten hauptsächlich mit der Sprache Python gearbeitet.

Christian Immler, Hannah Bernauer

Raspberry Pi
Serverbuch

Der Raspberry Pi 2 – Was ist neu?

Im Sommer 2014 erschien der Raspberry Pi B+, eine erweiterte, neue Version der Platine, bei der die Entwickler auf die Wünsche der Anwender eingegangen sind und zwei zusätzliche USB-Ports, mehr GPIO-Pins sowie einen stabilen microSD-Kartensteckplatz eingebaut haben. Im November 2014 folgte das Modell A+ mit nur einem USB-Port, ohne Netzwerkanschluss und mit etwas vereinfachter Hardwareleistung. Es verfügt aber trotzdem über die erweiterte GPIO-Schnittstelle des Modells B+.



Der Raspberry Pi 2 Modell B.

Anfang des Jahres 2015 erschien dann das neue Modell Raspberry Pi 2 Modell B, auch als Raspberry Pi B2 bezeichnet, mit deutlich verbesserter Hardwareausstattung. Die neue Version verfügt über einen 900-MHz-Quad-Core-ARM-Cortex-A7-Prozessor und 1 GByte RAM. Die GPIO-Schnittstelle ist gegenüber den Modellen B+ und A+ unverändert.

Betriebssystem installieren

Die neuen Modelle Raspberry Pi B+, A+ und Pi 2 verwenden eine microSD-Speicherkarte statt einer Speicherkarte im Standard-SDcard-Format.

Seit der Version vom 31.01.2015 unterstützt das Raspbian-Betriebssystem den Raspberry Pi 2. Ältere Versionen können auf diesem Modell nicht verwendet werden.

Minecraft

Auf aktuellen Raspbian-Versionen braucht Minecraft nicht mehr nachinstalliert zu werden. Das Spiel ist im Startmenü unter **Spiele** vorinstalliert.

CalDAV-Sync

Im Kapitel »Wandkalender« ist ein falscher QR-Code für die App **CalDAV-Sync** abgedruckt, die außerdem inzwischen den Betastatus abgeschlossen hat. Hier ist der richtige QR-Code für die fertige Version der App.

Raspbian Minimal für WLAN-Zugangspunkt

Das im Kapitel »Das Tor zur Welt« erwähnte Betriebssystem Raspbian Minimal unterstützt den Raspberry Pi 2 leider nicht.

arkOS

Die aktuelle stabile Version von arkOS unterstützt den Raspberry Pi 2 noch nicht. Der Hersteller bietet aber bereits eine Betaversion der kommenden Version 0.7 zum Download an: **bbs.arkos.io/t/arkos-0-7-beta-test-images/1692**.

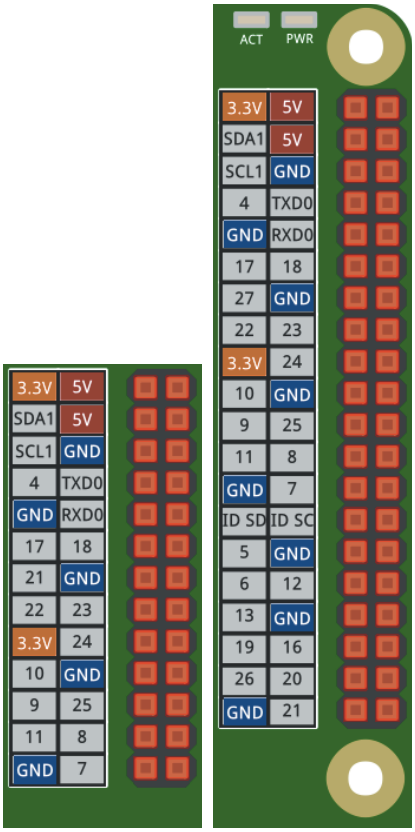
Beachten Sie, dass es für den Raspberry Pi 2 und ältere Modelle unterschiedliche Downloads gibt.

Die GPIO-Schnittstelle

Die GPIO-Schnittstelle der neuen Raspberry Pi-Modelle bietet 40 statt 26 Pins, wobei die ersten 26 Pins weitgehend denen der älteren Raspberry Pi-Modelle entsprechen. Nur der ehemalige Pin 21 wurde in 27 umbenannt. Pin 21 ist jetzt ganz unten bzw. in der Abbildung rechts.

Aus Kompatibilitätsgründen heißt Pin 21 auf den neu produzierten Raspberry Pi-Modellen B und A jetzt auch Pin 27.

Die Programme zur Statusanzeige auf dem LCD-Display verwenden diesen Pin nicht, sie laufen unverändert auch auf den aktuellen Raspberry Pi-Modellen.



GPIO-Schnittstellen am Raspberry Pi B und A – ältere Platinen (links) sowie B+, A+ und B2 (rechts).

Vorwort des Verlags

Raspberry PI B+

Kurz vor Ende des Buchprojektes wurde der Raspberry Pi B+ veröffentlicht. Das Buch ist noch auf Basis des Raspberry Pi B geschrieben. Aber alle Projekte wurden nochmals auf dem Raspberry Pi B+ erfolgreich getestet. Auf Fotos ist teilweise noch der Raspberry Pi B zu sehen.

Wie funktioniert das Buch?

Nach dem Grundlagenkapitel auf Seite 8 bis 55 folgen die 25 Server. Jeder Server startet mit einer Überblicksseite. Im Kasten auf der rechten Seite werden alle wichtigen Informationen zusammengefasst, etwa, wie lange die Installation dauert und in wie vielen Schritten sie durchgeführt werden kann. Der Schwierigkeitsgrad wird in Himbeeren (1-5) angegeben. Über Symbole werden Voraussetzungen spezifiziert:

SYMBOL SD-KARTE, CLASS 10	Gibt an, welche Art von SD-Karte benötigt wird, z. B. SD-Karte des Typs CLASS 10.
SYMBOL USB	Angabe, ob eine externe Festplatte oder ein USB-Stick benötigt wird.
SYMBOL X	Angabe, ob ein X-Server zur Bedienung benötigt wird.
SYMBOL D	Angabe, ob ein Programm zur Anzeige des Serverstatus auf einem LC-Display zur Verfügung steht.

Sollte für die Konfiguration Vorwissen vorausgesetzt werden, wird auf die jeweilige Seite verwiesen. Notwendige Software wird aufgeführt. Zu jedem Server stellen wir Links und Zusatzmaterial online bereit. Über den **WWW-CODE** finden Sie die Informationen direkt auf der Webseite **www.makers-choice.de**.

Zusatzmaterial

Zum vorliegenden Buch existiert einiges an kostenlosem Zusatzmaterial auf **www.buch.cd**, wie z. B. PDF-Dokumente mit weiterem Basiswissen.

23

Hannahs 25 RASPBERRY PI SERVER

Grundlagenkapitel
Seite 8 bis 55

01 SFTP-Server ... 56
02 X-Server und X11-Forwarding ... 64
03 VNC-Server ... 70
04 Samba-Server (NAS) ... 78
05 Webserver (lighttpd) ... 88
06 Fotoserver ... 96
07 Wiki-Server (LionWiki) ... 106
08 Cloudserver (ownCloud) ... 112
09 E-Mail-Server ... 124
10 Printserver ... 136
11 WebDAV-Server (BarracudaDrive) ... 146
12 Webcam-Server ... 158
13 Download-Server (pyLoad) ... 168
14 Minecraft-Spieleserver ... 176
15 Freeciv-Spieleserver ... 182
16 DLNA-Server ... 188
17 Spielestreamingserver (Limelight Pi) ... 194
18 Chat-Server (IRC) ... 198
19 Kalender- und Kontaktserver (CalDav/CardDav) ... 206
20 WLAN-Zugangspunkt (Pi-Point) ... 212
21 Firewall ... 224
22 Backupserver (rsync) ... 230
23 Hausautomationsserver (FHEM) ... 236
24 PC-Fernsteuerungsserver (Synergy) ... 242
25 arkOS ... 250

Hannahs 25 Rezepte

01 Himbeer-Baiser ... 63
02 Bratäpfel mit Himbeersoße ... 69
03 Himbeer-Kokos-Ringe ... 77
04 Himbeer-Smoothie ... 87
05 Apfel-Himbeer-Grütze ... 95
06 Himbeer-Dressing ... 105
07 Himbeer-Hotsauce ... 111
08 Himbeer-Buttermilch ... 123
09 Himbeertraum ... 135
10 Feldsalat mit Himbeeren ... 145
11 Himbeeren mit Honig ... 157
12 Himbeer-Turm ... 167
13 Himbeerquark ... 175
14 Himbeer-Limes ... 181
15 Himbeerschaum ... 187
16 Himbeer-Punsch ... 193
17 Himbeer-Balsamico-Essig ... 196
18 Himbeer-Joghurt-Eis ... 205
19 Himbeermarmelade ... 211
20 Himbeer-Milchmix ... 223
21 Himbeer-Müsli ... 229
22 Himbeeren mit Sahne ... 235
23 Himbeer-Cappuccino ... 241
24 Himbeergratin ... 249
25 Himbeermuffins ... 255

BAUSTEINE

Zutaten

Aufgrund der geringen Stromaufnahme eignet sich der Raspberry Pi hervorragend als Server. Bevor Sie nun einen der 25 Server umsetzen, werden in diesem Kapitel die notwendigen Grundlagen erläutert.
Besonders wichtig ist das Unterkapitel zur IP-Adresse ab Seite 20. Damit ist Ihr Server auch im Internet erreichbar.

Raspberry Pi als Server nutzen 10
Verzeichnisstruktur von Linux 18
Server im Internet erreichbar machen 20
Steuerung per SSH 27
Externe Festplatte oder USB-Stick verwenden 43

Himbeerkuchen

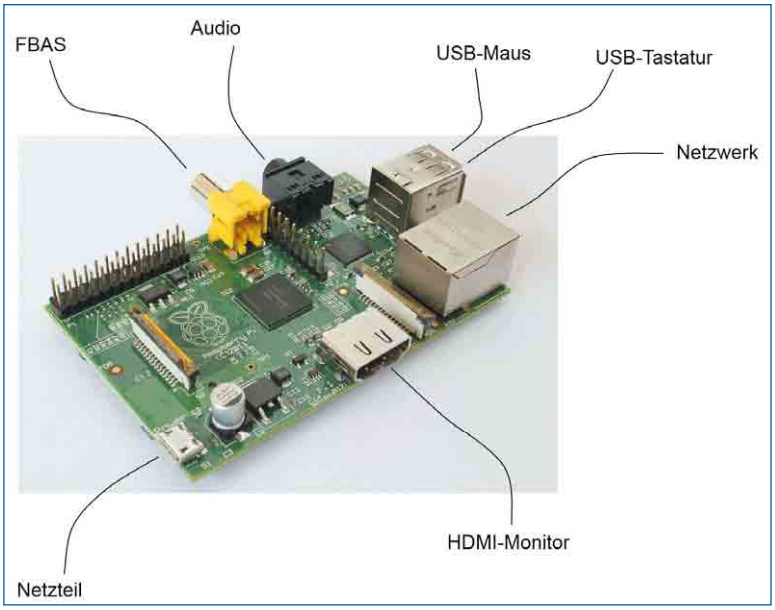
»Raspberry« ist das englische Wort für Himbeere. Schon früher wurden Computer nach Früchten benannt, wie z. B. Apple, Apricot und Blackberry. »Pi« steht für Python Interpreter, die wichtigste Programmiersprache auf dem Raspberry Pi. Zusammen ergibt sich ein Name, der mit dem englischen Wort für Himbeerkuchen, »Raspberry Pie«, phonetisch identisch ist.

Raspberry Pi als Server nutzen

Der Minicomputer Raspberry Pi ist, auch wenn es auf den ersten Blick gar nicht so aussieht, ein vollwertiger Computer – und vor allem gibt es ihn zu einem sehr günstigen Preis. Das gilt nicht nur für die Hardware, sondern auch für die Software. Das Betriebssystem und alle im Alltag notwendigen Anwendungen werden kostenlos zum Download angeboten.

Der Raspberry Pi ist vor allem in der Maker-, Löter- und Bastlerszene sehr beliebt, kann aber auch – da er ja eigentlich ein PC ist – als sehr stromsparender Server verwendet werden. Im Alltagsbetrieb braucht man dafür nicht einmal Monitor und Tastatur anzuschließen. Die Bedienung des Servers kann von jedem anderen PC im Netz oder von einem Tablet per WLAN erfolgen.

Natürlich könnte man auch einen ausgedienten PC als Server einrichten und ihn im eigenen Netzwerk nutzen. Die Leistung würde völlig ausreichen, allerdings haben diese Oldtimer im Alltagsbetrieb zwei Nachteile: sie machen Lärm und sie verbrauchen Strom. Ein Server soll schließlich 365 Tage im Jahr 24 Stunden erreichbar sein. Der Kleinstcomputer Raspberry Pi hält mit den Leistungsdaten eines leicht in die Jahre gekommenen PCs bequem mit, läuft absolut lautlos ohne Festplatte oder Lüfter, hat etwa die Größe eines Päckchens Spielkarten und begnügt sich zur Stromversorgung mit einem Handyladegerät – er ist also die ideale Lösung für einen kleinen Server zuhause.



Der Raspberry Pi und seine Hardwareanschlüsse

Was braucht man?

Um den Raspberry Pi als Server zu nutzen, benötigt man keinen Bildschirm und keine grafische Oberfläche. Weil der Raspberry Pi jedoch nur als Platine geliefert wird, braucht man wie bei einem »normalen« PC noch einiges an Zubehör, nämlich ein Betriebssystem sowie Stromversorgung und ein Netzwerkkabel.

Micro-USB-Handyladegerät

Für den Raspberry Pi reicht jedes moderne Handynetzteil. Ältere Ladegeräte aus den Anfangszeiten der USB-Ladetechnik sind noch zu schwach. Schließt man leistungshungrige USB-Geräte wie externe Festplatten ohne eigene Stromversorgung an, ist ein stärkeres Netzteil erforderlich. Das Netzteil muss 5 V und typischerweise 700 – 1000 mA liefern. Falls ein Gerät am USB-Anschluss hängt, sind mehr als 1000 mA nötig.

Speicherkarte

Die Speicherkarte dient sozusagen als Festplatte. Sie enthält das Betriebssystem. Eigene Daten und installierte Programme werden ebenfalls darauf gespeichert. Die Speicherkarte sollte mindestens 4 GB groß sein und laut Herstellerangaben des Raspberry Pi mindestens den Class-4-Standard unterstützen. Eine aktuelle Class-10-Speicherkarte macht sich in der Performance deutlich bemerkbar: Dieser Standard gibt die Geschwindigkeit der Speicherkarte an.

Tastatur und Maus

Tastatur und Maus mit USB-Anschluss werden nur benötigt, wenn man auf dem Raspberry Pi ein Betriebssystem mit grafischer Benutzeroberfläche verwendet, was im Serverbetrieb meist nicht notwendig ist.

Netzwerkkabel

Zur Verbindung mit dem Router im lokalen Netzwerk wird ein Netzwerkkabel benötigt. Zur Ersteinrichtung ist dies auf jeden Fall erforderlich, später kann man auch WLAN nutzen.

So äußert sich ein zu schwaches Netzteil

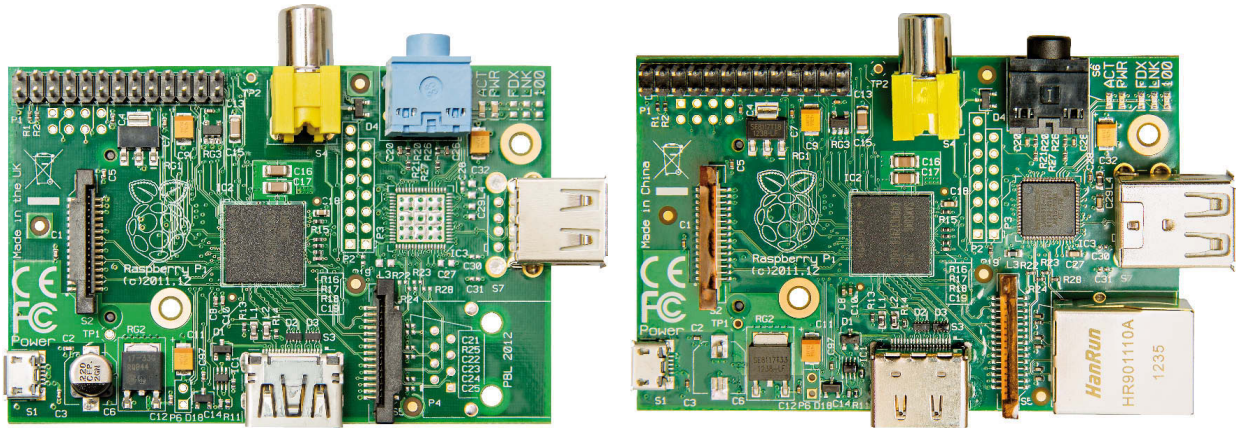
Wenn der Raspberry Pi zwar bootet, sich dann aber die Maus nicht bewegen lässt oder das System nicht auf Tastatureingaben reagiert, deutet dies auf eine zu schwache Stromversorgung hin. Auch wenn der Zugriff auf angeschlossene USB-Sticks oder Festplatten nicht möglich ist, sollten Sie ein stärkeres Netzteil verwenden.

HDMI-Kabel

Der Raspberry Pi kann per HDMI-Kabel an Monitore oder Fernseher angeschlossen werden, was im Serverbetrieb nur dann nötig wird, wenn der SSH-Server, über den die Fernsteuerung läuft, ausfällt. Zum Anschluss an Computermonitore mit DVI-Anschluss gibt es spezielle HDMI-Kabel oder Adapter. HDMI-Kabel sind im Elektronikhandel zu Preisen erhältlich, die fast dem Preis des Raspberry Pi selbst entsprechen. Bei Onlineversendern (z. B. **amzn.to/VGv05j**) bekommt man sie einschließlich Versand für wenige Euro. Unterschied: außer dem Preis – keiner.

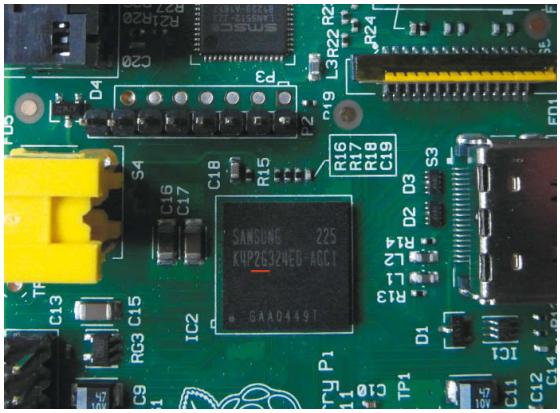
Modell A oder B?

Die Entwickler haben den Raspberry Pi in zwei Versionen erschaffen. In diesem Buch und auch sonst fast überall, wenn man vom Raspberry Pi spricht, geht es um das Modell B. Das Modell A hat keinen Netzwerkanschluss und ist daher als Server nur bedingt geeignet. Am USB-Anschluss lässt sich aber ein WLAN-Stick oder ein Ethernet-Adapter anschließen.



Links: Modell A – rechts: Modell B

Die allerersten Geräte des Modells B wurden allerdings nur mit 256 MB RAM ausgeliefert. Wie viel Speicher ein Raspberry Pi hat, ist, auch ohne ihn einzuschalten, an einem Aufdruck auf der CPU, dem quadratischen Chip in der Mitte, zu erkennen.



Achten Sie auf die Zahl **2G** oder **4G** in der Chipbezeichnung.

Bezeichnung	Arbeitsspeicher
2G	2 GBit / 8 = 256 MB
4G	4 GBit / 8 = 512 MB

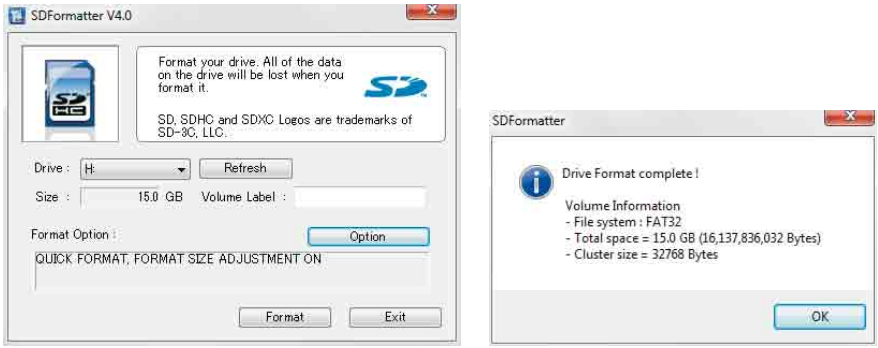
Betriebssystem für Serverbetrieb installieren

Der Raspberry Pi wird ohne Betriebssystem ausgeliefert. Im Gegensatz zu PCs, die fast alle Windows verwenden, laufen die meisten Server auf der Welt mit Linux. Da Linux ein völlig offenes System ist, an dem jeder beliebig basteln kann, sind mittlerweile Hunderte Linux-Varianten verfügbar, fast alle kostenlos und ein paar davon sogar speziell für den Raspberry Pi angepasst.

Raspbian heißt die Linux-Distribution, die vom Hersteller des Raspberry Pi empfohlen und unterstützt wird. Raspbian basiert auf Debian-Linux, einer der bekanntesten Linux-Distributionen, auf der unter anderem auch die populären Linux-Varianten Ubuntu und Knoppix basieren. Wir verwenden für die meisten Beispiele in diesem Buch die aktuelle Raspbian-Version »Debian Wheezy« (**www.raspberrypi.org/downloads**).

Was bei PCs die Festplatte ist, ist beim Raspberry Pi eine Speicherkarte. Auf dieser befinden sich das Betriebssystem und die Daten und von dieser bootet der Raspberry Pi auch. Raspbian ist fast 2 GB groß, es empfiehlt sich also eine 4 GB große Speicherkarte, damit auch noch Platz für Programme und eigene Dateien bleibt. Da der Raspberry Pi selbst noch nicht booten kann, bereiten wir die Speicherkarte auf dem PC im Kartenleser vor.

Verwenden Sie am besten fabrikneue Speicherkarten, da diese vom Hersteller bereits optimal vorformatiert sind. Sie können aber auch eine Speicherkarte verwenden, die vorher bereits in einer Digitalkamera oder einem anderen Gerät genutzt wurde. Diese Speicherkarten sollten vor der Verwendung für den Raspberry Pi neu formatiert werden. Theoretisch können Sie dazu die Formatierungsfunktionen von Windows verwenden. Deutlich besser ist die Software »SDFormatter« der SD Association. Damit werden die Speicherkarten für optimale Performance formatiert. Dieses Tool können Sie sich bei **www.sdcard.org/downloads/formatter_4** kostenlos herunterladen.



Das SDFormatter-Tool unter Windows in Aktion

Speicherkarte wird gelöscht

Am besten verwenden Sie eine leere Speicherkarte für die Installation des Raspbian-Betriebssystems. Sollten sich auf der Speicherkarte Daten befinden, werden diese durch die Neuformatierung unwiderruflich gelöscht.

Sollte die Speicherkarte Partitionen aus einer früheren Betriebssysteminstallation für den Raspberry Pi enthalten, wird im SDFormatter nicht die vollständige Größe angezeigt. Schalten Sie in diesem Fall die Formatierungsoption **Format Size Adjustment** ein. Damit wird die Partitionierung der Speicherkarte neu angelegt.

Der Software-Installer NOOBS

»New Out Of Box Software« (NOOBS) ist ein Installer für Raspberry-Pi-Betriebssysteme. Hier braucht sich der Benutzer nicht mehr wie früher selbst mit Imagetools und Bootblöcken auseinanderzusetzen, um eine bootfähige Speicherkarte einzurichten.

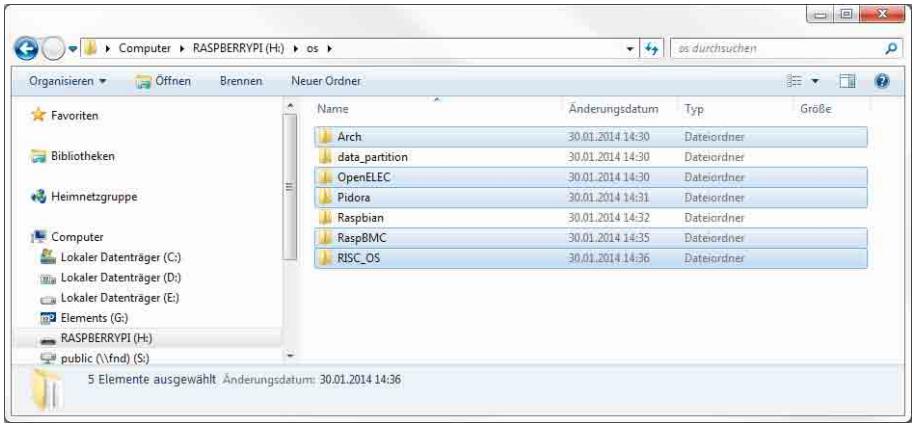
1

Laden Sie sich das etwa 1,3 GB große Installationsarchiv für NOOBS auf der offiziellen Downloadseite **www.raspberrypi.org/downloads** herunter und entpacken Sie es am PC auf eine mindestens 4 GB große Speicherkarte. Für die Beispiele im Buch verwenden wir die NOOBS-Version 1.3.4 vom Januar 2014.

Funktioniert nur mit Monitor, Maus und Tastatur

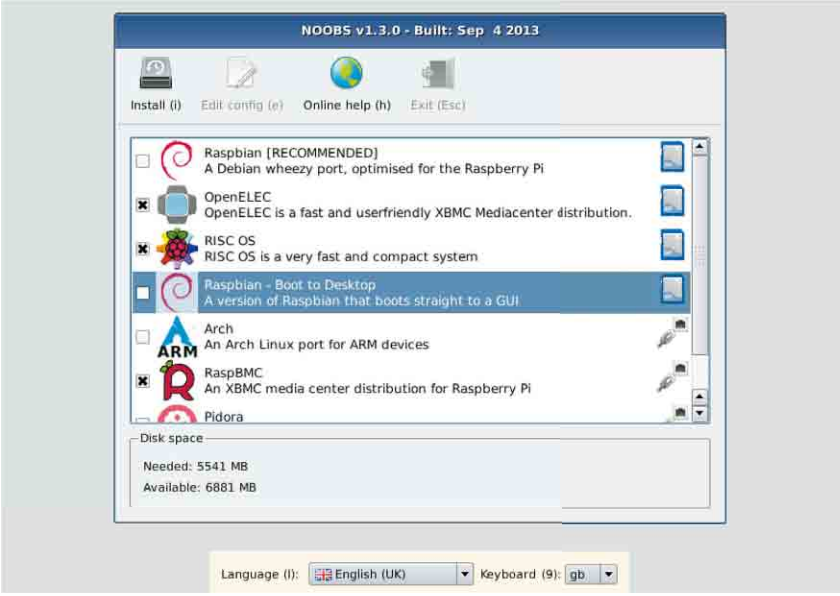
Die Erstinstallation eines Raspberry Pi mit NOOBS funktioniert nur, wenn am Raspberry Pi Monitor, Maus und Tastatur angeschlossen sind. Weiter unten unter der Überschrift SSH-Server finden Sie eine Methode, das Raspbian-Betriebssystem aus der Ferne zu installieren, ohne dass am Raspberry Pi selbst Monitor, Maus und Tastatur angeschlossen sein müssen.
NOOBS bietet verschiedene Betriebssysteme zur Auswahl, wobei man beim ersten Start direkt auf dem Raspberry Pi das gewünschte Betriebssystem auswählen kann, das dann bootfähig auf der Speicherkarte installiert wird. Ab Version 1.3.0 bietet NOOBS sogar die Möglichkeit, mehrere Betriebssysteme auf einer Speicherkarte zu installieren und jedes Mal beim Start das gewünschte Betriebssystem auszuwählen.

2 NOOBS legt Imagedateien aller verfügbaren Betriebssysteme auf der Speicherkarte ab, was wertvollen Speicherplatz belegt. Nutzen Sie einen Raspberry Pi als Server, werden Sie außer Raspbian kein Betriebssystem brauchen. Löschen Sie, nachdem Sie NOOBS komplett auf die Speicherkarte entpackt haben, dort im Verzeichnis **os** alle Unterverzeichnisse außer **data_partition** und **Raspbian**.



Die markierten Verzeichnisse können auf der Speicherkarte gelöscht werden.

3 Starten Sie jetzt den Raspberry Pi mit dieser Speicherkarte. Nach kurzer Zeit erscheint ein Auswahlmenü, in dem Sie das gewünschte Betriebssystem wählen können. Neben Raspbian enthält NOOBS noch ein rein kommandozeilenbasiertes, sehr schnelles Linux (**Archlinux**) und zwei verschiedene Varianten des Mediacenters XBMC, **OpenELEC** und **RaspBMC**. **Pidora** ist ein auf Fedora Linux basierendes Linux-Betriebssystem. **RiscOS** ist ein speziell für den ARM-Prozessor entwickeltes, eigenständiges Betriebssystem mit grafischer Oberfläche, das mit Linux nichts zu tun hat.



Der Auswahlbildschirm zur Betriebssysteminstallation

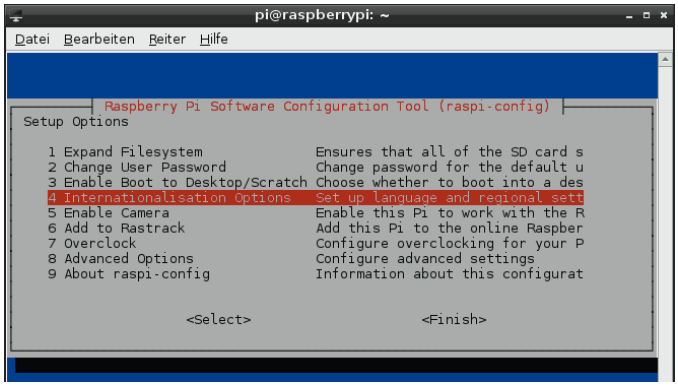
4 Wählen Sie ganz unten Deutsch als Installationssprache aus, damit auch die deutschen Einstellungen auf dem Raspberry Pi korrekt vorgenommen werden, und klicken Sie auf das vorausgewählte **Raspbian [RECOMMEND]**-Betriebssystem und dann auf **Install**. Nach Bestätigung einer Sicherheitsmeldung, dass die Speicherkarte überschrieben wird, startet die Installation, die einige Minuten dauert. Während der Installation werden kurze Informationen zu Raspbian angezeigt.

5 Nach abgeschlossener Installation bootet der Raspberry Pi neu und startet automatisch das Konfigurationstool **`raspi-config`**.

Die Konfiguration beim ersten Start

Der Raspberry Pi bootet und zeigt dabei auf einem schwarzen Bildschirm diverse Linux-Kommandos, die schnell durchrauschen.

Am Ende erscheint automatisch ein Konfigurationstool, mit dem sich ein paar wichtige Grundeinstellungen vornehmen lassen. Dieses Tool kann nicht mit der Maus bedient werden. Verwenden Sie die Pfeiltasten und die Enter-Taste der Tastatur. Die Bestätigungsschaltflächen **Select** bzw. **Ok** und **Abbrechen** erreicht man mit der Tab-Taste. Einige Veränderungen dauern einige Sekunden, in denen ein schwarzer Linux-Bildschirm angezeigt wird. An manchen Stellen steht extra noch dabei **this might take a while**. Also nicht wundern!



Das Konfigurationstool raspi-config.

Haben Sie Raspbian über den NOOBS-Installer installiert, brauchen Sie hier nur noch zwei Einstellungen vorzunehmen, der Rest ist bereits richtig konfiguriert.

1

Wichtig ist es, die Zeitzone einzustellen, da der Raspberry Pi keine eigene interne Uhr hat, sondern seine Zeiteinstellung aus dem Internet von einem Zeitserver holt. Die Einstellung finden Sie unter **Internationalization Options** und dann **Change Timezone**. Wählen Sie hier **Europa** und dann **Berlin** aus, damit der Raspberry Pi die richtige Zeit verwendet.

Geografisches Gebiet für die Zeitzone auswählen

2

Wählen Sie unter **Enable Boot to Desktop/Scratch** die Option **Desktop Log in as user 'pi' at the graphical desktop**, damit der Raspberry Pi direkt die grafische Oberfläche bootet. Im reinen Serverbetrieb reicht die Textkonsole aus, wenn Sie den Raspberry Pi nur ohne Monitor betreiben. Sie haben dann aber keine Möglichkeit, den grafischen Desktop von Raspbian zu nutzen.

3

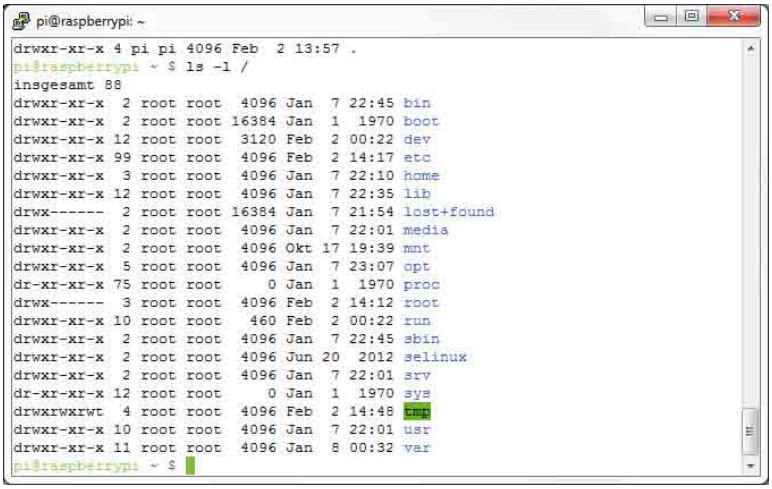
Nachdem Sie diese Grundkonfiguration vorgenommen haben, springen Sie mit der Tab-Taste unten auf **Finish** und beantworten danach die Frage nach einem Neustart mit **Ja**.

Unterschiede zu Windows

Für die Arbeit mit Dateien und Verzeichnissen sollte man ein paar wichtige Unterschiede zwischen Linux und Windows kennen:
Windows verwendet zur Kennzeichnung von Dateitypen die entsprechende Dateiendung, die klassischerweise aus drei Zeichen besteht und durch einen Punkt vom eigentlichen Dateinamen getrennt ist. Bei Linux kann jeder beliebige Name für eine Datei verwendet werden. Es gibt keinen Unterschied zwischen Dateinamen und Dateiendung. Die Namen können auch mehrere Punkte enthalten, allerdings keine Leerzeichen. Diese sollte man auch in Windows besser nicht verwenden, da sie zwar erlaubt sind, aber nicht mit allen Befehlen funktionieren. Die Dateinamen sollten aussagekräftig sein, aber bei 128 Stellen ist Schluss.
Im Gegensatz zu Windows unterscheidet Linux bei Dateinamen zwischen Groß- und Kleinschreibung.
Linux kennt das Backslash-Zeichen `\` nicht. Zur Angabe von Verzeichnissen wird immer der normale Schrägstrich `/` verwendet.

Verzeichnisstruktur von Linux

Linux verwendet nicht wie Windows für jedes Laufwerk seine eigene Verzeichnisstruktur, sondern eine globale, laufwerkübergreifende Struktur. Dabei sind einige Verzeichnisnamen fest vorgegeben. Die Inhalte der Verzeichnisse außerhalb des Home-Verzeichnisses **`/home/pi`** sollte man auch nur ändern, wenn man sehr umfassendes Wissen über die einzelnen Linux-Systemdateien besitzt. Die meisten systemkritischen Dateien sind für den normalen Benutzer vor Veränderung gesperrt.



Das Kommando ls -l / zeigt die Verzeichnisstruktur unterhalb des Hauptverzeichnisses.

Linux als offenes System bietet jedem Entwickler freie Möglichkeiten, Verzeichnisse für eigene Programme und Daten anzulegen. Um bei der Vielfalt an Beteiligten eine gemeinsame Basis zu schaffen, wurde der **Filesystem Hierarchy Standard** entwickelt. Diese Verzeichnisstruktur ist auf den oberen Ebenen in allen Unix-Systemen gleich. Die Free Standards Group (**`www.freestandards.org`**) veröffentlicht auf der Webseite **`www.pathname.com/fhs`** den aktuellen **Filesystem Hierarchy Standard**. Eine deutsche Übersetzung finden Sie unter **`bit.ly/ZhgOV7`**.

Die Tabelle zeigt eine Übersicht über die wichtigsten Verzeichnisse unterhalb des Hauptverzeichnisses.

Verzeichnis	Inhalt
/	Unter dem Wurzelverzeichnis sind alle anderen Verzeichnisse angeordnet. Dies bezieht sich hier nicht auf ein Laufwerk, sondern auf die gesamte Verzeichnisstruktur.
/bin	Wichtige, immer verfügbare Programme wie zum Beispiel die Linux-Shells und die Shell-Kommandos.
/boot	Der Linux-Kernel **vmlinuz** und Konfigurationsdateien, die zum Booten benötigt werden.
/dev	Abkürzung für Devices, sogenannte Gerätedateien. Hier werden für alle Geräte virtuelle Dateien angelegt, über die auf die Geräte zugegriffen werden kann.
/etc	Konfigurationsdateien für das System oder einzelne Programme
/home	Unterhalb dieses Verzeichnisses besitzt jeder Benutzer sein Home-Verzeichnis. In einer Raspbian-Installation ist neben dem Superuser **root** nur ein Standardbenutzer **pi** vorhanden. Sofern keine speziellen Zugriffsrechte vergeben wurden, kann ein Benutzer die Verzeichnisse der anderen Benutzer nicht sehen. Der Benutzer **root** hat sein Home-Verzeichnis direkt unter dem Hauptverzeichnis und nicht unter **/home**.
/lib	Funktionsbibliotheken des Betriebssystems. In diesem Verzeichnis sollten Sie auf keinen Fall irgendetwas verändern.
/lost+found	Auf dieses Verzeichnis hat nur das System selbst Zugriff. Hier werden Dateien abgelegt, die bei einem Programmabsturz oder bei Hardwarefehlern entstehen und keinem anderen Verzeichnis mehr zugeordnet werden können.
/media	In Unterverzeichnissen dieses Verzeichnisses werden externe Festplatten, Speicherkarten, CD-ROM-Laufwerke und USB-Sticks gemountet.
/mnt	Hier kann man andere Dateisysteme in die Verzeichnisstruktur mounten.
/opt	Optionale Software; in diesem Verzeichnis werden vor allem große Programmpakete installiert.
/proc	Jedes laufende Programm erhält hier automatisch ein Unterverzeichnis mit Dateien, die genaue Informationen zum jeweiligen Prozess geben. Dieses Verzeichnis ist als Schnittstelle zum Kernel gedacht, sodass Programme auf Systemfunktionen und Funktionen anderer Programme zugreifen können.
/root	Das Home-Verzeichnis des Benutzers **root**. Es liegt traditionell im Hauptverzeichnis, damit der Administrator auch dann auf seine Dateien zugreifen kann, wenn durch einen Fehler der Zugriff auf andere Partitionen nicht mehr möglich ist. Als Standardanwender **pi** sehen Sie natürlich nur ein leeres Verzeichnis.
/run	Enthält Informationen über das System seit seinem Start
/sbin	Wichtige Systemprogramme, auf die nur der Administrator **root** Zugriff besitzt.
/selinux	Verzeichnis für die Kernel-Erweiterung **Security Enhanced Linux**. Dieses Verzeichnis ist auf dem Raspberry Pi zwar vorhanden, wird aber standardmäßig nicht genutzt.
/srv	Spezielle Dateien laufender Dienste
/sys	Virtuelles Verzeichnis für Systeminformationen
/tmp	Das Temporärverzeichnis zur Ablage temporärer Dateien und zum Datenaustausch zwischen Benutzern. Auf dieses Verzeichnis hat jeder jederzeit Zugriff.
/usr	In diesem Verzeichnis liegen die Unterverzeichnisse für die installierten Programme. Da dieses Verzeichnis üblicherweise mit Abstand das größte auf einem System ist, ist eine detaillierte Unterteilung nötig. Linux verwendet hier diverse Unterverzeichnisse, in die die einzelnen Programme, Bibliotheken und Systemkommandos eingeordnet sind.
/var	Abkürzung für variabel, ein Verzeichnis für Dateien, die sich ständig ändern. Hier liegen in verschiedenen Unterverzeichnissen zum Beispiel der Browsercache und der Druckerspooler.

Christian Immler

Raspberry Pi
Mach´s einfach

Wie funktioniert das Buch?

Dieses Buch enthält 223 Lösungen, die im Umgang mit dem Minicomputer Raspberry Pi unabdingbar sind. Der Übersicht halber sind die Lösungen in verschiedene Themenbereiche aufgeteilt, die mit Farben gekennzeichnet sind:

Betriebssystem:	rot
Praxiseinsatz:	orange
Hardware:	violett
Server:	grün
Programmierung:	gelbgrün
Elektronik:	blau

Die einzelnen Lösungen in den Kategorien stehen für sich; sollten sie auf eine andere Lösung im Buch aufbauen, ist das vermerkt.

Zusatzmaterial:

Alle Code-Beispiele finden Sie gratis zum Download unter ***www.buch.cd***.

1 Betriebssystem

1 Betriebssystem mit NOOBS installieren 10
2 Raspbian installieren 10
3 Warnsymbole auf dem Bildschirm 11
4 Pixeloberfläche auf Deutsch umstellen 12
5 Wichtige Unterschiede gegenüber Windows bei Dateinamen und Verzeichnissen 13
6 Speicherkarte komplett sichern 13
7 Speicherkarte aus Image-Datei duplizieren 14
8 Speicherkarte ohne PC duplizieren 14
9 Betriebssysteme ohne NOOBS installieren 15
10 ChameleonPi – das Spiele-Linux 15
11 Spiele in ChameleonPi installieren 17

2 Praxis

12 Der Raspbian-Desktop 18
13 Der Dateimanager PCManFM 18
14 Wichtige Befehle auf der Linux-Kommandozeile 20
15 Der Superuser root 20
16 Dateimanager mit root-Rechten nutzen 21
17 Eigenes Hintergrundbild für den Desktop 22
18 Fan-Art als Hintergrundbild 23
19 Texteditoren für Konfigurationsdateien 24
20 Bildschirmschoner abschalten 28
21 Diaschau im Vollbildmodus 28
22 Fotos von PC oder Netzwerkfestplatte auf dem Raspberry Pi anzeigen 29
23 Desktopverknüpfungen für Programme aus dem Startmenü anlegen 30
24 Die wichtigsten Standardverzeichnisse in Linux 30
25 LXTerminal mit weißem Hintergrund 32
26 Zeit ohne Internetverbindung einstellen 32
27 Software als Linux-Paket installieren 33
28 Software über grafische Paketverwaltung installieren 33
29 Ziffernblock aktivieren 34
30 Freien Speicherplatz anzeigen 35
31 Speicherkarte aufräumen, wenn der Raspberry Pi nicht mehr bootet 35
32 Screenshots vom Raspbian-Desktop erstellen 37
33 LibreOffice auf Deutsch 38
34 Tipps zu LibreOffice 39
35 Schlanke Alternative: AbiWord 39
36 Einfache Bildbearbeitung mit Mirage 40
37 Wissenschaftlicher Taschenrechner 41
38 Drucker einrichten 41
39 Drucken aus einem Linux-Programm 42
40 Chrome-Browser – Sync mit PC/Smartphone 43
41 DNT (Do Not Track) – ein Politikum im Internet 44
42 Firefox mit dem PC synchronisieren 45
43 Werbe-Pop-ups in Firefox blockieren 45
44 Standardbrowser ändern 46
45 CloudMe auf dem Raspberry Pi nutzen 47
46 GMX-Mediacenter auf dem Raspberry Pi nutzen 47
47 E-Mail mit Claws Mail 48
48 Gmail in Claws Mail nutzen 50
49 E-Mail mit Thunderbird 52
50 OSMC-Mediacenter einrichten 52
51 Nur Ton, kein Bild – was nun? 54
52 Webradio in OSMC 54
53 YouTube und Mediatheken in OSMC nutzen 54
54 Fotos im OSMC-Mediacenter 55
55 Wetter im OSMC-Mediacenter 56
56 OSMC per WLAN nutzen 56
57 Fernbedienung des Fernsehers über HDMI-CEC nutzen 57
58 Smartphone als Fernbedienung für OSMC 57
59 OSMC im Browser auf einem anderen PC fernsteuern 58
60 ASCII-Art 59
61 Pi Presents für Präsentationen 60

62 Eigene Präsentationen mit Pi Presents erstellen 61
63 Minecraft 62
64 Spieleklassiker auf dem Raspberry Pi 64
65 Textadventures – interaktive Fiktion 64
66 Klassische Point-and-Click-Adventures 65
67 Python Games 66
68 Sinclair ZX Spectrum-Emulator 67
69 DOSbox – PC-DOS-Emulator 67
70 RetroPie – Sammlung von Emulatoren 68
71 Der GamepadBlock 69

3 Hardware

72 Die Anschlüsse des Raspberry Pi 3 70
73 Die Anschlüsse von Raspberry Pi Zero, Zero W und Zero WH 70
74 Was unterscheidet die verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle? 71
75 Netzteil anschließen 71
76 Audio einrichten 72
77 MP3 aus dem Dateimanager abspielen 72
78 WLAN einrichten 73
79 Mehr Leistung durch Speichertuning 74
80 Aktuelle Speicherauslastung anzeigen 74
81 Das Raspberry-Pi-Touchscreen-Display 75
82 Bildschirmtastatur für Touchscreen-Display 77
83 Raspberry-Pi-Kamera anschließen 78
84 Pi-NoIR-Kamera 79
85 Fotografieren mit der Raspberry-Pi-Kamera 79
86 Video mit der Raspberry-Pi-Kamera 80
87 Mit der Raspberry-Pi-Kamera aufgenommene Videos abspielen 81
88 TBOPlayer – grafische Oberfläche für den OMXPlayer 81
89 USB-Sticks mounten 82
90 Die Linux-Dateisysteme 84
91 Komfortable Festplatteneinrichtung mit GParted 84
92 Gehäuse für den Raspberry Pi bauen 86

4 Server

93 IP-Adresse und MAC-Adresse des Raspberry Pi anzeigen 88
94 Feste IP-Adresse über statisches DHCP vergeben 88
95 Feste IP-Adresse auf dem Raspberry Pi eintragen 89
96 MINIBIAN – schlankes Raspbian für Server 90
97 Vom PC über SSH auf dem Raspberry Pi anmelden 90
98 Daten per SSH vom PC auf den Raspberry Pi kopieren – und umgekehrt 91
99 Dateiübertragung mit dem Total Commander 92
100 Dateiverwaltung mit dem Midnight Commander 93
101 SSH-Client für Smartphones und Tablets 94
102 Grafische Anwendungen vom Raspberry Pi auf dem PC nutzen 94
103 Raspbian-Desktop per VNC auf den PC übertragen 95
104 VNC-Server beim Booten automatisch mit starten 97
105 Notebook als Tastatur und Monitor für Raspberry Pi nutzen 98

106 Wenn keine Möglichkeit besteht, den Raspberry Pi mit Bildschirm und Tastatur zu booten 99
107 VNC vom Tablet aus verbinden 100
108 Externe Festplatten für Serverbetrieb mounten 102
109 Webserver installieren 103
110 Webserver über No-IP ins Internet bringen 104
111 Portweiterleitung auf dem Router einrichten 105
112 LionWiki – eigene kleine Wissensdatenbank einrichten 105
113 Fotogalerie auf dem Webserver 108
114 Samba-Server installieren 110
115 Samba-Server im Windows-Netzwerk nutzen 112
116 CloudServer FuguHub einrichten 113
117 FuguHub im Netzwerk nutzen 115
118 FuguHub als Dateiserver im Windows-Netzwerk 116
119 FuguHub deinstallieren 117
120 DLNA-Streamingserver MiniDLNA einrichten 117
121 Medien auf Windows-PCs streamen 118
122 Medien auf Android-Smartphones oder Tablets streamen 119
123 MiniDLNA-Statusanzeige im Netzwerk 120
124 Freeciv-Spieleserver 120
125 Serverstatusanzeige htop 122
126 RasPi Check – Statusanzeige auf dem Smartphone 122
127 Raspcontrol 123
128 Raspberry Pi als WLAN-Zugangspunkt 125
129 WLAN-Zugangspunkt als Internetzugang nutzen 128

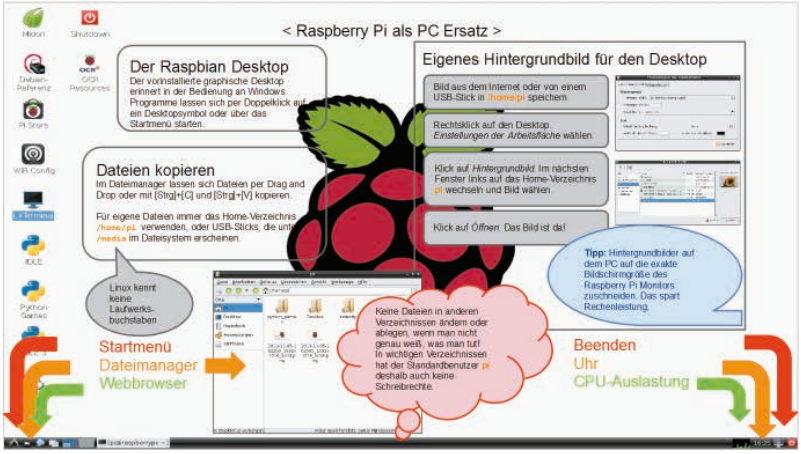
5 Programmierung

130 Python als Taschenrechner 130
131 Python-Programme nutzen 130
132 Python 2 oder 3? 131
133 Python-Programme über Kommandozeile starten 131
134 Python 2 – Ausgabe auf dem Bildschirm 131
135 Python 3 – Ausgabe auf dem Bildschirm 132
136 Python – Variablen vom Typ Number 132
137 Python – Variablen vom Typ String 133
138 Python – Eingabe durch den Benutzer 133
139 Python – Bedingungen mit if 133
140 Python – Bedingungen mit if – else 134
141 Python – Bedingungen mit if – elif – else 134
142 Python – Bedingungen mit and und or verknüpfen 135
143 Python – Schleifen mit for 135
144 Python – Schleifen mit while 136
145 Python – Funktionen ohne Parameter 136
146 Python – Funktionen mit Parametern 137
147 Python – Funktionen mit Rückgabewert 137
148 Boolesche Wahr- und Falsch-Werte 138
149 Einfaches Programmierbeispiel: Zahlen raten 138
150 Farbige Texte im Terminalfenster 139
151 Uhrzeiten in Python verarbeiten 141
152 Analoguhr mit PyGame programmieren 142
153 Zusätzliche Python-Pakete nachinstallieren 148
154 Raspberry-Pi-Kamera mit Python steuern 148
155 Raspberry-Pi-Kamera als Webcam 149
156 Thonny Python IDE 151
157 Programmieren in Scratch 152
158 Verbesserungen in Scratch 2 153
159 Scratch 2 auf Deutsch umschalten 154
160 Kultspiel Flappy Bird in Scratch 2 nachbauen 155
161 Programmieren in Java 159

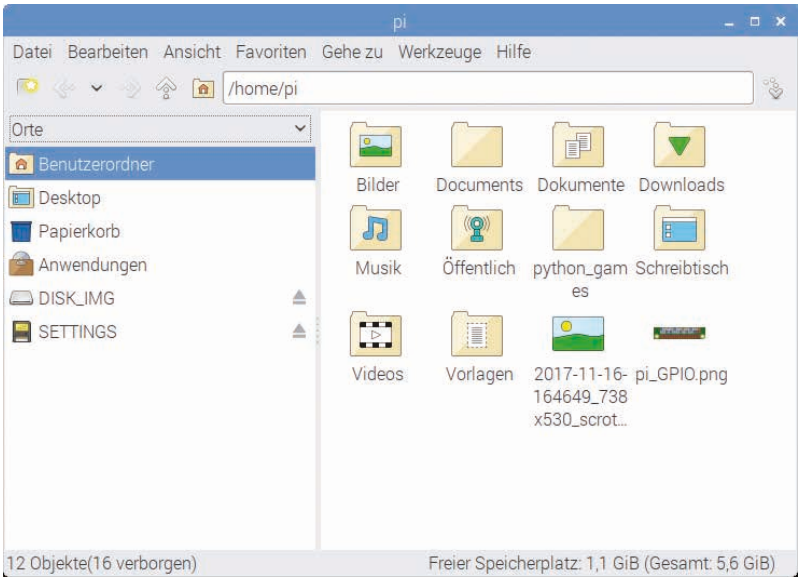
6 Elektronik

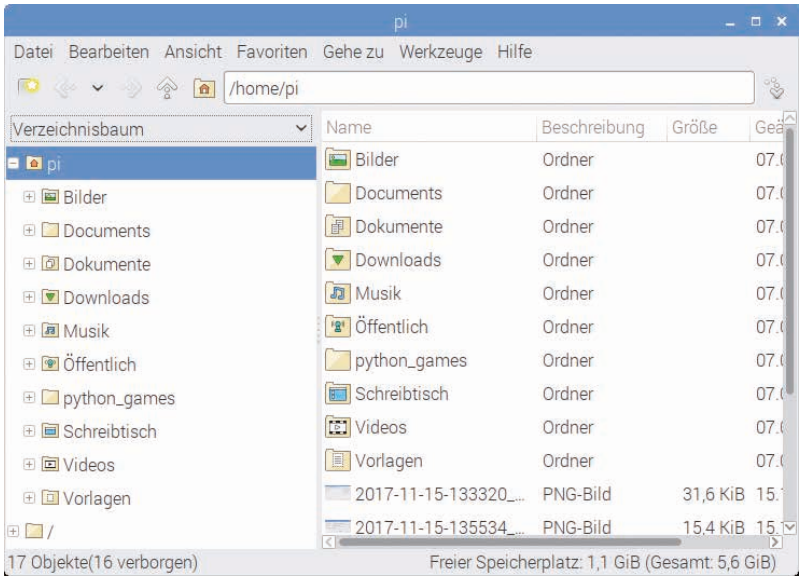
162 Elektronik über GPIO anschließen 161
163 Passende Anschlusskabel für GPIO-Pins 162
164 Elektronische Schaltungen ohne Löten aufbauen 162
165 LEDs an die GPIO-Ports anschließen 163
166 GPIO-Ports über Python ansteuern 163
167 LED-Lauflicht 165
168 PI-LITEr 166
169 Taster am GPIO-Anschluss 167
170 LED-Würfel 168
171 Fußgängerampel mit LEDs und Taster 170
172 IP-Adresse mit blinkender LED anzeigen .. 172
173 Python-Programme auf dem LXDE-Desktop automatisch starten 174
174 IP-Adresse auf LED-Streifen anzeigen 175
175 IP-Adresse auf PI-LITEr anzeigen 177
176 LEDs mit PWM dimmen 179
177 PWM mit Python 179
178 RGB-LEDs 181
179 RGB-LEDs in Python steuern 182
180 Farbverlauf auf RGB-LEDs 183
181 Töne mit Piezo-Summer erzeugen 185
182 Servos steuern 186
183 Sieben-Segment-Anzeige zur Darstellung von Ziffern 188
184 Sieben-Segment-Anzeige mit Python ansteuern 189
185 Kamera mit Selbstauslöser und GPIO-Taste 191
186 Mehrstellige Sieben-Segment-Anzeigen .. 194
187 Zeitmultiplex – der Trick mit dem Nachleuchten 195
188 Mehrstellige Sieben-Segment-Anzeige mit Python ansteuern 195
189 Uhr auf der Sieben-Segment-Anzeige 197
190 IP-Adresse auf der Sieben-Segment-Anzeige 199
191 LED-Punktmatrixanzeigen 202
192 LED-Punktmatrixanzeige mit Python ansteuern 204
193 Zeichensatz für LED-Punktmatrixanzeige 205
194 Zeichen auf LED-Punktmatrixanzeige ausgeben 209
195 Zeichenorientiertes LCD anschließen 211
196 Zeichenorientiertes LCD mit Python ansteuern 213
197 IP-Adresse und Uhr auf dem LCD 216
198 Vierzeiliges LCD ansteuern 218
199 Statusanzeige für Server oder USB-Sticks 219
200 LCD für Mediacenter 222
201 i2c-Geräte adressieren und finden 224
202 Der Portexpander MCP23017 225
203 Der Portexpander MCP23016 226
204 Lauflicht mit dem Portexpander (MCP23017) 226
205 CPU-Lastanzeige mit Portexpander (MCP23017) 229
206 Binäruhr mit Portexpander (MCP23017) 230
207 i2c-LCDs (MCP23017) anschließen 233
208 Der Portexpander PCF8574/PCF8574A 237
209 i2c-LCDs (PCF8574) ansteuern 238
210 i2c-Zusatzmodule für LCDs ansteuern 240
211 Sensorkontakte selbst bauen 242
212 Sensorkontakte mit Python nutzen 242
213 Gamepad mit Sensorkontakten für bekannte Spiele 244
214 Die GPIOzero-Bibliothek 246
215 PI-LITEr mit GPIOzero nutzen 247
216 GPIO mit Scratch 249
217 LED-Würfel mit Scratch 249
218 GPIO-Steuerung über Smartphones 250
219 Web-App mit Python und PHP 251
220 GPIO aus der Linux-Shell nutzen 253
221 Erweiterungsplatine SenseHAT 254
222 Der SenseHAT-Emulator 255
223 Arduino mit dem Raspberry Pi programmieren 256

12 Der Raspbian-Desktop



13 Der Dateimanager PCManFM





Raspbian bringt einen Dateimanager mit, der dem Windows-Explorer täuschend ähnlich sieht.

- Der Dateimanager wird über das Symbol in der Taskleiste neben dem Startmenü gestartet.
- Standardmäßig zeigt er nur das Home-Verzeichnis an. Unter Linux legt man alle eigenen Dateien ausschließlich unterhalb des eigenen Home-Verzeichnisses ab. Hier heißt es `/home/pi` nach dem Benutzernamen `pi`.
- Um mehr zu sehen, im Dateimanager oben links von ***Orte*** auf ***Verzeichnisbaum*** umschalten und dann im Menü unter ***Ansicht/Ordneransicht*** die Option ***Detailansicht*** wählen.
- Um wirklich alles zu sehen, im Menü ***Ansicht/Versteckte anzeigen*** einschalten.
- Dateien lassen sich mit der rechten Maustaste oder den Tastenkombinationen Strg+C und Strg+V kopieren. Auch Drag-and-drop zwischen zwei Dateimanagerfenstern funktioniert.
- Mit einem der letzten Updates wurde die Benutzeroberfläche des Dateimanagers anfängertauglich vereinfacht. Um alle Funktionen nutzen zu können, unter ***Bearbeiten/Einstellungen*** im Bereich ***Layout*** den Schalter ***Display simplified user interface and menus*** ausschalten.

14 Wichtige Befehle auf der Linux-Kommandozeile

Linux-Kommandos werden im Terminalfenster, direkt auf Terminalebene ohne grafische Oberfläche oder per SSH von einem anderen Computer im Netzwerk eingegeben.

`man [Befehlsname]`	Ausführliches Handbuch zu jedem Befehl.
`ls [OPTION]... [DATEI]...`	Listet Dateien in einem Verzeichnis auf.
`cd [Verzeichnisname]`	Wechselt in das angegebene Verzeichnis.
`pwd`	Zeigt aktuelles Verzeichnis an.
`cat [OPTION] [DATEIEN]...`	Zeigt den Inhalt von Dateien an.
`cp [OPTION]... QUELLE ZIEL`	Kopiert Dateien und Verzeichnisse.
`mv [OPTION]... QUELLE ZIEL`	Verschiebt Dateien und Verzeichnisse.
`rm [OPTION]... DATEI...`	Löscht Dateien und Verzeichnisse.
`mkdir [OPTION] VERZEICHNIS...`	Legt ein Verzeichnis an.
`rmdir [OPTION] VERZEICHNIS...`	Löscht ein leeres Verzeichnis.
`chmod [OPTION]... MODUS... DATEI...`	Ändert Datei- und Verzeichnisberechtigungen.
`chown [OPTION]... DATEI...`	Ändert den Eigentümer einer Datei.
`adduser [OPTION]... BENUTZER`	Fügt einen Benutzer hinzu.
`addgroup [OPTION]... BENUTZER... [GRUPPE]`	Fügt eine Benutzergruppe hinzu oder fügt einen Benutzer in eine Gruppe ein.

15 Der Superuser root

Der auf dem Raspberry Pi standardmäßig angemeldete Benutzer `pi` ist ein typischer eingeschränkter Linux-Benutzer. Für administrative Arbeiten am System werden Superuser-Rechte benötigt. Diese erhält man mithilfe eines vorangestellten `sudo` vor einem Linux-Kommando. Auf einem „großen“

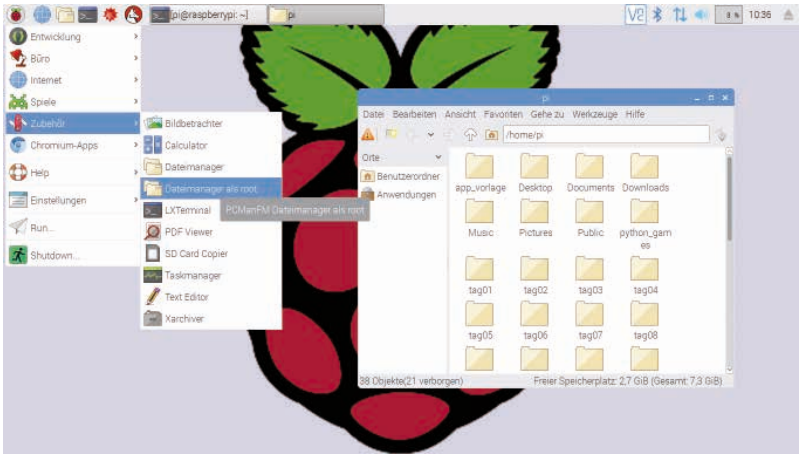
Linux-System muss dabei das `root`-Passwort eingegeben werden. Auf dem Raspberry Pi hat der Superuser `root` kein Passwort.

Vorsicht!

Der Benutzer `root` darf alles, auch das komplette System zerstören.

16 Dateimanager mit root-Rechten nutzen

Der Superuser `root` darf alle Dateien sehen, bearbeiten und auch löschen, auch mit dem Dateimanager.



1 Im Ordner `/home/pi/.local/share/applications` eine neue Datei `PCManFM_rootwindows.desktop` mit diesem Inhalt anlegen:

```
[Desktop Entry]
Type=Application
Icon=system-file-manager
Name[de]=Dateimanager als root
GenericName[de]=Dateimanager als root
Comment[de]=PCManFM Dateimanager als root
Categories=FileManager;Utility;Core;GTK;
Exec=gksudo pcmanfm %U
StartupNotify=true
Terminal=false
MimeType=inode/directory;
```

2 Im Startmenü erscheint unter ***Zubehör*** ein neuer Menüpunkt.

3 Der Root-Dateimanager zeigt oben links ein Warndreieck als Hinweis auf die Superuser-Rechte.

17 Eigenes Hintergrundbild für den Desktop

Anstelle des vorgegebenen Hintergrundbilds kann man sich eine andere Grafik, ein Strandmotiv oder einen ganzen Himbeerkuchen als Hintergrund auf den Desktop legen.

Bildgröße

Idealerweise hat das Hintergrundbild, wenn es sich nicht um ein kleines Logo handelt, sondern den ganzen Desktop bedecken soll, auch genau dessen Auflösung. Es ergibt keinen Sinn, ein Originalfoto einer hochauflösenden Digitalkamera mit mehreren Tausend Pixeln Auflösung jedes Mal vom Raspberry Pi auf Monitorauflösung herunterskalieren zu lassen.

1 Das Foto zunächst am PC auf die vom Raspberry Pi verwendete Bildschirmauflösung skalieren und in das Home-Verzeichnis `/home/pi` übertragen.

2 Die Bildschirmauflösung wird über den Kommandozeilenbefehl `tvservice -s` angezeigt.

3 Rechtsklick auf den Desktop, im Kontextmenü ***Desktop Einstellungen*** wählen.

4 Bei ***Picture*** auf den Namen des aktuellen Hintergrundbilds klicken und im nächsten Fenster das gewünschte Bild auswählen.

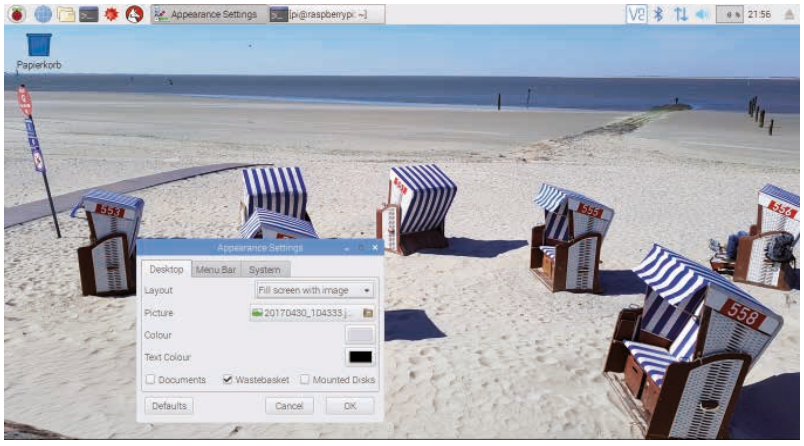
5 Auf ***Öffnen*** klicken. Das Bild wird sofort als Desktophintergrund angezeigt.

6 Das Dialogfeld ***Appearance Settings*** bleibt geöffnet. Hier stehen verschiedene Optionen für die Ausrichtung zur Auswahl. Hat das Bild genau die Auflösung des Bildschirms, gibt es keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Ausrichtungen.

Ausrichtung für Hintergrundbilder	
No image	Es wird kein Bild dargestellt. Der ganze Desktop wird mit der ausgewählten Hintergrundfarbe gefüllt.
Centre image on screen	Das Bild wird in Originalgröße dargestellt. Freie Flächen an den Rändern werden mit der ausgewählten Hintergrundfarbe gefüllt.

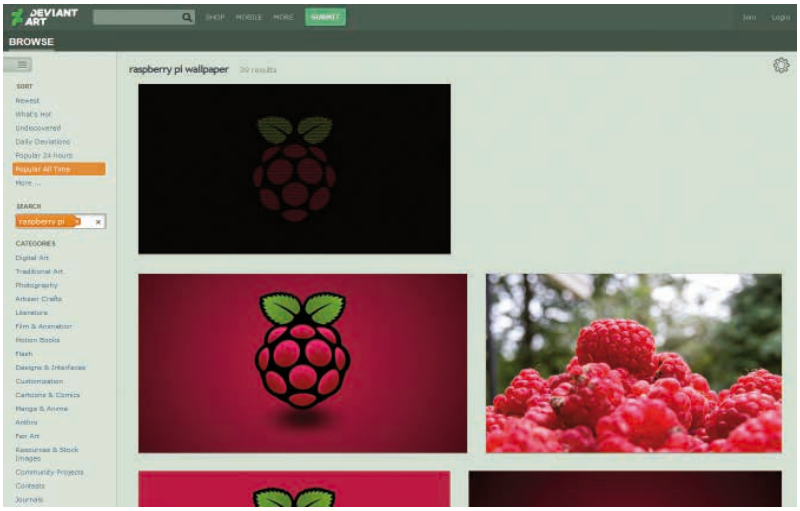
Ausrichtung für Hintergrundbilder	
Fit image onto screen	Das Bild wird so skaliert, dass es den Bildschirm mit der längeren Seite, Höhe oder Breite ausfüllt, das Seitenverhältnis bleibt dabei unverändert. Freie Flächen an den Rändern werden mit der ausgewählten Hintergrundfarbe gefüllt.
Fill screen with image	Das Bild wird so skaliert, dass es den Bildschirm mit der kürzeren Seite, Höhe oder Breite ausfüllt, das Seitenverhältnis bleibt dabei unverändert. In der längeren Richtung wird das Bild abgeschnitten.
Stretch to cover screen	Das Bild wird so skaliert, dass es den gesamten Bildschirm ohne freie Ränder ausfüllt. Dabei kann sich unter Umständen das Seitenverhältnis ändern.
Tile image	Ist das Bild kleiner als der Bildschirm, wird es nach rechts und unten gekachelt wiederholt.

Die Original-Raspberry-Pi-Hintergrundbilder liegen im Verzeichnis `/usr/share/rpd-wallpaper`. Der LXDE-Desktop liefert weitere Hintergrundbilder im Verzeichnis `/usr/share/lxde/wallpapers`.



18 Fan-Art als Hintergrundbild

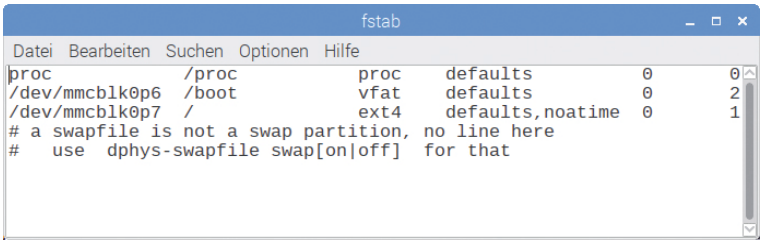
Viele Raspberry-Pi-Fans haben in letzter Zeit eigene Hintergrundbilder mit Raspberry-Pi-Motiven entworfen und bieten sie zum Download an. Eine gute Quelle ist das Künstlerportal deviantART, wo sich diverse Hintergrundbilder in verschiedenen HDMI-Auflösungen finden lassen: *bit.ly/11L7UxU*.



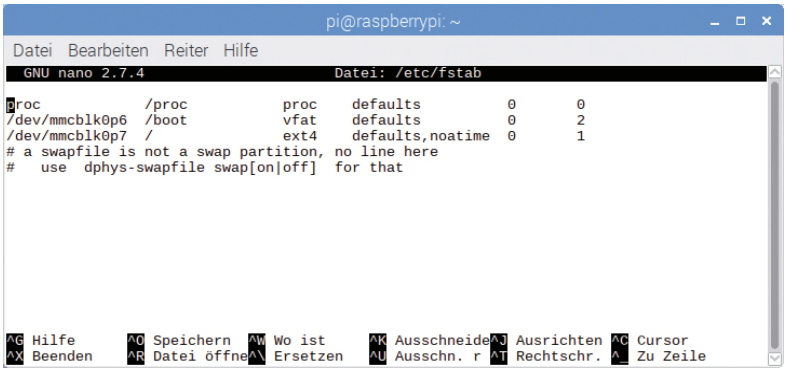
19 Texteditoren für Konfigurationsdateien

Die meisten Linux-Konfigurationsdateien liegen in reinem ASCII-Format vor und können direkt mit einem Texteditor bearbeitet werden. Dazu ist keine aufwendige Textverarbeitung nötig. In vielen Fällen sind Konfigurationsdateien für den Standardbenutzer schreibgeschützt. Um diese Dateien zu bearbeiten, muss der Editor mit `sudo` aufgerufen werden.

Leafpad ist ein Texteditor auf dem grafischen Desktop, der über das Startmenü ***Zubehör*** oder über die Kontextmenüs beim Rechtsklick auf eine Textdatei aufgerufen wird.



nano ist ein einfacher Texteditor, der ohne grafische Oberfläche auskommt. Er läuft auf Kommandozeilenebene und damit auch in einem PuTTY-Fenster.



Der nano-Editor hat keine grafische Oberfläche und dementsprechend auch kein Menü. Gesteuert wird er ausschließlich über Tastenkombinationen. Die wichtigsten sind am unteren Fensterrand angegeben. Die Tabelle zeigt noch deutlich mehr nützliche Befehle zur Steuerung des nano-Editors.

Tastenkombination	Alternative Tastenkombination	Aktion
Strg + G	F1	Hilfe anzeigen.
Strg + X	F2	Aktuellen Dateipuffer schließen/ nano beenden.
Strg + O	F3	Datei speichern.
Strg + J	F4	Absatz ausrichten.
Strg + R	F5	Datei einfügen.
Strg + W	F6	Nach einer Zeichenkette oder einem regulären Ausdruck suchen.
Strg + Y	F7	Zum vorhergehenden Bildschirm springen.
Strg + V	F8	Zum nachfolgenden Bildschirm springen.
Strg + K	F9	Die aktuelle Zeile ausschneiden und in der Zwischenablage speichern.
Strg + U	F10	Aus der Zwischenablage einfügen.
Strg + C	F11	Die aktuelle Cursorposition anzeigen.
Strg + T	F12	Rechtschreibprüfung aufrufen (wenn verfügbar).
Alt + \	Alt + [	Zur ersten Zeile der Datei springen.
Alt + /	Alt + ?	Zur letzten Zeile der Datei springen.

Tastenkombination	Alternative Tastenkombination	Aktion
Strg + □	Alt + G	Zu einer bestimmten Zeile und Spalte springen.
Strg + \	Alt + R	Eine Zeichenkette oder einen regulären Ausdruck ersetzen.
Strg + ^	Alt + A	Text an der Cursorposition markieren.
Alt + W	F16	Letzte Suche wiederholen.
Alt + ^	Alt + 6	Die aktuelle Zeile kopieren und in der Zwischenablage speichern.
Alt +]		Die aktuelle Zeile einrücken.
Alt + [		Die aktuelle Zeile ausrücken.
Strg + F		Ein Zeichen vorwärts gehen.
Strg + B		Ein Zeichen rückwärts gehen.
Strg + Leertaste		Ein Wort vorwärts gehen.
Alt + Leertaste		Ein Wort rückwärts gehen.
Strg + P		Zur vorhergehenden Zeile gehen.
Strg + N		Zur folgenden Zeile gehen.
Strg + A		Zum Anfang der aktuellen Zeile springen.
Strg + E		Zum Ende der aktuellen Zeile springen.
Alt + {	Alt + 9	Zum Anfang des aktuellen Absatzes und dann des vorigen Absatzes springen.
Alt + }	Alt + 0	Hinter das Ende des aktuellen Absatzes und dann des vorigen Absatzes springen.
Alt +]		Zur passenden Klammer springen.
Alt + -	Alt + □	Eine Zeile hochrollen, ohne den Cursor zu bewegen.
Alt + +	Alt + =	Eine Zeile hinunterrollen, ohne den Cursor zu bewegen.
Alt + <	Alt + ,	Zum vorhergehenden Dateipuffer umschalten.
Alt + >	Alt + .	Zum folgenden Dateipuffer umschalten.
Alt + V		Nächstes Zeichen direkt (nicht interpretiert) einfügen.

Tastenkombination	Alternative Tastenkombination	Aktion
Strg + I		Einen Tabulator an der Cursorposition einfügen.
Strg + M		Einen Zeilenumbruch an der Cursorposition einfügen.
Strg + D		Zeichen an der Cursorposition löschen.
Strg + H		Zeichen links vom Cursor löschen.
Alt + T		Vom Cursor bis zum Dateiende ausschneiden.
Alt + J		Die gesamte Datei ausrichten.
Alt + D		Die Zahl der Wörter, Zeilen und Zeichen zählen.
Strg + L		Bildschirm auffrischen (neu zeichnen).
Strg + Z		Den Editor in den Hintergrund schieben (wenn „suspend“ angeschaltet ist).
Alt + X		Hilfemodus aktivieren/deaktivieren.
Alt + C		Cursorposition ständig anzeigen aktivieren/deaktivieren.
Alt + O		Verwendung einer Zeile mehr zum Editieren aktivieren/deaktivieren.
Alt + S		Sanftes Rollen aktivieren/deaktivieren.
Alt + P		Weißraumanzeige aktivieren/deaktivieren.
Alt + Y		Farbige Syntaxhervorhebung aktivieren/deaktivieren.
Alt + H		Intelligente Pos1-Taste aktivieren/deaktivieren.
Alt + I		Automatischen Einzug aktivieren/deaktivieren.
Alt + K		Bis Ende ausschneiden aktivieren/deaktivieren.
Alt + L		Lange Zeilen umbrechen aktivieren/deaktivieren.
Alt + Q		Umwandlungen eingegebener Tabulatoren in Leerzeichen aktivieren/deaktivieren.

Christian Immler

Schnelleinstieg Raspberry Pi

2. Auflage

Vorwort

When six of us founded the Raspberry Pi Foundation in 2008, we could hardly have imagined the scale of interest that we would see from engineers, educators and ordinary people around the world. Having planned to produce no more than 10,000 devices for the UK education sector, we find ourselves, 15 months after launch shipping this many devices every 2–3 days. While a majority of the 100,000 orders we took on launch day were from UK customers, the US is now our largest global market, followed closely by Germany.

Our core focus at the Foundation remains education; using profits from the sale of devices, and with the help of a $1m grant from Google in January 2013, we have been rolling out Raspberry Pi kits to schoolchildren throughout the UK, developing teaching material and encouraging the Government to invest in teacher training. But it is the response of the maker/hacker community (to whom we sometimes refer as »children of all ages«) who have been the greatest surprise for us. From high-altitude balloons to garage door openers, from wildlife cameras to remote-control boats, our challenge during our second year on the market is to connect the wave of enthusiasm and creativity that Raspberry Pi has unleashed with our target audience of children. We want to show them that learning about computing and electronics can be not just educational, and a great career move, but also fantastic fun.

The internet offers today's children resources and learning opportunities which weren't available to previous generations, but printed books are a vital part of the ecosystem and the principal source of professionally produced content. We're delighted to see a new German-language title enter the market, and look forward to seeing what new projects it inspires you to create using the Raspberry Pi.

Eben Upton, Erfinder des Raspberry Pi, Juni 2013.

Inhaltsverzeichnis

1 Kleiner Computer ganz groß 9
1.1 Eine Himbeere verzückt die Maker-Szene 10
1.2 Das unterscheidet die verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle 12
1.3 Das Betriebssystem auf dem Raspberry Pi 14
1.4 Braucht man ein Gehäuse? 15
1.5 Ein wenig Zubehör für die Inbetriebnahme 15

2 Raspbian: Das Betriebssystem 23
2.1 Micro-SD-Speicherkarte vorbereiten 23
2.2 Komfortable Installation mit NOOBS 25
2.3 Klassische Installation mit einem Image 28
2.4 Raspberry Pi zum ersten Mal booten 30
2.5 Manuelle Konfiguration mit raspi-config 32

3 LXDE: Die Benutzeroberfläche 39
3.1 Dateimanagement auf dem Raspberry Pi 41
3.2 Dateien auf den PC oder vom PC kopieren 44
3.3 Der Midori-Browser 51
3.4 Vorinstallierte Programme in Raspbian 55
3.5 Eigene Hintergrundbilder für den Desktop 62
3.6 Via WLAN-Stick im lokalen Netzwerk 67
3.7 Mehr Leistung durch Speichertuning 71

4 Programme aus dem Pi Store und anderen Quellen installieren 75
4.1 Paketinstallation und Software-Aktualisierung 79
4.2 Synaptic liefert Hunderte von Programmen 80
4.3 Gestatten, Iceweasel. Ich vertrete Firefox 82

5 Büroanwendungen auf dem Raspberry Pi 93
5.1 LibreOffice: Alles, was man im Büro braucht 93
5.2 Ziffernblock aktivieren 97
5.3 Dokumente drucken mit dem Raspberry Pi 98

6 Einfache Linux-Befehle und Cloud-Dienste 105
6.1 Linux-Befehle für die Dateiverwaltung 108
6.2 Cloud-Dienste für den Datenaustausch nutzen 113
6.3 Raspberry Pi über das Heimnetz fernsteuern 119

7 Mit Spaß und Python programmieren 135
7.1 Python-Eingabefenster starten 135
7.2 Syntaxelemente auf kleinen Spickzetteln 137
7.3 Rate die Zahl: Das erste Spiel mit Python 143
7.4 LEDs via GPIO-Ports leuchten lassen 148
7.5 LED-Lauflichter erregen Aufmerksamkeit 156
7.6 IP-Adresse mit blinkender LED anzeigen 162
7.7 Python-Programme automatisch starten 167
7.8 IP-Adresse auf LED-Streifen anzeigen 167

8 Noch einfacher programmieren mit Scratch 173
8.1 Das erste Experiment mit Scratch 175

9 Die Raspberry-Pi-Kamera 177
9.1 Kamera aktivieren 179
9.2 Das erste Foto 180
9.3 Video mit der Raspberry-Pi-Kamera 183

1 Kleiner Computer ganz groß

Kaum ein elektronisches Gerät in seiner Preisklasse hat im letzten Jahr so viel von sich reden gemacht wie der Raspberry Pi. Der Raspberry Pi ist – auch wenn er auf den ersten Blick gar nicht so aussieht – ein vollwertiger Computer, etwa in der Größe einer Kreditkarte, und vor allem zu einem sehr günstigen Preis erhältlich. Nicht nur die Hardware ist günstig, die Software ist es noch mehr. Das Betriebssystem und alle im Alltag notwendigen Anwendungen werden kostenlos zum Download angeboten.

Der Name

Raspberry ist das englische Wort für Himbeere. Schon früher wurden Computer nach Früchten benannt wie z. B. Apple, Apricot, Blackberry. *Pi* steht für Python Interpreter, die wichtigste Programmiersprache auf dem Raspberry Pi. Zusammen ergibt sich ein Name, der mit dem englischen Wort für Himbeerkuchen, *raspberry pie,* phonetisch identisch ist.

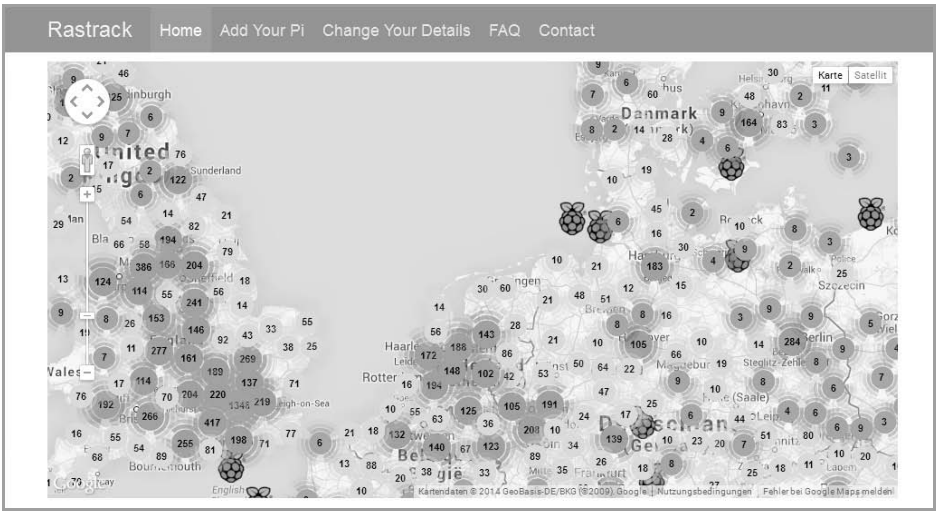


Bild 1.1: Die Webseite *rastrack.co.uk* zeigt eindrucksvoll, wie viele Raspberry Pis auf der ganzen Welt im Einsatz sind. Der Schwerpunkt liegt natürlich, wie zu erwarten, in Großbritannien, der Heimat des Raspberry Pi.

Linksammlung zum Raspberry Pi

Den Link zur abgebildeten Webseite sowie auch alle anderen im Buch erwähnten Links und noch mehr finden Sie in unserer Linksammlung zum Raspberry Pi unter *www.softwarehandbuch.de/raspberry-pi*.

1.1 Eine Himbeere verzückt die Maker-Szene

Mit dem speziell angepassten Linux mit grafischer Oberfläche ist der Raspberry Pi ein stromsparender, lautloser PC-Ersatz. Seine frei programmierbare GPIO-Schnittstelle macht den Raspberry Pi besonders interessant für Hardwarebastler und die neue Maker-Szene. Im Sommer 2014 erschien der aktuelle Raspberry Pi B+, eine erweiterte neue Version der Platine, bei der die Entwickler auf die Wünsche der Anwender eingegangen sind und zwei zusätzliche USB-Ports, mehr GPIO-Pins sowie einen stabilen MicroSD-Kartensteckplatz eingebaut haben.

Prozessor, Arbeitsspeicher und Software sind identisch mit dem klassischen Raspberry Pi B.

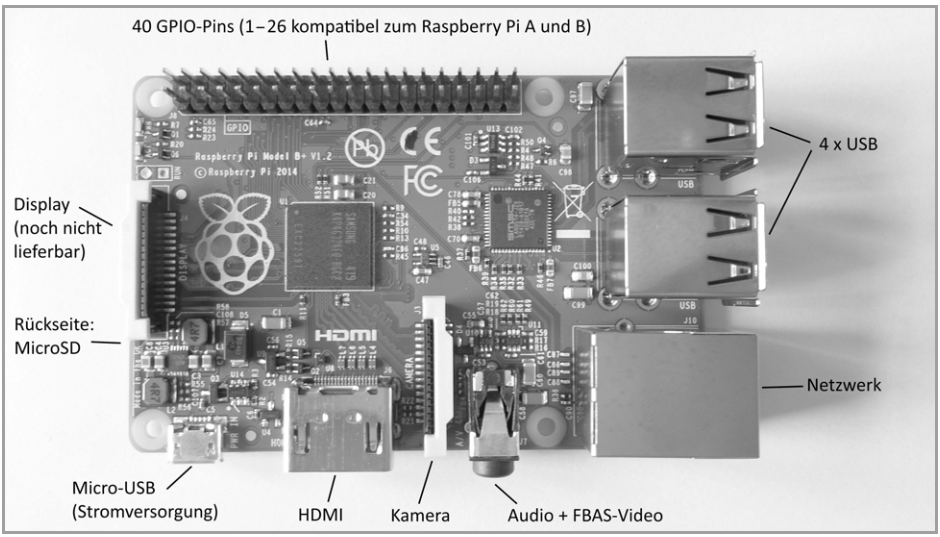


Bild 1.2: Der Raspberry Pi B+ und seine Hardwareanschlüsse.

Der Raspberry Pi läuft mit einem 700-MHz-ARM-Prozessor und einer Video-Core-IV-GPU. Die Leistungsfähigkeit der CPU ist mit einem 300-MHz-Pentium-II vergleichbar, der für einen Office-PC jahrelang völlig ausreichte. Die Grafikleistung entspricht etwa der Xbox 1 und liefert HDMI-Qualität beim Abspielen von Videos. Somit eignet sich ein Raspberry Pi durchaus auch als Media-Center im Wohnzimmer.

Als die britische Stiftung *Raspberry Pi Foundation* im Mai 2011 der Presse den ersten Raspberry Pi vorstellte, war das eigentliche Ziel, Schülern mehr Interesse am Programmieren und an elektronischen Basteleien zu vermitteln. Die Entwickler hatten damals für diese Zielgruppe an weltweite Verkaufszahlen um 1.000 Stück gedacht. Nachdem ein vom britischen Fernsehsender BBC gedrehtes Video zur Vorstellung des Raspberry Pi auf YouTube 600.000 Mal angesehen wurde (*youtu.be/pQ7N4rycsy4*), erhöhten die Entwickler die Erstauflage des Modells B spontan auf 10.000 Stück.

Beim Verkaufsstart im Februar 2012 wurden jedoch am ersten Tag bereits 100.000 Stück bestellt, sodass es zu erheblichen Lieferengpässen kam. Daraufhin schloss die Raspberry Pi Foundation Verträge mit den großen britischen Elektronikdistributoren Premier Farnell und RS Components, die Herstellung und Vertrieb der Geräte übernahmen. Inzwischen sind mehr als 3.000.000 Geräte verkauft.

1.2 Das unterscheidet die verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle

Bevor im Sommer 2014 der aktuelle Raspberry Pi Modell B+ mit vier USB-Anschlüssen, MicroSD-Kartensteckplatz und erweiterter GPIO-Steckleiste erschien, sprach man, wenn vom Raspberry Pi die Rede war, fast immer vom klassischen Modell B, von dem bisher mit Abstand die größten Stückzahlen verkauft wurden.

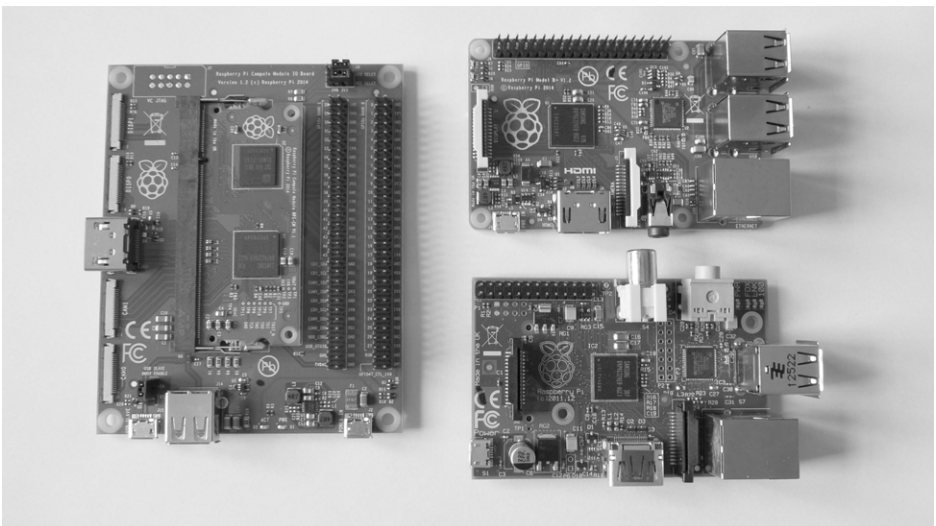


Bild 1.3: Links: Compute Modul mit I/O-Platine, rechts oben: Raspberry Pi B+, rechts unten: der klassische Raspberry Pi B (auf älteren Platinen fehlen die beiden auffälligen Schraublöcher sowie die beiden Lötösen für den Reset-Schalter links oberhalb des HDMI-Anschlusses).

Neben dem Modell B gab es noch ein Modell A ohne Netzwerkanschluss und nur mit 256 MB RAM, das vergleichsweise wenig verbreitet war. Für den Industrie-Einsatz wird seit Frühjahr 2014 das Raspberry Pi Compute Modul angeboten. Diese Variante entspricht in der Bauform einem SO-DIMM-Speichermodul, wie es in Notebooks Verwendung findet. Da das Modul keinerlei Schnittstellen hat, muss es in Industrie-Elektronik eingebaut werden. Für Maker und Entwickler wird eine I/O-Platine mit diversen Schnittstellen geliefert, auf der das Compute Modul aufgesteckt wird.

	Modell A	Modell B	Modell B+	Compute Modul (inkl. I/O-Board)
Größe	85,6 x 56 mm	85,6 x 56 mm	85,6 x 56 mm	85,6 x 105 mm
RAM	256 MB	512 MB	512 MB	512 MB + 4 GB eMMC
Speicherkarte	SD	SD	Micro SD	keine
USB-Ports	1	2	4	1 + Micro USB Slave
Netzwerk	kein	10/100 MBit/s	10/100 MBit/s	kein
GPIO-Pins	26	26	40	120

Tabelle 1.1: Technische Daten der verschiedenen Raspberry-Pi-Modelle.

Die ersten Geräte der Rev. 1 des Modells B wurden wie das Modell A nur mit 256 MB RAM ausgeliefert. Wie viel Speicher ein Raspberry Pi hat, ist auch ohne Einschalten an einem Aufdruck auf der CPU, dem quadratischen Chip in der Mitte, zu erkennen. Die Raspberry Pi B+ verfügen alle über 512 MB Arbeitsspeicher.

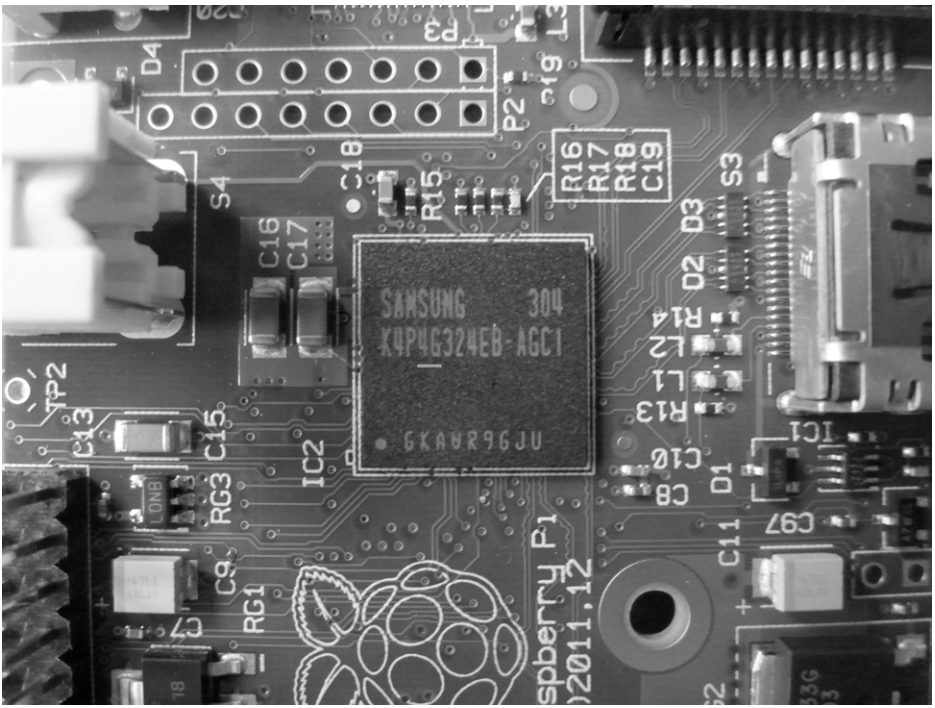


Bild 1.4: Achten Sie auf die Zahl *2G* (256 MB) oder *4G* (512 MB) in der Chipbezeichnung auf dem Modell B.

1.3 Das Betriebssystem auf dem Raspberry Pi

Linux ist ein freies Betriebssystem auf Basis des früheren Großrechner-Betriebssystems Unix. Es wurde ursprünglich für die Intel-x86-Plattform entwickelt, inzwischen gibt es aber auch Varianten für andere Systeme. Der Name Linux ist abgeleitet von Linus Torvalds, einem finnischen Programmierer, der den ersten freien Unix-Kernel veröffentlichte und damit den Grundstein für das heutige Linux legte. Verschiedene Linux-Varianten wurden speziell für den Raspberry Pi angepasst. Die Raspberry-Pi-Stiftung empfiehlt Raspbian, das auf dem bekannten Debian-Linux basiert und eigens für die Hardware des Raspberry Pi optimiert wurde. Dieses

Betriebssystem unterstützt sämtliche Hardwarekomponenten aller Raspberry-Pi-Modelle optimal.

Für jeden Zweck das passende Linux
Das Betriebssystem wird auf einer Speicherkarte installiert, die sich leicht wechseln lässt. So kann man je nach Einsatzzweck den Raspberry Pi mit einem speziellen Betriebssystem booten. Neben dem klassischen Raspbian gibt es unter anderem die Multimedia-Distribution Raspbmc oder das Spiele-Linux ChameleonPi.

1.4 Braucht man ein Gehäuse?

Der Raspberry Pi wird als einzelne Elektronikplatine mit offenliegenden Kontakten und Bauteilen geliefert, was einerseits ziemlich cool aussieht, andererseits aber die Gefahr von Kurzschlüssen durch Berührung mit herumliegenden Metallteilen birgt.

Natürlich kann man den Raspberry Pi ohne Gehäuse betreiben. Ein Gehäuse schützt die Platine, muss aber die Anschlüsse, die an allen vier Seiten liegen, weiterhin benutzbar halten. Diverse Firmen bieten unterschiedlichste Gehäuseformen an, teilweise aus Acryl, sodass die Platine wie auch die LEDs weiterhin zu sehen sind. Links zu verschiedenen Gehäuseherstellern finden Sie in unserem Linkverzeichnis unter: *www.softwarehandbuch.de/raspberry-pi*. Beachten Sie, dass die Gehäuse der älteren Raspberry-Pi-Modelle nicht zum Raspberry Pi B+ passen.

1.5 Ein wenig Zubehör für die Inbetriebnahme

Der Raspberry Pi ist trotz seiner geringen Größe ein vollwertiger Computer. Um ihn allerdings nutzen zu können, braucht man wie bei einem »normalen« PC noch einiges an Zubehör: ein Betriebssystem, Stromversorgung, Netzwerk, Monitor, Tastatur und diverse Anschlusskabel.

Hier finden Sie Erweiterungskomponenten

In den Anfangszeiten war der Raspberry Pi nur über die englischen Shops von Premier Farnell Element14 (*de.farnell.com/raspberry-pi-accessories*) und RS Components (*bit.ly/16aDyZv*) zu bekommen, was mit Wartezeiten und hohen Versandkosten verbunden war. Mittlerweile bieten diverse Händler bei Ebay (*bit.ly/ZJPoHG*) und Amazon (*amzn.to/11PxUbp*) den Raspberry Pi online an. Bei Conrad bekommt man ihn ebenfalls im Online-Shop (*www.conrad.de*) sowie auch – wenn er nicht gerade ausverkauft ist – in den Filialen.

Die Preise für das Modell B und auch B+ liegen in Deutschland zwischen 30 und 50 Euro. Das größte Angebot an Erweiterungskomponenten für den Raspberry Pi bietet der Online-Shop von Farnell.

Strom über Micro-USB-Handyladegerät

Für den Raspberry Pi reicht jedes moderne Handynetzteil. Ältere Ladegeräte aus den Anfangszeiten der USB-Ladetechnik sind noch zu schwach. Schließt man leistungshungrige USB-Geräte wie externe Festplatten ohne eigene Stromversorgung an, ist ein stärkeres Netzteil erforderlich. Das Netzteil muss 5 V und mindestens 700 mA liefern, besser 1000 mA. Der eingebaute Leistungsregler verhindert ein »Durchbrennen« bei zu starken Netzteilen. Für das Modell A reicht ein Netzteil mit 500 mA aus.

So äußert sich ein zu schwaches Netzteil

Wenn der Raspberry Pi zwar bootet, sich dann aber keine Mausbewegung erkennen lässt oder das System nicht auf Tastatureingaben reagiert, deutet das auf eine zu schwache Stromversorgung hin. Auch wenn der Zugriff auf angeschlossene USB-Sticks oder Festplatten nicht möglich ist, sollten Sie ein stärkeres Netzteil verwenden.

Der Raspberry Pi kann seinen Strom auch aus dem USB-Anschluss eines PCs beziehen. Allerdings braucht man hier (offiziell) einen USB-3.0-Anschluss mit Micro-USB-2.0-Kabel, da diese Anschlüsse nach Spezifikation 900 mA liefern, ein normaler USB-2.0-Anschluss aber nur 500 mA. Viele Notebooks haben aber schon USB-2.0-Anschlüsse mit 700 mA Leistung oder mehr.

Die Speicherkarte dient sozusagen als Festplatte. Sie enthält das Betriebssystem. Eigene Daten und installierte Programme werden ebenfalls darauf gespeichert. Die Speicherkarte sollte mindestens 4 GB groß sein und nach Herstellerangaben des Raspberry Pi mindestens den Class-4-Standard unterstützen. Dieser Standard gibt die Geschwindigkeit der Speicherkarte an. Eine aktuelle Class-10-Speicherkarte macht sich in der Performance deutlich positiv bemerkbar.

Bild 1.5: Die Zahl im Kreis gibt die Klassifizierung der Speicherkarte an. Links: 4 GB Class 6, rechts: 16 GB Class 10.

Raspberry Pi hat kein BIOS

Der Raspberry Pi bootet immer von der Speicherkarte. Da er kein BIOS hat, gibt es auch keine Möglichkeit, umzuschalten, um von einem anderen Medium zu booten. Daten können auch auf einem USB-Stick oder einer externen Festplatte liegen.

Dateneingabe mit Tastatur und Maus

Jede gängige Tastatur mit USB-Anschluss kann genutzt werden. Kabellose Tastaturen funktionieren manchmal nicht, da sie zu viel Strom oder gar spezielle Treiber benötigen. Haben Sie keine andere Tastatur zur Verfügung, benötigen Sie einen USB-Hub mit separater Stromversorgung zum Betrieb einer Funktastatur. Einige USB-Tastaturen besitzen einen weiteren USB-Anschluss für die Maus. Dadurch sparen Sie sich am Raspberry Pi einen Anschluss und können diesen z. B. für einen USB-Stick nutzen.

Eine praktische Lösung, die zur Größe des Raspberry Pi passt, ist die Mikro-Multimedia-Funktastatur mit Touchpad MFT-2402.TP von GeneralKeys, die in

Deutschland über *www.pearl.de* vertrieben wird. Diese Tastatur hat etwa die Größe eines Taschenrechners oder größeren Smartphones, dabei aber ein komplettes deutsches QWERTZ-Tastaturlayout mit Funktionstasten, Cursorblock und Ziffernblock. Tasten mit einem klar spürbaren Druckpunkt ermöglichen ein flüssiges Tippen aus der Hand, ohne die Tastatur irgendwo auflegen zu müssen. Ein präzises Touchpad und je zwei Maustasten an beiden Seiten, die mit den Daumen leicht erreichbar sind, ersetzen die Maus. Die Stromaufnahme des Funkempfängers ist so gering, dass man ihn direkt ohne Hub am Raspberry Pi anschließen kann.

Bild 1.6: Bildquelle: Pearl GmbH – *www.pearl.de/a-PX4833-1002.shtml.*

Die Tastatur wird über einen USB-Funkempfänger mit dem Raspberry Pi verbunden, wobei keine Treiber installiert werden müssen. Der USB-Stick kann bei Nichtbenutzung in einem Fach auf der Unterseite der Tastatur gelagert werden. In der Tastatur ist ein Akku eingebaut, der mit einem USB-Ladegerät aufgeladen wird.

▶ Maus mit USB-Anschluss

Eine Maus mit USB-Anschluss wird nur benötigt, wenn man auf dem Raspberry Pi ein Betriebssystem mit grafischer Benutzeroberfläche verwendet. Einige Tastaturen haben zusätzliche USB-Anschlüsse für Mäuse, sodass Sie keinen weiteren Anschluss belegen müssen, was bei älteren Raspberry-Pi-Modellen wichtig war. Die vier USB-

Anschlüsse des Raspberry Pi B+ reichen in den meisten Fällen für angeschlossene Geräte aus.

Netzwerkkabel für die Routerverbindung

Zur Verbindung mit dem Router im lokalen Netzwerk wird ein Netzwerkkabel benötigt. Zur Ersteinrichtung ist dies auf jeden Fall noch erforderlich, später kann man auch WLAN nutzen. Ohne Internetzugang sind viele Funktionen des Raspberry Pi nicht sinnvoll nutzbar.

Raspberry Pi hat keine Uhr

Im Raspberry Pi ist kein batteriegepufferter Uhrenchip eingebaut. Die Uhrzeit wird üblicherweise mit einem Zeitserver im Internet abgeglichen. Hatten Sie den Raspberry Pi längere Zeit vom Stromnetz getrennt und betreiben ihn danach offline, kann die Uhrzeit verloren gegangen sein.

HDMI-Kabel für den Bildschirmanschluss

Der Raspberry Pi kann per HDMI-Kabel an Monitore oder Fernseher angeschlossen werden. Zum Anschluss an Computermonitore mit DVI-Anschluss gibt es spezielle HDMI-Kabel oder Adapter. HDMI-Kabel sind im Elektronikhandel zu Preisen erhältlich, die fast dem Preis des Raspberry Pi selbst entsprechen. Bei Onlineversendern (z. B. *amzn.to/VGv05j*) bekommt man sie einschließlich Versand für wenige Euro. VGA-Monitore werden leider nicht unterstützt. Bei Ebay findet man Adapter von HDMI auf VGA für wenige Euro, im Elektronikhandel kosten sie allerdings deutlich mehr als der Raspberry Pi selbst.

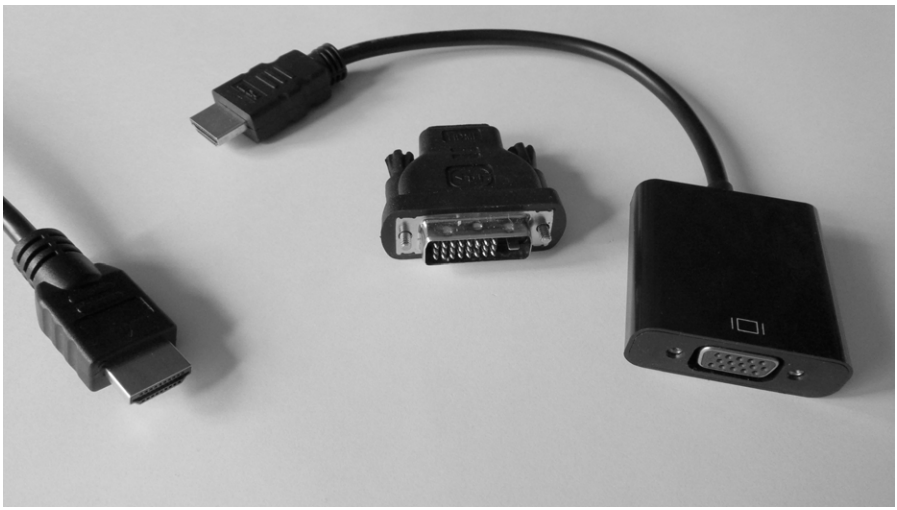


Bild 1.7: Adapter HDMI/DVI und HDMI/VGA (mit Kabel).

Audiokabel für den Lautsprecheranschluss

Über ein Audiokabel mit 3,5-mm-Klinkensteckern können Kopfhörer oder PC-Lautsprecher am Raspberry Pi genutzt werden. Das Audiosignal ist auch über das HDMI-Kabel verfügbar. Bei HDMI-Fernsehern oder Monitoren ist kein Audiokabel nötig. Wird ein PC-Monitor über ein HDMI-Kabel mit DVI-Adapter angeschlossen, geht meist an dieser Stelle das Audiosignal verloren, sodass Sie den analogen Audioausgang wieder brauchen.

FBAS-Videokabel für ältere Fernseher

Steht kein HDMI-Monitor zur Verfügung, kann der Raspberry Pi mit einem analogen FBAS-Videokabel an einen klassischen Fernseher angeschlossen werden, wobei die Bildschirmauflösung allerdings sehr gering ist. Die Raspberry-Pi-Modelle A und B hatten noch die klassische gelbe Cinch-Buchse, das Modell B+ verwendet die 3,5-mm-Klinkenbuchse sowohl für Audio wie auch für Video. Für Fernseher ohne gelben FBAS-Eingang gibt es Adapter von FBAS auf SCART. Die grafische Oberfläche lässt sich in analoger Fernsehauflösung nur mit Einschränkungen bedienen.

Die beiden Screenshots zeigen die unterschiedlichen Auflösungen eines modernen HDMI-Monitors und eines klassischen Fernsehers. Der Bildbetrachter skaliert sich auf dem Fernseher im Beispiel automatisch auf 68 % Größe, um gerade auf den Bildschirm zu passen. Bei gleicher Skalierung ergibt sich auf dem HDMI-Monitor nur ein kleines Bild, aber in deutlich höherer Qualität.

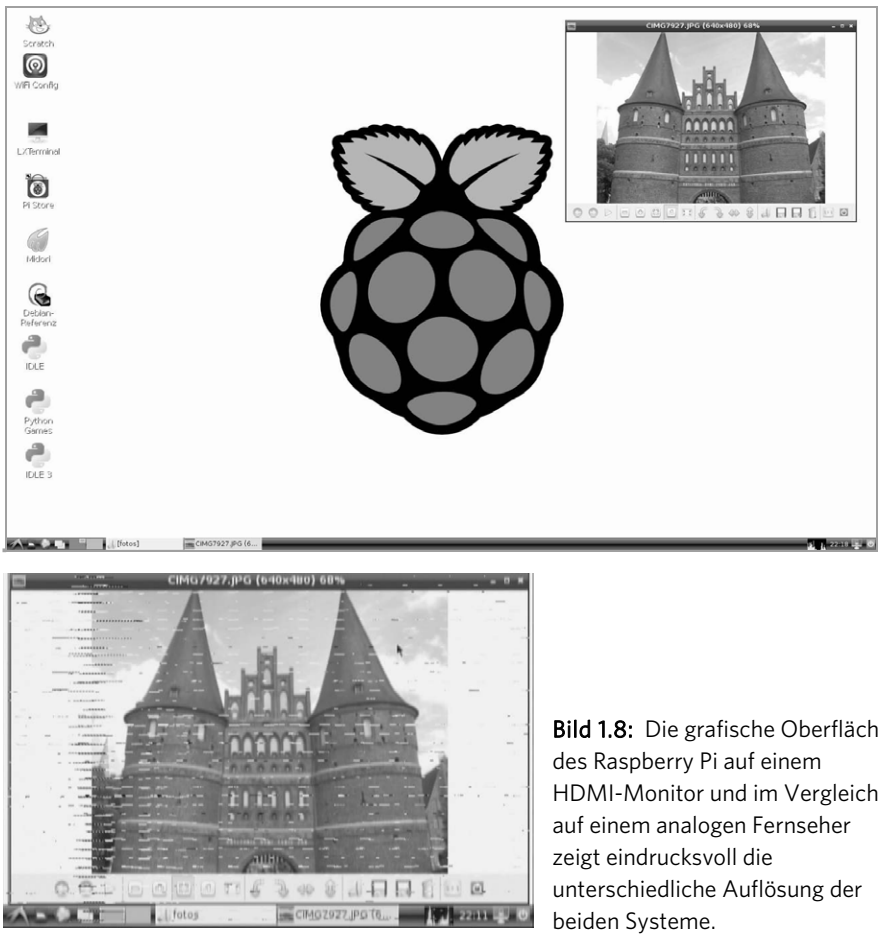


Bild 1.8: Die grafische Oberfläche des Raspberry Pi auf einem HDMI-Monitor und im Vergleich auf einem analogen Fernseher zeigt eindrucksvoll die unterschiedliche Auflösung der beiden Systeme.

Haben Sie weder einen HDMI-Monitor noch einen Fernseher mit FBAS-Eingang, können Sie auch einen PC mit TV-Karte nutzen, um das Bild des Raspberry Pi auf einem Monitor darzustellen. Schließen Sie das gelbe Videokabel an den analogen Eingang der TV-Karte an und starten Sie auf dem PC das Programm zum Fernsehen bzw. zur Videoaufzeichnung. Hier können Sie das Bild vom Raspberry Pi nicht nur sehen, sondern sogar aufzeichnen, allerdings auch nur in der Bildauflösung, die die TV-Karte unterstützt.

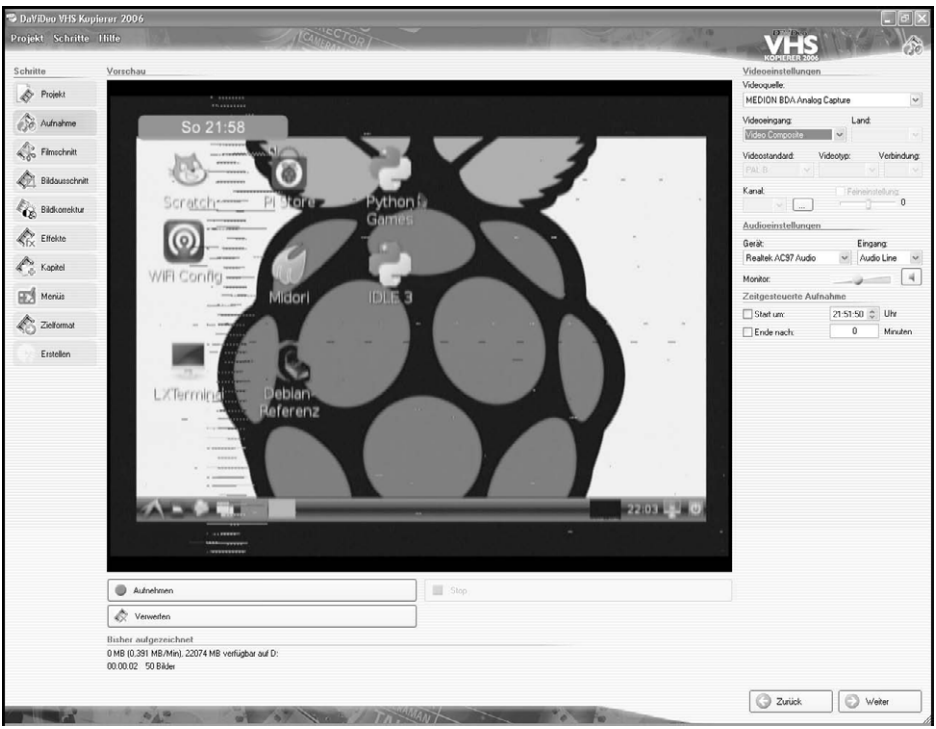


Bild 1.9: Raspberry Pi an einem PC mit einer älteren TV-Karte.

E. F. Engelhardt

Coole Projekte mit Raspberry Pi

Vorwort

Nicht einmal 34 Euro kostet ein Raspberry Pi – mit etwas Glück bekommen Sie auf dem Flohmarkt dafür ein über zehn Jahres altes Gebrauchtgerät, das noch allerhand Zusatzinvestitionen erfordert, damit es seinen vorgesehenen Zweck erfüllt. Deutlich besser ist das Geld in einen Raspberry Pi angelegt, mit dem Sie beispielsweise nach der Ersteinrichtung und Konfiguration sämtliche Mediendateien zu Hause zusammenführen und ihn anschließend als HD-Mediaplayer im Wohnzimmer nutzen können. Insbesondere extern angeschlossene Festplatten und Netzteile beeinflussen die Lärmentwicklung im Wohnzimmer entscheidend. Wer nicht davon gestört werden möchte, greift auf Netzwerkfreigaben zurück und verfrachtet die Festplatten, NAS-Server etc. in Räumlichkeiten wie Keller, Dachboden oder das Arbeitszimmer. Oder Sie nutzen den scheckkartengroßen Computer als Steuerzentrale für sämtliche Netzwerkdienste – angefangen vom Datei- und Druckerzugriff bis hin zum drahtlosen AirPrint-Drucken lässt sich so ziemlich alles mit dem Raspberry Pi anstellen.

Die Installation und Konfiguration des Raspberry Pi ist kein Hexenwerk, erfordert aber etwas Zeit und Geduld sowie den Willen, auftretende Probleme selbst zu lösen. Denn ein gut konfigurierter Raspberry Pi zeichnet sich dadurch aus, dass Sie aus den Arbeitsspeichermodulen die maximale Leistung herauskitzeln oder einfach nur nicht benötigte Programme und Dienste abschalten, um Ressourcen für das Betriebssystem freizugeben. Änderungen im grundlegenden Setup des Raspberry Pi sollten Sie grundsätzlich nur ausführen, wenn Sie in Sachen Linux und Shell-Umgang wirklich fit sind – und das sind Sie, wenn Sie dieses Buch nutzen. Doch wenn eine Änderung nicht den gewünschten Effekt bringt oder ein Fehler die Konfiguration gründlich verdorben hat, bietet es sich an, die vorgenommenen Änderungen rückgängig zu machen und den Ursprungszustand wiederherzustellen. Mit diesem Buch werden Sie zum Raspberry-Pi-Experten – dann bringt kein unzulässiger Eintrag ein in der Konfiguration passendes Betriebssystem zum Stillstand.

Passend bedeutet hier: Der Raspberry Pi nutzt einen ressourcenschonenden ARM-Prozessor, der auch in NAS-Systemen, Routern, Smartphones, Tablets und dergleichen zum Einsatz kommt und vor allem den Vorteil hat, wenig Strom zu verbrauchen. Gerade deshalb ist der Raspberry Pi auch für den Dauerbetrieb nahezu perfekt. Für diesen besonderen Prozessortyp sind ebenfalls besondere Betriebssysteme notwendig, hier stehen angepasste Versionen von Arch Linux, Fedora oder Debian mit allerhand Erweiterungen zur Verfügung. Am häufigsten wird Debian eingesetzt, der Wechsel von Release 6 Squeeze zu Version 7 mit Raspbian Wheezy ist in der stetig wachsenden Community hier auch schon vollzogen. Debian Wheezy gilt derzeit als das angesagte Betriebssystem für den Raspberry Pi – wer es bereits auch ohne Raspberry Pi testen möchte, greift zum kostenlosen Raspberry Pi-Image, das Sie in einer virtuellen Maschine auf Ihrem Computer betreiben können.

Inhaltsverzeichnis

1 Raspberry Pi als virtuelle Maschine testen ... 11
1.1 Raspberry in VMware oder Virtualbox ... 11
1.1.1 Aktuell bleiben: Raspberry per Update frisch halten ... 13
1.1.2 Netzwerkkopplung: VMware und Raspberry Pi ... 14
1.2 Netzwerkverbindung eth0 wiederherstellen ... 14
1.3 Deutsche Tastatureinstellungen verwenden ... 14
1.4 Bequemer surfen und Browser nachrüsten ... 15

2 Welches Modell: Raspberry A, B oder B2? ... 19
2.1 Nötiges Zubehör für den Raspberry-Betrieb ... 22
2.1.1 Micro-USB-Kabel und Netzteil ... 22
2.1.2 Bildschirm und Raspberry: HDMI, FBAS oder nichts ... 23
2.1.3 Raspberry-Modding: passive Kühlkörper ... 24

3 Raspberry Pi: Selbstbau in zwei Minuten ... 25
3.1 Das Gehäuse: selber bauen oder kaufen ... 25
3.1.1 Plexiglasgehäuse zum einfachen Zusammenstecken ... 25
3.1.2 Kreativ und bunt: Legogehäuse aus der Spielzeugkiste ... 27

4 Raspberry Pi einrichten und konfigurieren ... 29
4.1 Kein Bildschirm angeschlossen? – Bootprobleme beheben ... 29
4.2 SD-Karten: der Unterschied zwischen schnell und langsam ... 31
4.2.1 Speicherkarte checken mit CrystalDiskMark ... 32
4.3 Image auswählen und auf SD-Card installieren ... 33
4.3.1 Inbetriebnahme: root oder pi? ... 35
4.3.2 Via Mac OS X-Konsole: Raspberry-Image aufspielen ... 35
4.3.3 Windows: das USB Image Tool im Einsatz ... 37
4.4 SD-Karte checken und partitionieren ... 39
4.4.1 Kein Hexenwerk: fdisk im Einsatz ... 40
4.4.2 Partitionen löschen und anlegen ... 42
4.4.3 Partitionen sichern und aktivieren ... 43
4.4.4 Das Dateisystem wieder anpassen ... 45
4.5 Tuningmaßnahmen für den Raspberry Pi ... 46

4.5.1 Überblick über die Systemauslastung mit htop ... 46
4.5.2 Optimierung per Speichersplitting ... 47
4.5.3 Kommandozeilenfetischisten: GUI-Start unterbinden ... 49
4.5.4 Arbeitsspeicher unterstützen: Swapdatei anlegen ... 50
4.5.5 Swapdatei in fstab konfigurieren ... 51
4.5.6 Dateien und Verzeichnisse via fstab optimieren ... 51
4.5.7 Konsolen reduzieren ... 52

5 Ersteinrichtung: Schritt für Schritt zum perfekten System ... 53
5.1 Man schreibt deutsch: Konsoleneinstellungen anpassen ... 53
5.2 Konsolen-Basics: wichtige Befehle im Überblick ... 56
5.2.1 chmod: effektive Berechtigungen ... 57

6 Raspberry im Netzwerk ... 59
6.1 Raspberry Pi über SSH steuern: PuTTY, Terminal & Co. im Einsatz ... 59
6.1.1 Praktisch und sicher: Zugriff über SSH ... 59
6.1.2 Debian Squeeze: SSH einschalten ... 60
6.1.3 Keine Installation nötig: Windows-Zugriff über PuTTY ... 61
6.1.4 Raspberry Pi per Mausklick abschalten ... 64
6.1.5 Mac OS X: SSH-Zugriff über die eingebaute Konsole ... 65
6.1.6 Ubuntu: SSH-Zugriff nachrüsten ... 67
6.2 WLAN-Adapter nachrüsten: Achtung, Chipsatz! ... 67
6.2.1 Treiber herunterladen und installieren ... 69
6.2.2 Mit Sicherheit: Netzwerkeinstellungen festlegen ... 71
6.2.3 WLAN in Betrieb nehmen ... 72
6.3 Raspberry im Heimnetz ... 74
6.3.1 DHCP: IP-Adresse gesucht ... 74
6.3.2 Zugriff auf das Raspberry Pi-Dateisystem im Heimnetz ... 75
6.3.3 Mac OS X mit Raspberry Pi via Samba koppeln ... 80
6.3.4 Windows-Ordner für Raspberry Pi im Heimnetz freigeben ... 84
6.3.5 Windows zickt beim Samba-Zugriff: Freigabeprobleme lösen ... 87

7 Wohnzimmer-PC 3.0: Smart-TV-Eigenbau ... 91
7.1 OpenELEC: laden oder kompilieren? ... 91
7.1.1 OpenELEC-Image herunterladen und anpassen ... 92
7.1.2 Inbetriebnahme eines fertigen OpenELEC-Image ... 92
7.2 OpenELEC besorgen, kompilieren und installieren ... 93
7.2.1 Vorbereitungen zum Kompilieren ... 94
7.2.2 Bitte warten: OpenELEC wird gebaut ... 96
7.2.3 SD-Karte für OpenELEC vorbereiten ... 98
7.2.4 OpenELEC auf die SD-Karte übertragen ... 101

7.2.5 Größere Speicherkarte? – Image per GParted vergrößern 104
7.3 XBMC-Mediacenter einrichten..... 107
7.3.1 OpenELEC-Einstellungen anpassen und Freigaben einrichten 109
7.3.2 Administration über die Kommandozeile: SSH-Zugriff einschalten 112
7.3.3 Samba einrichten: bequemer Zugriff auf das Mediacenter 113
7.3.4 Zugriff auf NFS/Samba-Freigaben im Heimnetz 118
7.3.5 NFS konfigurieren: Zugriff auf Linux/NAS-Server 119
7.3.6 CIFS/Samba konfigurieren: Zugriff auf Windows-Freigaben 120
7.3.7 Praktisch: XBMC-Webserver einschalten..... 124
7.3.8 Wettervorhersage mit dem Wetter-Plug-in..... 129
7.3.9 OpenELEC: hohe CPU-Auslastung reduzieren 129
7.3.10 Mehr Funktionen: Add-ons nachrüsten, einrichten und nutzen..... 131
7.3.11 MPEG-2- und MPEG-1-Codec nachreichen..... 135
7.3.12 Manchmal praktisch: Screenshots erstellen 138

8 Raspberry Pi-Praxis: Projekte und Lösungen 139
8.1 Mit VPN: sicherer Zugriff auf das Heimnetz 139
8.1.1 VPN-Verbindung zum FRITZ!Box-Heimnetz einrichten..... 139
8.1.2 VPN-Config-Datei für FRITZ!Box erstellen..... 140
8.1.3 VPN-Konfiguration in FRITZ!Box importieren..... 146
8.1.4 Sicherer Zugriff auf das Heimnetz mit Mac OS X..... 148
8.2 Raspberry Pi als AirPrint-Server im Heimnetz 154
8.2.1 Undokumentiert: AirPrint nachrüsten..... 155
8.2.2 AirPrint-Drucker von Apples Gnaden 156
8.2.3 AirPrint-Drucker mit Raspberry Pi nachrüsten..... 156
8.2.4 CUPS und AirPrint-Funktionen herunterladen und installieren..... 159
8.2.5 Zwingend: Avahi und mDNS-Server installieren 162
8.2.6 Alle zu Hause? – Zugriff auf CUPS konfigurieren..... 165
8.2.7 Admin-Webseite nutzen: Drucker mit CUPS koppeln 167
8.2.8 Drucker im Heimnetz zu CUPS hinzufügen und einrichten 170
8.2.9 Raspberry Pi-Printserver: Netzwerkdrucker für alle 173
8.2.10 Automatische AirPrint-Installation mit Python-Skript..... 176
8.2.11 iOS6 im Einsatz? – AirPrint auf Raspberry Pi nachrüsten 178
8.2.12 Drucker via AirPrint mit iPad oder iPhone nutzen 181
8.3 AirPlay selbst gebaut: Musik im Badezimmer..... 184
8.3.1 Klinke als Standardausgabegerät für Audio 184
8.3.2 Shairport-Paket installieren..... 186
8.3.3 Shairport einrichten 188
8.3.4 Shairport auf dem iPhone nutzen 190
8.4 Anwendungsmöglichkeiten: Webcam und Raspberry Pi 191
8.4.1 FFMpeg besorgen und kompilieren..... 192

8.4.2 FFMpeg einrichten und Konfigurationsdatei erstellen ... 196
8.4.3 Startskript für Webcam erzeugen ... 197
8.4.4 Los geht's: Live-Übertragung starten ... 198
8.5 Big Brother mit dem Raspberry Pi ... 199
8.5.1 Zoneminder per apt-get installieren ... 200
8.5.2 Zoneminder mit Apache-Webserver koppeln ... 201
8.5.3 Apache-Feintuning und Bug-Behebung ... 203
8.5.4 Lokale Webcam für Zoneminder-Einsatz vorbereiten ... 205
8.5.5 Raspberry-Webcam in Zoneminder einbinden ... 208
8.5.6 Webcam-Bug von Zoneminder fixen ... 211
8.5.7 Lib-JPEG-Fehlermeldung eliminieren ... 214
8.6 IP-Kamera mit Raspberry Pi koppeln ... 217
8.6.1 IP-Kamera in Betrieb nehmen ... 217
8.6.2 IP-Kamera konfigurieren ... 219
8.6.3 IP-Kamera mit Zoneminder koppeln ... 224
8.6.4 Zoneminder-Feintuning: mehr Bandbreite, mehr Qualität ... 226
8.6.5 Elektronischer Wachhund auf dem Raspberry Pi ... 228
8.6.6 Raspberry Pi als Fernbedienung für die Webcam nutzen ... 232
8.6.7 Alles unter Kontrolle: IP-Kamera aus der Ferne steuern ... 239
8.6.8 Nadelöhr oder nicht? – DSL-Geschwindigkeit testen ... 241
8.7 Raspberry Pi-Zugriff per DynDNS ... 243
8.7.1 DNS: Namen statt Zahlen ... 244
8.7.2 Dynamische DNS-Adresse einrichten ... 245
8.7.3 Portweiterleitung für Raspberry im DSL/WLAN-Router freigeben ... 253

1 Raspberry Pi als virtuelle Maschine testen

Wer mit dem Kauf eines Raspberry Pi noch warten will oder aufgrund der großen Nachfrage und der damit verbundenen langen Lieferzeiten noch warten muss, aber bereits vorher einen Blick auf die Möglichkeiten des Raspberry Pi werfen möchte, nutzt einfach eine dazu passende Emulation auf dem Computer – konkret eine virtuelle Maschine, auf der das Betriebssystem des Raspberry Pi läuft. Hierfür benötigen Sie auf dem Computer lediglich das entsprechende Betriebssystem-Image des Raspberry Pi sowie eine Virtualisierungssoftware, die das Betriebssystem auf dem Computer als virtuelle Maschine zur Verfügung stellt. Dafür stehen für die gängigsten PC-Betriebssysteme wie Windows, Mac OS und Linux verschiedene Lösungen zur Verfügung – die wichtigsten sind:

Oracle Virtualbox (*http://www.virtualbox.org/wiki/Downloads*) sowie VMware (*www.vmware.com/go/get-player-de*), die beliebig skalierbar sind. Egal welche von beiden Sie nutzen – auch unabhängig davon, ob Sie die Vollversion oder die kostenlose Abspiel-(Player-)Version im Einsatz haben –, für das Starten und Betreiben der Raspberry Pi-Maschine sollten Sie 512 MByte Arbeitsspeicher sowie 2 GByte an benötigter Festplattenkapazität auf dem Computer reservieren. Damit sind Sie auf der sicheren Seite, wenn Sie möchten, dass Ihre Raspberry Pi-Emulation einigermaßen flott läuft und es zu keinen unnötigen Wartezeiten kommt.

1.1 Raspberry in VMware oder Virtualbox

Die erste Anlaufstelle für den Bezug des passenden Image ist natürlich die Webseite des Raspberry Pi-Projekts (*www.raspberrypi.org*) im Forum unter der Adresse *www.raspberrypi.org/forum/general-discussion/official-image-packaged-for-vmware-and-virtualbox-emulation*. Hier ist die Wahrscheinlichkeit am größten, dass Sie eine möglichst aktuelle und funktionierende Version erhalten.

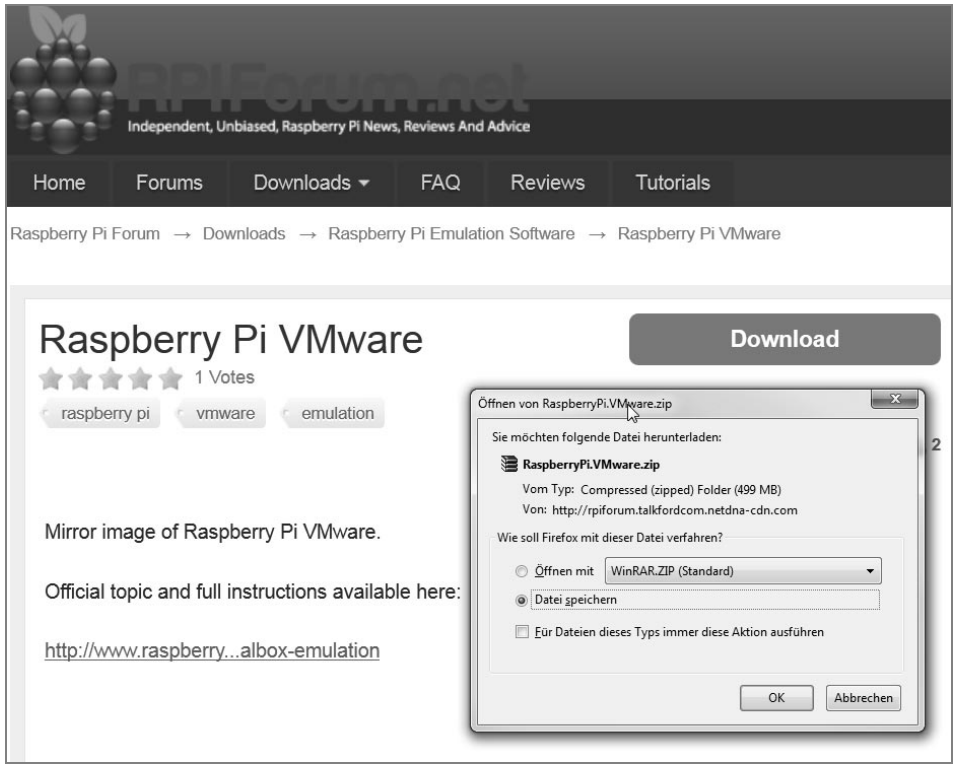


Bild 1.1: Erst nach der Anmeldung und Vorstellung im Begrüßungs-Thread ist der Download-Link für die virtuellen Maschinen (VMware und Oracle Virtualbox) für den Benutzer im *RPIForum.net* verfügbar.

Nach dem Download entpacken Sie die Datei in einem eigenen Verzeichnis und starten entweder die entsprechende `RaspberryPi.vmx`-Datei (VMware) oder die `RaspberryPi.ova`-Datei (Oracle Virtualbox). In diesem Fall wird die Virtualisierungssoftware automatisch gestartet, die das gewählte Image in Betrieb nimmt.

Hier hat der virtuelle Raspberry natürlich keine »echte«, sondern eine »virtuelle« Festplatte – auf dem Computer nichts anderes als eine Containerdatei, die von Virtualbox oder VMware eingerichtet wird, um dann als »Festplatte« für die virtuelle Maschine, in diesem Fall Raspberry, zu dienen.

Nach dem Start der Virtualisierungsumgebung loggen Sie sich nun erstmalig auf dem virtuellen Raspberry Pi ein. In der Regel lautet der entsprechende Benutzername `pi` – das dazugehörige Standardpasswort ist `raspberry` (alles kleingeschrieben).

Das Ausschalten des Raspberry Pi über die Konsole erfolgt einfach über den Befehl `sudo init 0` oder über die grafische Benutzeroberfläche. In diesem Buch wird nun, falls nicht explizit darauf hingewiesen, für die Realisierung des Raspberry Pi in der virtuellen Maschine das VMware-Image verwendet.

1.1.1 Aktuell bleiben: Raspberry per Update frisch halten

Grundsätzlich wäre es ja egal, welche Version das Betriebssystem des Raspberry Pi im genutzten Image hat. Denn, einen schnellen Breitbandinternetanschluss vorausgesetzt, ist das Betriebssystem in wenigen Minuten per Kommandozeile auf den aktuellen Stand gebracht. Hierfür geben Sie nach der Anmeldung auf dem Raspberry Pi folgende Befehle ein (das zweite Kommando holt zu den aktuell installierten Paketen die neuesten Informationen):

```
sudo apt-get install

sudo apt-get update
```

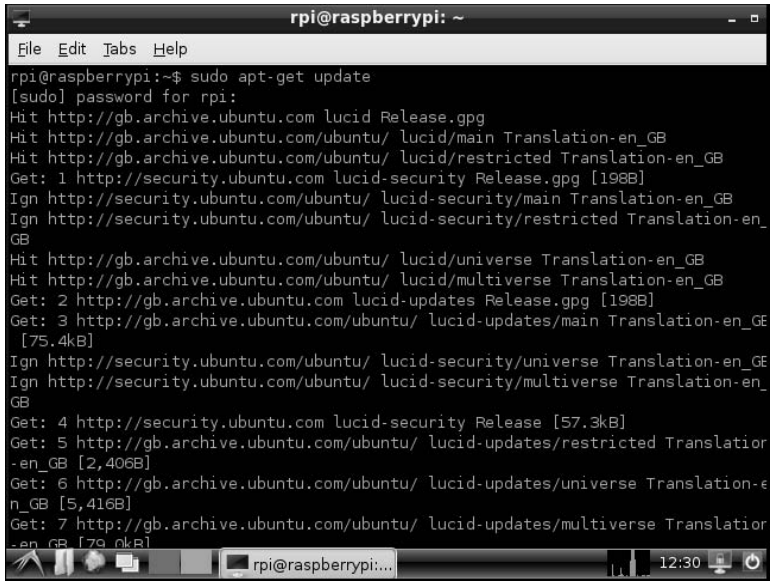


Bild 1.2: Die Aktualisierung und Inbetriebnahme der Updates funktioniert natürlich nur dann, wenn auch die Netzwerkverbindung des virtuellen Raspberry Pi funktioniert.

Mit dem Befehl

```
sudo apt-get upgrade
```

aktualisieren Sie das Betriebssystem und die installierten Anwendungen – theoretisch: Wer sich – wie der Autor – für die Nutzung des VMware-Image entschieden hat, wird nach dem ersten Start der virtuellen Maschine gleich auf die erste Hürde stoßen: Das Netzwerk für den Raspberry Pi ist nicht verfügbar.

Der Grund: Die benötigte eth0-Netzwerkschnittstelle stand auf dem Raspberry Pi nicht zur Verfügung. Um diesen Fehler zu beheben, muss auf dem virtuellen Raspberry Pi manuell nachgebessert werden. Ist das geschehen, holen Sie die genannten Befehle nach, um den Raspberry Pi auf den aktuellen Stand zu bringen.

1.1.2 Netzwerkkopplung: VMware und Raspberry Pi

Grundsätzlich haben Sie verschiedene Möglichkeiten, den virtuellen Host und den physikalischen Computer in Sachen Netzwerk zusammenzubringen bzw. den virtuellen Host in das heimische Netz einzuschließen. Die am meisten genutzte Variante ist der sogenannte Bridged-Mode, in dem die virtuelle Maschine ihre eigene IP-Adresse vom DSL/WLAN-Router in Ihrem Heimnetz zur Verfügung gestellt bekommt.

Auch der NAT-Mode (*Network Address Translation*), in dem sich die virtuelle Maschine und der physikalische Computer die IP-Adresse sozusagen teilen, ist zwar technisch möglich, hat das Problem aber auf dem umgekehrten Weg – sprich, wenn Sie eine Verbindung von außen oder einem anderen Computer im Heimnetz mit dem Gastsystem aufnehmen wollen, ist erst mal Fehlersuche angesagt, um herauszufinden, warum die Verbindung nicht auf Anhieb klappt.

Deshalb: Nutzen Sie also den Bridge-(Brücken-)Anschluss der Virtualisierungssoftware – egal ob Sie das Oracle- oder VMware-Produkt nutzen.

1.2 Netzwerkverbindung eth0 wiederherstellen

Um die benötigte Netzwerkschnittstelle eth0 zu aktivieren, reicht unter VMware das Löschen des sogenannten Mac-Adress-Caches. Hier nutzen Sie diesen Befehl:

```
sudo rm /etc/udev/rules.d/70-persistent-net.rules
```

Nach dem Neustart des Raspberry Pi via

```
sudo reboot
```

steht nun die Netzwerkschnittstelle zur Verfügung, was per `ifconfig`-Befehl in der Konsole überprüft werden kann. Anschließend steht der Aktualisierung des Systems via `sudo apt-get update` nichts mehr im Wege.

1.3 Deutsche Tastatureinstellungen verwenden

Wer in der Konsole des virtuellen Raspberry Pi den einen oder anderen Unix-Befehl genutzt hat, dem wird möglicherweise bei der Angabe von Parametern oder Optionen aufgefallen sein, dass das, was auf den Tasten draufsteht, und das, was in der Konsole ankommt, ein klein wenig unterschiedlich ist – sprich, eine falsch konfigurierte Tastatureinstellung ist aktiv. Wer die deutsche Tastatureinstellung samt Nutzung der Umlaute in der Konsole verwenden möchte, der gibt in der Konsole zunächst den Befehl

```
sudo dpkg-reconfigure console-setup
```

ein, um die Konfiguration der Konsole zu starten.

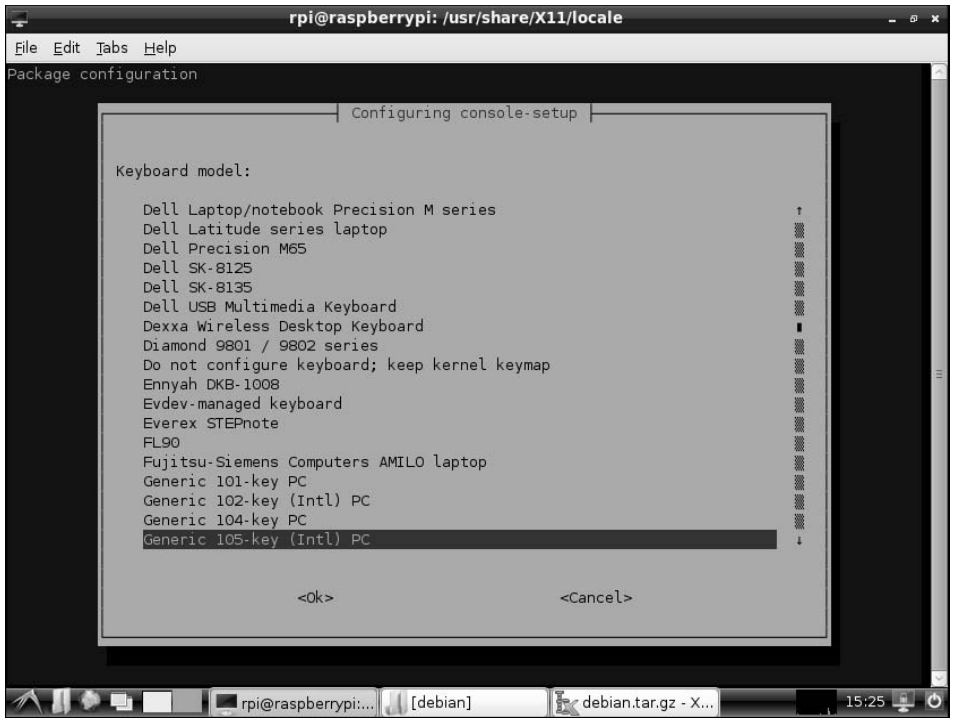


Bild 1.3: Anschließend fragt der Assistent verschiedene Dinge zur genutzten Tastatur sowie Sprache ab, die per Richtungstasten und Tab-Taste selektiert werden können.

Hier erwarten Sie zig Konfigurationsseiten, die allesamt auf `Deutsch/German` umgestellt werden. Diese haben wir aus Platzgründen hier nicht alle abgedruckt.

Bild 1.4: Erfolgreich: Nun funktionieren auch die deutschen Umlaute in der Konsole.

Falls Sie sich bei einer Option nicht sicher sind, behalten Sie einfach die Default-Einstellungen bei. Die gemachten Einstellungen werden nach Abschluss des Assistenten umgehend aktiv.

1.4 Bequemer surfen und Browser nachrüsten

Je nach genutztem Raspberry Pi-Image in der virtuellen Maschine steht auch ein Internetbrowser zur Verfügung: Aufgrund der geringen Systemressourcen ist dies meist der

Midori-Browser. Doch auch alte Bekannte wie Mozilla Firefox und Google Chrome (Chromium) lassen sich mit wenigen Handgriffen nachrüsten:

Dafür öffnen Sie bei gestartetem X-Windows ein Terminalfenster und geben den entsprechenden Installationsbefehl ein, der das Herunterladen des Firefox-Browsers startet:

```
sudo apt-get install firefox
```

Die Portierung von Google Chrome stoßen Sie mit diesem Befehl an:

```
sudo apt-get install chromium-browser
```

Für die Installation von Mozilla Firefox nutzen Sie den Befehl

```
sudo apt-get install firefox
```

Egal welchen Browser Sie nutzen möchten: Weniger ist mehr, legen Sie sich aus Platzgründen am besten auf nur einen Browser fest.

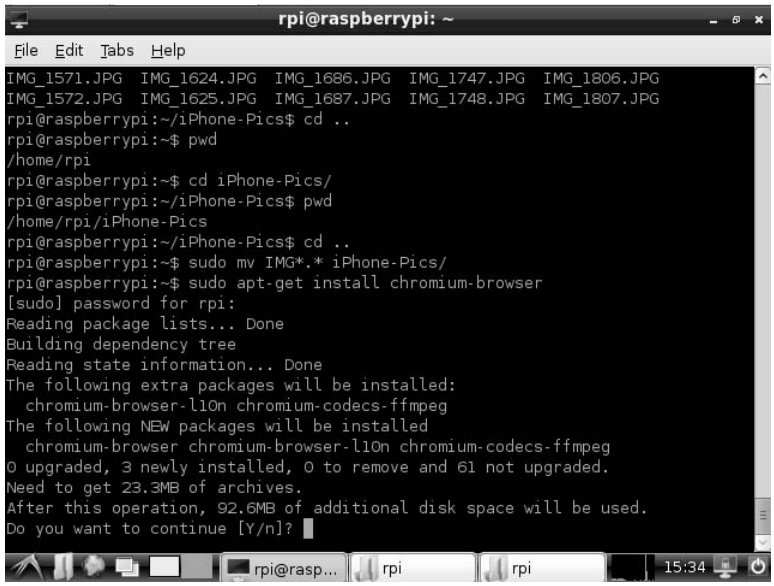


Bild 1.5: Nach dem Herunterladen der Paketinformationen fragt der Installer erst mal nach, ob das Paket heruntergeladen werden soll, und liefert hierzu auch Informationen dazu, wie viel Platz das Paket in etwa auf dem Raspberry Pi beanspruchen wird.

Achtung: In einer virtuellen Maschine ist in der Regel der Speicherplatz en masse vorhanden, auf einer SD-Karte oder auf dem Raspberry Pi jedoch nicht. Deswegen sollten Sie schon jetzt mit zusätzlichen Paketen ein wenig geizen und nur die Pakete herunterladen und installieren, die Sie wirklich benötigen. Sie bekommen so etwas mehr Fingerspitzengefühl und Übung mit den Programmen, die dann später auch zur Verfügung stehen.

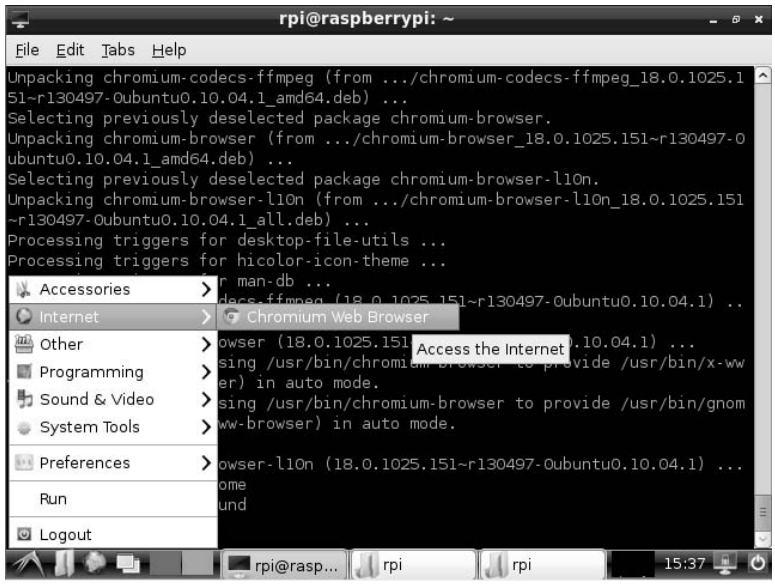


Bild 1.6: Nach der Installation erscheint der installierte Webbrowser unter *Applications*/*Internet*/*Chromium Web Browser* in der grafischen Benutzeroberfläche.

Nach dem Start des Links erscheint der installierte Webbrowser auf der schicken Raspberry Pi-Oberfläche in der virtuellen Maschine.

Bild 1.7: Google ist überall: Selbst für die kleinen Selbstbaurechner stellt Google eine angepasste Chrome-Version bereit.

Das Arbeiten und Ausprobieren des Raspberry Pi in der virtuellen Maschine ist im Vergleich zum »echten« Raspberry Pi natürlich nur halb so spannend – wirklich interessant wird der Einsatz der scheckkartengroßen Platine erst in der Praxis. Haben Sie sich vorab bereits über den Raspberry Pi im Internet informiert, haben Sie bestimmt schon gelesen, dass es hier unterschiedliche Revisionen gibt.

E. F. Engelhardt

Hausautomation mit Raspberry Pi

Hausautomation mit Raspberry Pi

Hausautomation oder Smart Home – ganz egal, welchen Begriff Sie dafür verwenden, mit diesem Buch liegen Sie richtig, wenn Sie mit dem Raspberry Pi Schlagworte wie Bequemlichkeit, Wohnkomfort, Stromüberwachung, Schutz vor Schimmelbefall und Feuchtigkeit, Temperaturregelung, Energie und Geldsparen in Verbindung bringen möchten. Smart Home, das schlaue Haus im Eigenbau – mit dem Raspberry Pi lassen sich grundsätzlich alle Anwendungsszenarien zum Steuern, Regeln und Messen erfassen. Jede der beschriebenen Do-it-yourself-(DIY-)Lösungen zur Realisierung des gewünschten Anwendungszwecks kostet nur einen Bruchteil vergleichbarer kommerzieller Produkte, sofern diese überhaupt verfügbar sind.

Bemerkt der Raspberry Pi beispielsweise über einen Sensor einen Schaden, etwa mittels eines Feuchtigkeitssensors einen Wasserrohrbruch im Keller, sendet er umgehend eine SMS als Schadensmeldung. Ein weiteres Beispiel: Klingelt ein Gast an der Haustür, kann eine entsprechende Benachrichtigung beispielsweise per E-Mail an das Smartphone gesendet werden.

Auch Stromverbrauch und Heizung lassen sich optimieren. Grundsätzlich können mit ein klein wenig Elektronik und einem Raspberry Pi der Energieverbrauch im Alltag und damit die Kosten erheblich gesenkt werden – wenn Sie zumindest wissen, von welcher Seite Sie den Lötkolben anfassen müssen. Eine Voraussetzung ist, dass Sie über den Verbrauch in den entsprechenden Räumen bzw. den Gesamtverbrauch im Detail informiert sind. Mit dem Raspberry Pi und ein paar Sensoren vom Typ DS18B20 in einer Schaltung baut sich die individuelle und preiswerte Temperaturüberwachungslösung fast von selbst.

Doch manchmal ist es allein mit der Temperaturüberwachung nicht getan. Ein sinnvoller Anwendungszweck ist etwa eine elektronische Heizungssteuerung, die, abhängig davon, ob Sie zu Hause sind oder nicht, ob Sie Urlaub haben oder Wochenende ist, genau die gewünschte Wohlfühltemperatur zur Verfügung stellt. Das persönliche Smart Home gewinnt seine speziellen Eigenschaften durch die zentrale Steuerung über den Raspberry Pi – egal, ob Sie die eine kabelgebundene Lösung über 1-Wire, TCP/IP oder per Funkadapter mittels CUL/COC & Co. oder einen Mix daraus einsetzen. Die Ansteuerung der verschiedenen Funksysteme im ISM-Band erfolgt über einen 868-MHz-Funksender, der per USB an den Raspberry Pi angeschlossen wird. Die Anbindung weiterer Aktoren ist auch über 1-Wire-Adapter, die GPIO-Anschlüsse, WLAN, Bluetooth und Ethernet möglich.

Eines noch: Wenn Sie sich für eine flexible und leistungsfähige Smart-Home-Lösung mit dem Raspberry Pi entscheiden, dann müssen Sie sich selbst helfen können – die wenigsten Projekte dazu sind für Anfänger geeignet. Zwar lassen sich zum Beispiel TCP/IP-

Steckdosenlösungen von Rutenbeck auch vom Laien in Betrieb nehmen, den Mehrwert in Sachen Smart Home und Automatisierung übernimmt jedoch hier der Raspberry Pi.

Sind solche kabelgebundenen Lösungen in einer einheitlichen Oberfläche wie dem Open-Source-Projekt FHEM (**F**reundliche **H**ausautomatisierung und **E**nergie-**M**essung) gebündelt, dann zählt auch hier: Das Buch gibt Hilfe zur Selbsthilfe. Gerade FHEM hat seine Ecken, Kanten und tückischen Fallstricke für Anfänger, teils gibt es gut dokumentierte Anleitungen für den Einstieg, doch teils fehlen auch wichtige Teile der Dokumentation, um die Lösung in Betrieb nehmen zu können. Damit dies nicht nur ein nettes Spielzeug für Nerds und Skript-Kiddies bleibt, sondern auch technisch anspruchsvolle Lösungen für die Steuerung von Geräten zu Hause möglich sind, finden Sie in diesem Buch allerhand Möglichkeiten, Ihr Smart Home, die Hausautomatisierung, ganz individuell einzurichten.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit und vor allem viel Nutzen von diesem Buch!

Autor und Verlag

Sie haben Anregungen, Fragen, Lob oder Kritik zu diesem Buch? Sie erreichen den Autor per E-Mail unter *ef.engelhardt@gmx.de*.

Inhaltsverzeichnis

1 Heimnetzwerk + Heimautomation = Smart Home 11

1.1 Pflichtprogramm: LAN/WLAN-DSL-Router 11

1.1.1 Gemeinsamer Nenner: das TCP/IP-Protokoll 12
1.1.2 DHCP, Gerätenamen und Gateway 14
1.1.3 Übermittlung von IP-Adressen im Internet 14
1.1.4 Aus dem Internet sieht man nur den Router 16
1.1.5 Zugriff aus dem Internet? DynDNS konfigurieren 16
1.1.6 Raspberry Pi im DSL-WLAN-Router konfigurieren 17
1.1.7 Konfiguration einer Portfreigabe 18
1.1.8 Mehr Sicherheit: Benutzerkonten absichern 19

1.2 Raspberry Pi als Funkzentrale: Standards und Anschlüsse 20

1.2.1 Durchblick im Funk-Dschungel: FS20 Vs HomeMatic 21
1.2.2 COC: angepasstes CUL-Modul für den GPIO-Einsatz 22
1.2.3 CUL: USB-Alternative für den Raspberry Pi 24

1.3 Kontra Konfigurationsfrust: FHEM im Einsatz 27

1.3.1 FHEM über die Kommandozeile installieren 27
1.3.2 COC-Erweiterung im Einsatz: FHEM-Startskript anpassen 29
1.3.3 CUPS im bereits im Betrieb? Praxishürden überwinden 31
1.3.4 Grundkonfiguration von FHEM 31
1.3.5 Der erste Start von FHEM 34
1.3.6 Mehr Sicherheit: HTTPS einschalten 37
1.3.7 FHEM mit Zugriffskennwort absichern 39
1.3.8 Funkkomponenten in Betrieb nehmen 40

1.4 Cloud-Funktionen im Eigenbau: ownCloud im Einsatz 45

1.4.1 Raspberry Pi für ownCloud vorbereiten 46
1.4.2 ownCloud: Installation und Konfiguration 51

2 Coole Projekte zum Messen, Steuern, Regeln 55

2.1 Netzausfall überwachen: Raspberry Pi als SMS-Gateway 55

2.1.1 Bluetooth-Schnittstelle und Gnokii in Betrieb nehmen 56
2.1.2 SMS-Versand über die Kommandozeile 61
2.1.3 Raspberry Pi über SMS-Nachrichten steuern 64

2.2 Schalter im Eigenbau: GPIO ausreizen 65

2.2.1 GPIO-Pin-Belegung aufgeklärt 66
2.2.2 GPIO-Zugriff ohne Umwege mit WiringPi 67

2.2.3 WiringPi: die Pin-Belegung im Detail 69
2.2.4 Nummer 5 lebt: GPIO-API im Einsatz....70
2.3 PIR-Wachhund im Selbstbau 71
2.3.1 Shell-Skript für Bewegungsmelder 74
2.3.2 PIR im Dauereinsatz: das Skript als Daemon nutzen....75
2.3.3 WiringPi-API und Python....78
2.4 Briefkastenalarm und Benachrichtigung im Eigenbau 79
2.4.1 Reed-Schalter und Sensoren im Einsatz 80
2.4.2 Shell-Skript für Schaltereinsatz....81
2.5 Fotograf im Vogelhaus: Paparazzi Raspberry Pi 83
2.5.1 Fotograf im Vogelhaus: fswebcam via Shell nutzen 84
2.5.2 Kamera und Bewegungsmelder: Piri-Skript aufbohren....85
2.5.3 Ohne Strom nix los: Akkupack auswählen....87
2.5.4 Vogelhaus-Montage: kleben und knipsen 88
2.6 Raspberry Pi unter Strom: Smart Home im Eigenbau 89
2.6.1 Einbau und Anschluss eines Drehstromzählers....92
2.6.2 1-Wire-USB-Connector im Einsatz....93
2.6.3 1-Wire-Bus und 1-Wire-USB-Connector prüfen....96
2.6.4 OWFS: kompilieren und installieren 98
2.6.5 Zählermodul am Raspberry Pi in Betrieb nehmen 104
2.6.6 FHEM-Konfiguration für Stromzähler....106
2.7 Raspberry Pi als elektronischer Wetterfrosch 109
2.7.1 USB-Wetterstation in Betrieb nehmen 110
2.7.2 pywss: mit crontab regelmäßig Daten holen....118
2.7.3 Wettervorhersage zu Hause: Raspberry Pi als Wetterfrosch 119
2.8 Stromrechnung senken mit dem Raspberry Pi 125
2.8.1 Markenprodukt oder China-Ware?....126
2.9 Für Profis: IP-Steckdose im Sicherungskasten.... 127
2.9.1 TCR IP 4 in Betrieb nehmen 128
2.9.2 Manchmal praktisch: HTTP-Hintertür nutzen....131
2.9.3 Rutenbeck-Schalter über Terminal und Skript steuern 131
2.9.4 Hacking Rutenbeck: Schalten über HTTP-Adresse....132
2.10 TC IP 1: Apple-Design und geniale Funktionen.... 135
2.10.1 Waschmaschine und Trockner überwachen....136
2.11 Für Konsolenfetischisten: Steckdose über UDP steuern.... 138
2.11.1 UDP-Steuerung mit Python 145
2.11.2 Energiemessung und mehr: TC IP 1 WLAN und FHEM 146
2.12 Licht, Steckdosen oder Heizung steuern: Siri im Einsatz.... 148
2.12.1 Siri: Sekretärin in der Hosentasche 149
2.12.2 iPhone: Kontakt für Gerät erstellen und konfigurieren 150

2.13 Billigsteckdosen-Modding: Schalten über GPIO-Ausgänge 152
2.13.1 Taugliche Funksteckdosen finden: Fernbedienung entscheidend! 152
2.13.2 Funksteckdosen mit GPIO von Raspberry Pi koppeln 154
2.13.3 China-Chip: Schaltung entschlüsselt 155
2.13.4 Prinzip und Aufbau 156
2.13.5 Steckdosen schalten mit der Shell 160
2.13.6 Steckdosen schalten mit Python 162
2.14 Baumarkt-Steckdosen und FHEM koppeln 163
2.14.1 DIP-Schalter-Codierung entschlüsselt 163
2.14.2 DIP-Schalter und FHEM verknüpfen 164
2.15 Computer und Haushaltselektronik steuern 166
2.15.1 Sicheres Login ohne Passwort: SSH Keys im Einsatz 167
2.15.2 NAS-Server: Netzwerkfestplatten konfigurieren 168
2.15.3 Raspberry Pi per Windows-Desktopverknüpfung schalten 169
2.15.4 Manchmal trickreich: SSH-Parameter finden 171
2.15.5 Windows-Computer per Shell-Kommando schalten 172
2.15.6 Shutdown-Skript erstellen 174
2.15.7 Shell-Skript und FHEM verbinden 176
2.16 Richtig abschalten: Drucker-Stand-by eliminieren 177
2.16.1 Drucker vorbereiten: CUPS installieren 178
2.16.2 CUPS-Backend anpassen 178
2.16.3 Skript zum Schalten der Steckdose 180
2.16.4 FHEM-Konfiguration der FS20-Druckersteckdose 182
2.17 Garage und Türen mit dem Smartphone öffnen 185
2.17.1 Handy, Tablet & Co.: Bluetooth als Aktor 186
2.17.2 To be or not to be Admin: root-Werkzeuge für Benutzer 189
2.17.3 Shell-Skript für Bluetooth-Erkennung erstellen 191
2.18 Türklingelbenachrichtigung per E-Mail 192
2.18.1 Vorarbeiten: Einbau des Funkmoduls in Klingel 193
2.18.2 Schnell erledigt: Funkmodul konfigurieren 194
2.18.3 E-Mail auch für die Klingel: sendEmail installieren 195
2.18.4 Shell-Fotografie mit der Klingel: fswebcam im Einsatz 198
2.18.5 Skript für Mailversand erstellen 199
2.18.6 FHEM und Raspberry Pi verheiraten 202
2.19 Der richtige Dreh: Heizung- und Temperatursteuerung mit dem Raspberry Pi 204
2.19.1 Steckboard sei Dank: Temperaturmessung im Eigenbau 204
2.19.2 Temperatursensor in Betrieb nehmen 208
2.19.3 Funktion des Temperatursensors prüfen 209
2.19.4 Kernel-Module automatisch laden 211
2.19.5 Heizungsverbrauch messen und dokumentieren 212

2.20 Gesund und sparsam heizen statt Geld verheizen 215
2.20.1 Funkheizkörpermodule im Einsatz 217
2.20.2 Steuereinheit mit dem Funkthermostaten verheiraten 219
2.20.3 Kopplung mit Fenster und Türen.....220
2.20.4 Heizungsreglereinheit mit Raspberry Pi koppeln 220
2.20.5 Temperaturen in Haus und Wohnung steuern.....222
2.21 Raspberry Pi als Ninja: Ninja Blocks 2.0 pimpen..... 224
2.21.1 Ninja Blocks 2.0 in Betrieb nehmen 225
2.21.2 Grundeinstellungen und WLAN-Einrichtung.....228
2.21.3 Ninja, mach mal, aber dalli! Regeln aufstellen.....231

1 Heimnetzwerk + Heimautomation = Smart Home

Die Schnittstelle zwischen dem Internet und dem Heimnetz ist das heimische Internet-Zugangsgerät – in der Regel der DSL-WLAN-Router. Gemeinsam mit dem Raspberry Pi verfügt der DSL-WLAN-Router nicht nur über performante Prozessorleistung zur Verarbeitung der Daten, die auch in Sachen Hausautomation im Bereich Messen, Steuern, Regeln anfallen, er ist in der Regel auch dauerhaft online und damit an sieben Tagen 24 Stunden im Einsatz. In Ihrem Heimnetz können Sie noch viel mehr machen als Daten im Internet bereitstellen oder simple Dateien hin- und herschieben und den NAS-Server mit Multimedia-Dateien befüllen: Sie können den Raspberry Pi in Ihrem Heimnetz als Mastermind betreiben, das sämtliche Geräte im Haushalt steuert und überwacht.

Heute ist das Thema Netzwerkeinrichtung zu Hause eigenlich keine große Sache mehr – knifflig wird es erst, wenn unterschiedliche Computer vernetzt und mit gewöhnlichen Haushaltsgeräten gekoppelt werden sollen. Dann muss man ein wenig Hand anlegen, damit es klappt. Anschließend können Sie mit dem Raspberry Pi über das Kabel- oder Funknetzwerk weitere Geräte, etwa Heizung, Lichtschalter, Waschmaschine, Klingelanlage und was noch alles in einem Haushalt an Gerätschaften benötigt wird, bequem steuern und kontrollieren.

1.1 Pflichtprogramm: LAN/WLAN-DSL-Router

Um die Verteilung der Daten in Ihrem Heimnetzwerk kümmert sich in der Regel ein Switch bzw. ein Router, der den Datenverkehr gezielt steuert und die Netzbelastung in Grenzen hält. Der Router wickelt sozusagen alle Aufträge ab, die von den Clients an ein anderes Netz geschickt werden. Ob es sich beim adressierten Netz um ein weiteres Unternehmensnetz handelt oder um das Internet, spielt keine Rolle.

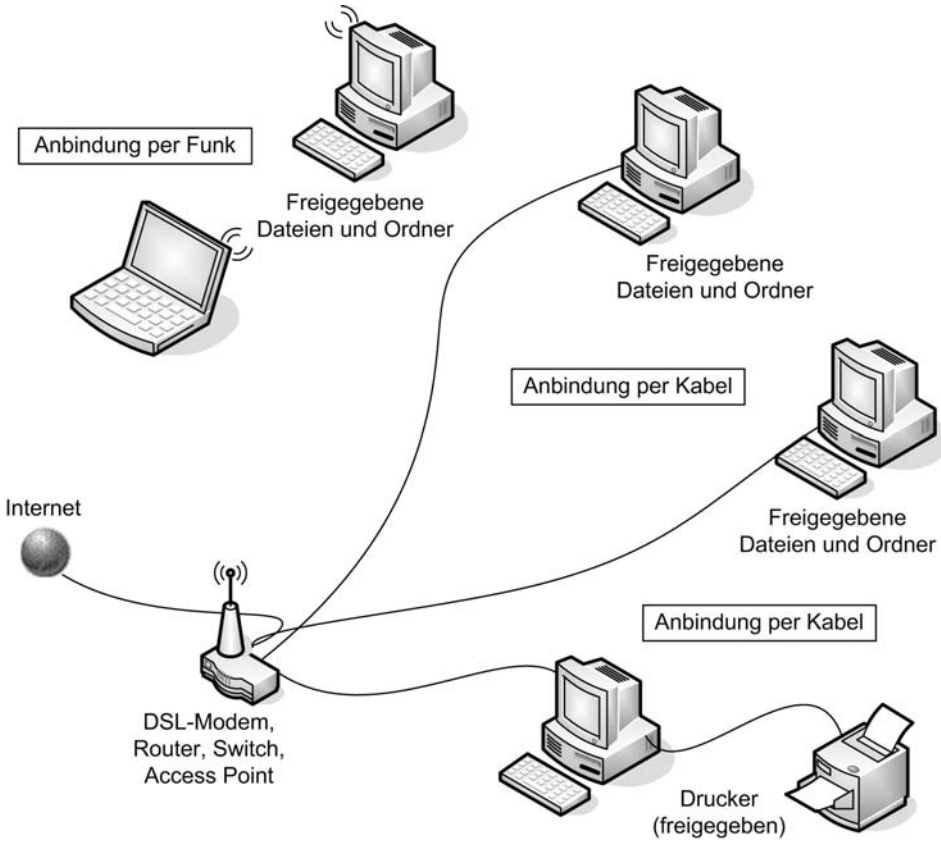


Bild 1.1: Beispiel eines Netzwerks, bestehend aus Kabel- und WLAN-Verbindungen mit Datei- und Druckerfreigaben

Wie auch immer in Ihrem Netzwerk Daten übertragen werden und welches Betriebssystem Sie auch einsetzen, an TCP/IP, der Internetprotokollfamilie, kommen Sie nicht vorbei. Jetzt brauchen Sie sich aber nicht mit so diffizilen Dingen wie Protokollschichten, Headern oder dergleichen herumzuschlagen, für Sie genügen die Basics der Adressierung. Außerdem müssen Sie wissen, dass TCP/IP festlegt, wie Daten im Internet und im Netzwerk übermittelt werden. Bei einer Netzwerkverbindung oder einer Internetverbindung wird keine direkte Verbindung zwischen zwei Punkten hergestellt, wie das beispielsweise beim Telefonieren der Fall ist.

1.1.1 Gemeinsamer Nenner: das TCP/IP-Protokoll

Die Daten werden vielmehr in kleine Pakete zerlegt und auf den Weg zum Ziel geschickt. Wo sie hinmüssen, steht in der Adresse. Am Ziel werden die Pakete wieder in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt. Auch das wird über TCP/IP gesteuert, denn Reihenfolge und Anzahl der Pakete werden ebenfalls übermittelt. Dazu kommen noch

ein paar Prüfgeschichten und sonstige Informationen – das muss Sie aber nicht interessieren. Damit ein Rechner über TCP/IP angesprochen werden kann, muss seine Adresse, die sogenannte IP-Adresse, bekannt sein. Die Adressierung ist bei TCP/IP in ihrer Struktur festgelegt. Auf der Basis von Version IPv4 können bis zu 4.294.967.296 Rechner in ein Netzwerk integriert werden. IPv4 nutzt 32-Bit-Adressen, die Weiterentwicklung IPv6 hingegen setzt auf 128-Bit-Adressen.

Eine TCP/IP-Adresse ist immer gleich aufgebaut: Sie setzt sich zusammen aus einem Netzwerkteil und einen Hostteil (Adressenteil). In der Regel ist die 32-Bit-Adresse in einen 24-Bit-Netzwerkteil und einen 8-Bit-Hostteil aufgeteilt. Der Hostteil wird im LAN (im lokalen Netzwerk) zugeteilt, während der Netzwerkteil von der IANA (**I**nternet **A**ssigned **N**umbers **A**uthority) vergeben wird, die über die offiziellen IP-Adressen wacht.

Für die Konfiguration des Hostteils sind in einem sogenannten Class-C-Netzwerk – das ist ein typisches privates Netz – 254 Geräteadressen für angeschlossene Clients verfügbar. Die Endadresse 255 ist für den Broadcast (zu Deutsch: Rundruf, also Übertragung an alle) reserviert, während die Adresse 0 für das Netzwerk selbst reserviert ist.

Für die Aufteilung des Netzwerk- und Hostteils ist die Netzmaske zuständig: Im Fall eines Class-C-Netzwerks gibt die Adresse *255.255.255.0* eine sogenannte Trennlinie zwischen beiden Teilen an. Die binäre *1* steht für den Netzwerkteil, und die *0* steht für den Adressteil.

So entspricht die Netzwerkmaske

```
255.255.255.0
```

binär:

```
11111111.11111111.11111111.0000000
```

Die ersten 24 Bit (die Einsen) sind der Netzwerkanteil.

Sie müssen sich aber gar nicht mit der Adressvergabe herumschlagen, denn der heimische Rechner ist immer mit den folgenden Daten ansprechbar. So sind einige Klassen von Netzwerkadressen für spezielle Zwecke reserviert. Man kann an ihnen ablesen, mit welchem Netzwerk man es zu tun hat. Beispielsweise ist eine IP-Adresse beginnend mit *192.X.X.X* oder *10.X.X.X* ein internes, in Ihrem Fall ein Heimnetzwerk.

Adressbereich	*Netzwerk*
192.168.0.0	Heimnetz, bis zu 254 Clients
172.16.0.0	Unternehmensnetz, bis zu 65.000 Clients
10.0.0.0	Unternehmensnetz, bis zu 16 Mio. Clients

Sobald aus einem heimischen Rechner ein Netz mehrerer Computer wird, beginnt die IP-Adresse mit *192.168.0.* Auf dieser Basis können in das Netz bis zu 254 Geräte eingebunden werden, indem die letzte Zahl von 0 bis 254 hochgezählt wird. Allerdings hat

kaum jemand zu Hause so viele Geräte im Einsatz, es wird bei überschaubaren Adressbereichen bleiben.

1.1.2 DHCP, Gerätenamen und Gateway

Gewöhnen Sie sich für die Vergabe der IP-Adressen entweder die automatische Zuweisung via DHCP oder eine statische Zuweisung mit festen Adressen an. Wenn Sie mit festen Adressen arbeiten, sollten Sie gegebenenfalls nur ausgewählte, leicht merkbare IP-Adressen verwenden, also *192.168.0.1* für den Router, *192.168.10* für den zentralen Rechner und für weitere die Endnummer *20*, *30* etc. Wer generell Schwierigkeiten hat, sich die Nummern zu merken, kann die Computer beispielsweise nach Alter nummerieren – in der Regel weiß man genau, welchen PC man zuerst gekauft hat.

Der Vollständigkeit halber sei hier auch das sogenannte Gateway erwähnt. Innerhalb des Heimnetzwerks können sämtliche Geräte direkt miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Soll hingegen eine Verbindung zu einem Gerät aufgebaut werden, das sich nicht innerhalb des adressierbaren Adressbereichs befindet, müssen diese Heimnetze miteinander verbunden werden. Diese Aufgabe übernimmt das Gateway bzw. der Router, der quasi sämtliche verfügbaren Netzwerke kennt und die Pakete bzw. Anforderungen entsprechend weiterleitet und empfängt. Im Internet sind demnach einige Router in Betrieb, da es technisch nahezu unmöglich ist, dass ein einzelner Router alle verfügbaren Netze kennt und direkt adressieren kann.

In der Regel hat der Router auch einen DHCP-Server eingebaut, der für die Vergabe der IP-Adressen im Heimnetz zuständig ist. Sind Daten für eine IP-Adresse außerhalb des Heimnetzes bestimmt, werden sie automatisch an das konfigurierte Standard-Gateway, also den Router, weitergeleitet. Verbindet sich der heimische DSL-WLAN-Router mit dem Internet, versteckt er das private Netz hinter der öffentlichen IP-Adresse, die der DSL-WLAN-Router beim Verbindungsaufbau vom Internetprovider erhalten hat. Dieser Mechanismus der Adressumsetzung, NAT (**N**etwork **A**ddress **T**ranslation) genannt, sorgt dafür, dass die Datenpakete vom Heimnetz in das Internet (und wieder zurück) gelangen.

1.1.3 Übermittlung von IP-Adressen im Internet

Alle Server im Internet sind ebenfalls über eine IP-Adresse ansprechbar, aber das könnte sich keiner merken. Wer weiß schon, dass sich hinter *217.64.171.171 www.franzis.de* verbirgt? Deshalb gibt es im Internet zentrale Server, deren einzige Aufgabe darin besteht, für die von Ihnen eingegebene Internetadresse (URL) den richtigen Zahlencode bereitzustellen.

Nichts anderes passiert nämlich bei der Eingabe der URL: Der Rechner übermittelt seine Anfrage im Klartext an den sogenannten **D**omain **N**ame **S**erver (DNS). Ein DNS-Server führt eine Liste mit Domainnamen und den IP-Adressen, die jedem Namen zugeordnet sind.

Wenn ein Computer die IP-Adresse zu einem bestimmten Namen benötigt, sendet er eine Nachricht an den DNS-Server. Dieser sucht die IP-Adresse heraus und sendet sie an den PC zurück. Kann der DNS-Server die IP-Adresse lokal nicht ausfindig machen, fragt er einfach andere DNS-Server im Internet, bis die IP-Adresse gefunden ist. Damit die Daten, die Sie angefordert haben – und im Internet wird jede Seite aus übermittelten Daten aufgebaut –, auch wieder zu Ihnen bzw. zu Ihrem Rechner zurückgelangen, braucht der Server Ihre IP-Adresse. Nun wird nicht jedem Internetteilnehmer kurzerhand eine IP-Adresse verliehen – dafür gibt es einfach nicht genug Adressen. Stattdessen hat jeder Provider einen Pool mit IP-Adressen, die jeweils nach Bedarf vergeben werden.

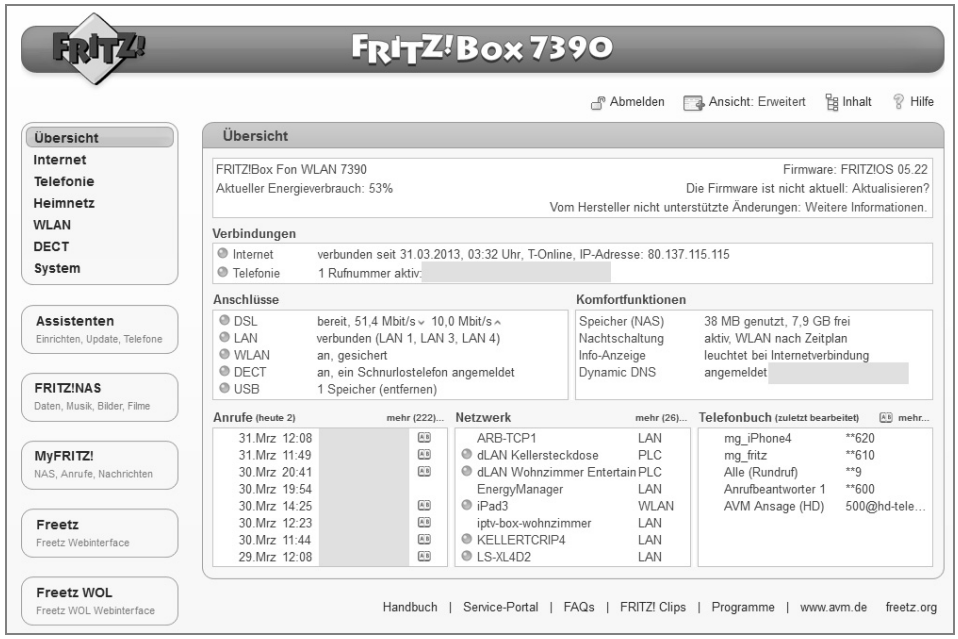


Bild 1.2: Wenn Sie sich in das Internet einloggen, teilt Ihnen der Provider eine Adresse zu, die so lange gültig ist, bis Sie die Verbindung trennen oder bei einem DSL-Anschluss 24 Stunden vorbei sind. Bei der nächsten Einwahl erhalten Sie eine andere Adresse aus dem Pool.

Diese Technik ist quasi nichts anderes als die eines DHCP-Servers (**D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol). Damit bekommen alle an ein Netzwerk angeschlossenen Computer, egal ob WLAN oder nicht, automatisch die TCP/IP-Konfiguration zugewiesen. Zusammen mit Ihrer Anfrage bei einer URL wird also Ihre eigene dynamische Adresse übermittelt, damit Sie auch eine Antwort bekommen.

1.1.4 Aus dem Internet sieht man nur den Router

Wenn Sie Ihr Netzwerk mit einem Router für den Internetzugang ausstatten, übernimmt Ihr Router künftig einen Teil der Aufgaben rund um die Adressierung. Das macht Ihnen das Leben nicht nur etwas leichter, sondern vor allem viel sicherer, denn nach außen tritt lediglich der Router in Erscheinung, Ihren PC bekommt das Internet nicht so leicht zu sehen. Das beginnt schon damit, dass von außen nicht mehr die zugewiesene Adresse des Rechners zu sehen und zu verwenden ist, sondern die des Routers. Alle Anfragen stellt der Router, alle Antworten nimmt er entgegen und leitet sie netzwerktechnisch betrachtet als Switch innerhalb des heimischen Netzes an den passenden Rechner weiter.

Für den Router gibt es also intern den Nummernkreis *192.168.X.X* und nach außen alle anderen. Der einzelne Rechner ist nicht mehr direkt ansprechbar, sondern die Adresse ist immer die des Routers. Das ist ein erster Schritt in Richtung mehr Sicherheit im Internet, denn nun kann nicht mehr direkt auf möglicherweise offene Ports Ihres Rechners oder eines anderen im Netz zugegriffen werden. Noch mehr Sicherheit bietet eine im Router aktivierte Firewall, deren Ziel es ist, nur zulässige und ungefährliche Pakete durchzulassen und bestimmte Pakete kurzerhand abzulehnen. Sie nehmen ja auch nicht jede Nachnahme an.

1.1.5 Zugriff aus dem Internet? DynDNS konfigurieren

Möchten Sie Ihre Heimnetz-Steuerzentrale auf dem Raspberry Pi auch über das Internet erreichen, etwa weil Sie vom Büro aus die Heiztemperatur im heimischen Wohnzimmer regeln möchten, dann benötigen Sie für Ihren DSL/WLAN-Router zu Hause eine dynamische DNS-Lösung. Mithilfe einer dynamischen IP-Adresse machen Sie den WLAN/DSL-Router im Internet bekannt, und mit einem Raspberry Pi stellen Sie die Steuerung für die Gerätschaften im Heimnetz oder im Internet zu Verfügung. Jedes Mal, wenn Sie sich in das Internet einloggen, bekommt Ihr DSL-WLAN-Router automatisch vom Provider eine IP-Adresse zugeteilt. TCP und IP sind die wichtigsten Protokolle, die für die Kommunikation zwischen Rechnern möglich sind. Es gibt jedoch weitere Protokolle und Techniken wie beispielsweise SSH, mit denen Sie beim Lesen dieses Buchs in Berührung kommen. TCP/IP kommt in einem Netzwerk zum Einsatz, und jeder Computer, der in einem Netzwerk TCP/IP nutzen möchte, braucht eine IP-Adresse. Diese IP-Adresse lautet bei jeder Einwahl anders – sie stammt aus einem IP-Adressenpool, den der Provider reserviert hat.

DNS: Namen statt Zahlen

Der Vorteil von DNS ist, dass Sie den Computer auch über seinen Namen ansprechen können. Es ist einfacher, statt einer IP-Adresse wie *http://192.168.123.1* die Adresse *http://IHRDOMAINNAME.dyndns.org* einzutippen. Man kann sich nämlich Namen leichter merken als Zahlen bzw. IP-Adressen. Für das dynamische DNS gibt es verschiedene Anbieter, die ihre Dienste zum Teil kostenlos anbieten.

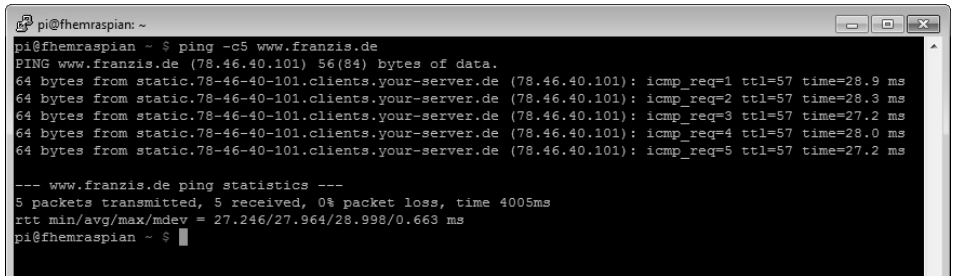


Bild 1.3: Mit dem Befehl *ping DNS-Name* finden Sie die IP-Adresse eines DNS-Namens heraus. In diesem Beispiel lautet die IP-Adresse für *www.franzis.de 78.46.40.101*.

Geben Sie beispielsweise *http://IHRDOMAINNAME.dyndns.org* in die Adressleiste des Webbrowsers ein, erkennt dieser am *http*-Kürzel, dass er das HTTP-Protokoll verwenden muss. Der doppelte Schrägstrich // bedeutet, dass es sich um eine absolute URL handelt. Mit der URL *IHRDOMAINNAME.dyndns.org* wird ein Kontakt zu dem DNS-Server Ihres ISP (**I**nternet **S**ervice **P**rovider) hergestellt. Damit wird dieser DNS-Name in eine IP-Adresse umgewandelt.

Neben DynDNS gibt es noch weitere Anbieter, die eine solche Funktionalität zur Verfügung stellen. Drei typische kostenlose sind die in der folgenden Tabelle aufgeführten. Die Vorgehensweise ist im Prinzip immer die gleiche, für welche Sie sich entscheiden, bleibt Ihnen überlassen.

Anbieter (kostenlos)	
no-ip.com	www.no-ip.com
DynDNS	www.dyndns.org
Open DNS Belgien	www.opendns.be

Egal für welchen Anbieter Sie sich entscheiden, die nachstehende Prozedur des Registrierens und Einrichtens sowie die Konfiguration des Clients bleiben Ihnen nicht erspart. Im nächsten Schritt richten Sie den DSL-WLAN-Router so ein, dass Sie aus dem Internet Zugriff auf den Raspberry Pi bekommen – am besten über einen Port, der nur Ihnen bekannt ist.

1.1.6 Raspberry Pi im DSL-WLAN-Router konfigurieren

Die TCP- und UDP-Ports (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) sorgen für die Kommunikation auf Netzwerk- bzw. Anwendungsebene. Grundsätzlich gilt auch hier: Weniger ist mehr. Je weniger Ports geöffnet und Dienste verfügbar sind, desto weniger Angriffsfläche stellt der DSL-Router nach außen dar. So können Sie die Nutzung bestimmter Internetdienste wie das Surfen im WWW (HTTP), das **F**ile **T**ransfer **P**rotokoll (FTP) und viele andere für alle oder einige Benutzer in Ihrem Netzwerk blockieren.

Doch Vorsicht: Wird der Router zu sicher eingestellt, leidet die Funktionalität, weil bestimmte Programme nicht mehr richtig funktionieren. Wer beispielsweise einen Webserver (HTTP-Protokoll mit Port 80) hinter einem Router betreiben möchte, der muss den DSL-Router so einstellen, dass die Anfragen aus dem Internet auch bis zum Raspberry Pi-Webserver kommen können. Erst dann kann dieser reagieren und die Anfragen beantworten. Welchen Port Sie öffnen, hängt von dem eingesetzten Serverprogramm und vor allem von Ihren persönlichen Ansprüchen und Sicherheitsbedürfnissen ab.

Der Router kann auch so eingestellt werden, dass bestimmte Ports am Router offen sind, die Daten, die dort ankommen, aber nur an einen bestimmten Rechner bzw. eine bestimmte IP-Adresse weitergeleitet werden. Diese Technik läuft unter Portweiterleitung bzw. Port-Triggering. Die Porteinstellungen des WLAN-Routers nehmen Sie über die Weboberfläche vor. Im Falle einer FRITZ!Box ist das der Dialog *Internet/Portfreigabe* auf der Weboberfläche.

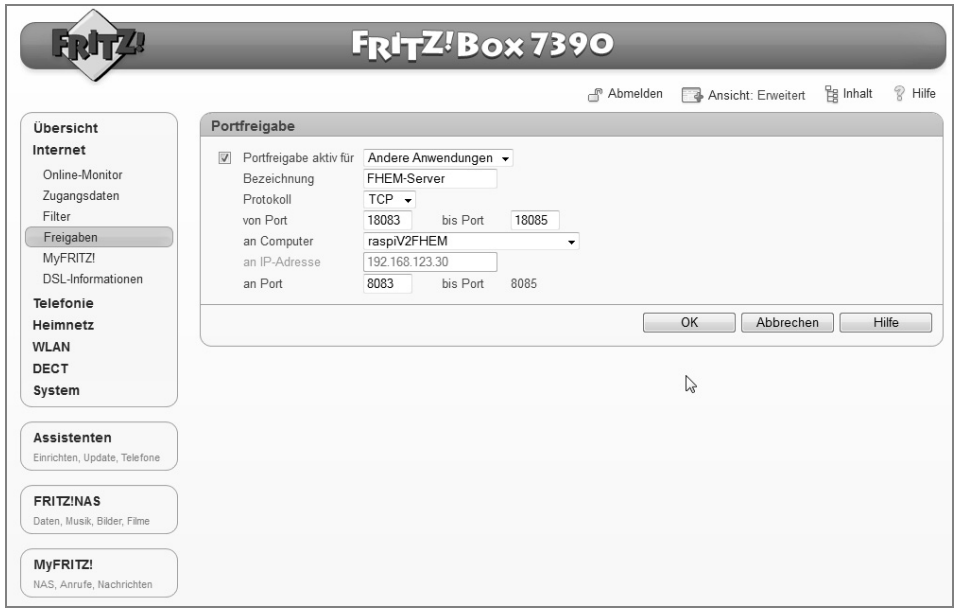


Bild 1.4: Per Klick auf die Schaltfläche *Freigaben* richten Sie eine neue Verbindung von außen mit dem Raspberry Pi im Netzwerk ein. In diesem Fall ist die Weboberfläche von außen über die Ports *18083* bis *18085* erreichbar, während im Heimnetz die Standardports *8083* bis *8085* genutzt werden.

1.1.7 Konfiguration einer Portfreigabe

Achten Sie darauf, dass bei der Konfiguration einer Portfreigabe die Zieladresse immer gleich bleibt. Hier ist es möglicherweise besser, für den Zielrechner im heimischen Netz

eine feste IP-Adresse einzurichten. Verwenden Sie im Zweifelsfall statt einer DHCP-Adresse für den Computer eine statische IP-Adresse.

Mithilfe der FRITZ!Box-Portfreigabe lassen sich Dienste und verwendete Ports explizit bestimmten Rechnern im Heimnetz, in diesem Fall dem Raspberry Pi, zuordnen. Abhängig vom DSL-Router-Modell ist auch der umgekehrte Fall möglich, und es lassen sich ebenfalls bestimmte Dienste und Ports für bestimmte Rechner blockieren. Bei Netgear-Modellen ist dafür der Schalter *Dienste sperren/Block Services* zuständig, mit dem Sie den Internetzugang bestimmter Benutzer in Ihrem lokalen Netzwerk basierend auf deren IP-Adressen sperren können.

Bild 1.5: Die *Dienstetabelle* listet bei Routern aus dem Hause Netgear alle Dienste auf, die gegenwärtig gesperrt werden. Sie können Dienste dieser Tabelle hinzufügen oder sie auch daraus löschen.

Zusätzlich können Sie die Dienstsperrung bei manchen Routern auch von der Zeitplanung abhängig machen.

1.1.8 Mehr Sicherheit: Benutzerkonten absichern

Spätestens jetzt, wenn der Raspberry Pi über das Internet erreichbar ist, ist es auch Zeit, ihn bzw. die entsprechenden Userkonten abzusichern, um möglichen Einbrechern wenig Zerstörungsspielraum zu geben. Grundsätzlich sollten Sie das Standard-Benutzerkonto `pi` bereits angepasst und das Standard-Kennwort `raspberry` auf ein sicheres Kennwort Ihrer Wahl geändert haben. Dies erledigen Sie bekanntlich mit dem Kommando:

```
sudo passwd pi
```

Sie geben das neue Kennwort ein und bestätigen dies im zweiten Schritt. Mit der Benutzerkennung `pi` können Sie sich auch die administrativen root-Rechte mittels `sudo`-Kommando holen.

Wer für das root-Konto auf dem Raspberry Pi ebenfalls ein persönliches Konto setzen möchte, der erledigt dies mit den Befehlen:

```
sudo -i
passwd
```

Hier tragen Sie zunächst das neue Kennwort und anschließend die Kennwortbestätigung ein, um das root-Konto mit einem persönlichen Kennwort abzusichern.

1.2 Raspberry Pi als Funkzentrale: Standards und Anschlüsse

Grundsätzlich benötigen Sie einen passenden Adapter, der das eingesetzte Funkprotokoll wie beispielsweise LON, BACnet, KNX, EnOcean, FS20 oder HomeMatic unterstützt. Bei den Platzhirschen wie FS20 oder HomeMatic stehen beispielsweise mit dem FHZ1000-Modul (FS20) oder dem LAN-Adapter (HomeMatic) quasi Herstellerschnittstellen auch für den Raspberry Pi über USB zur Verfügung. Diese sind etwas teurer als die Alternativen, die es beispielsweise von Drittanbietern gibt, wie *busware.de* mit dem CUL-Stick (hier der CC1101) oder dem COC-Modul, die beide in der Lage sind, Hausautomations-Steuersignale von Protokollen auf dem 868-MHz-Frequenzbereich zu empfangen und zu senden.

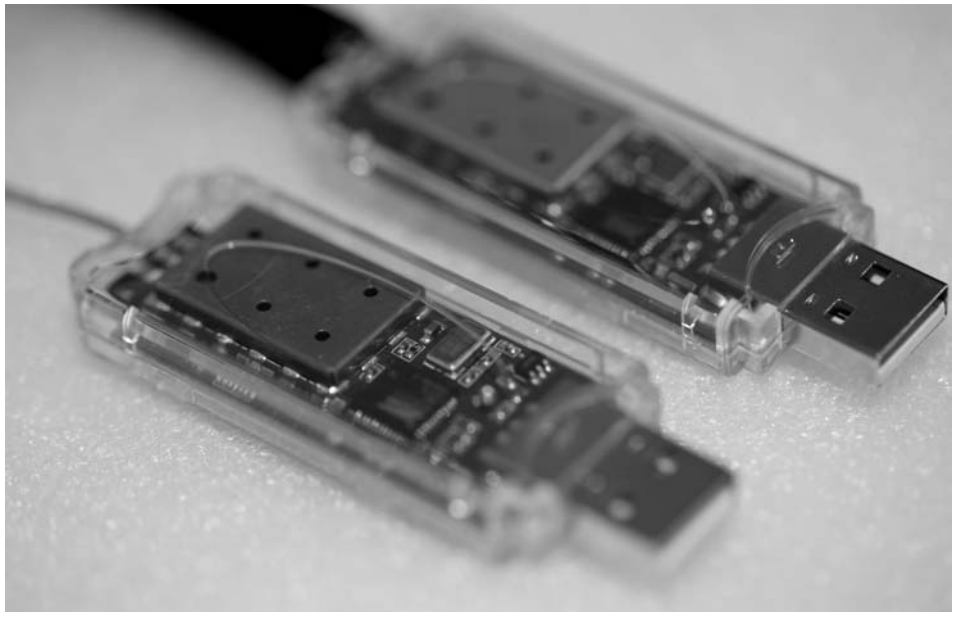


Bild 1.6: Doppelt gesteckt hält besser: Wer sowohl FS20 als auch HomeMatic gleichzeitig in einem Funknetz betreiben möchte, benötigt zwei unterschiedlich konfigurierte CUL-Module.

Damit ist die Alternative grundsätzlich fähig, sowohl mit FS20- als auch mit HomeMatic-Geräten im Funknetz zu kommunizieren – beide Standards sind jedoch miteinander inkompatibel. Möchten Sie beide in einem Funknetz betreiben, dann benötigen Sie zwei entsprechende 868 MHz-Transceiver-Dongles – einen für FS20, den anderen für HomeMatic.

Gerät	*Abkürzung für ...*	*CPU-Typ*	*RAM*	*Speicher*
CUL	CC1101 USB Light	V1: at90usb162 V2: at90usb162 V3: atmega32U4	V1: 0.5 KB V2: 0.5 KB V3: 2.5 KB	V1: 16 KB V2: 16 KB V3: 32 KB
CUN	CC1101 USB Network	at90usb64	2.0 KB	64 KB
CUNO	CC1101 USB Network & OneWire	atmega644p	2.0 KB	64 KB
CUR	CC1101 USB Remote	CUR V1: at90usb128 CUR V2: at90usb64	CUR V1: 4.0 KB CUR V2: 2.0 KB	V1: 128 KB V2: 64 KB
COC	CC1101 OneWire Card	atmega644	2.0 KB	64 KB

So ist die eigentliche Funkübertragung das eine, das andere ist das unterstützte Protokoll. Sprechen Sender und Empfänger die gleiche Sprache, nutzen sie also das gleiche Protokoll, dann ist der Austausch von Informationen und Daten möglich. Die Gegenstellen mit Funkanschluss – also die zu steuernden Komponenten wie Sensoren, Aktoren und Empfänger – kommen mit einem eigenen Protokoll zur Datenübertragung. In diesem Buch stellen wir die beiden wichtigsten vor, jedoch ist die grundsätzliche Herangehensweise bei anderen Protokollen und Geräten in etwa dieselbe.

1.2.1 Durchblick im Funk-Dschungel: FS20 Vs HomeMatic

Sowohl das FS20- als auch das HomeMatic-Protokoll funken im 868-Mhz-Bereich, kommen vom gleichen Hersteller (EQ3, *www.eq-3.de*) und werden durch zahlreiche Vertriebspartner, wie ELV und Fachhandelsketten wie Conrad Electronic, vermarktet. EQ3 ist ein Tochterunternehmen von ELV und erweitert stetig das Produktprogramm im Einsteigersegment FS20, sodass es hier auch die meisten unterstützten Devices gibt. Aufgrund der vergleichsweise günstigen Komponenten ist es auch bei vielen Anwendern beliebt, während HomeMatic-Komponenten bei gleicher grundsätzlicher Funktion in Sachen Anschaffungskosten höher angesiedelt sind.

Die Datenpakete werden mit den Funkprotokollen FHT und HMS übertragen. Während FHT-Geräte bei der Heizungssteuerung zum Einsatz kommen, sind HMS-Geräte eher für Sicherheits- und Überwachungsaufgaben geeignet.

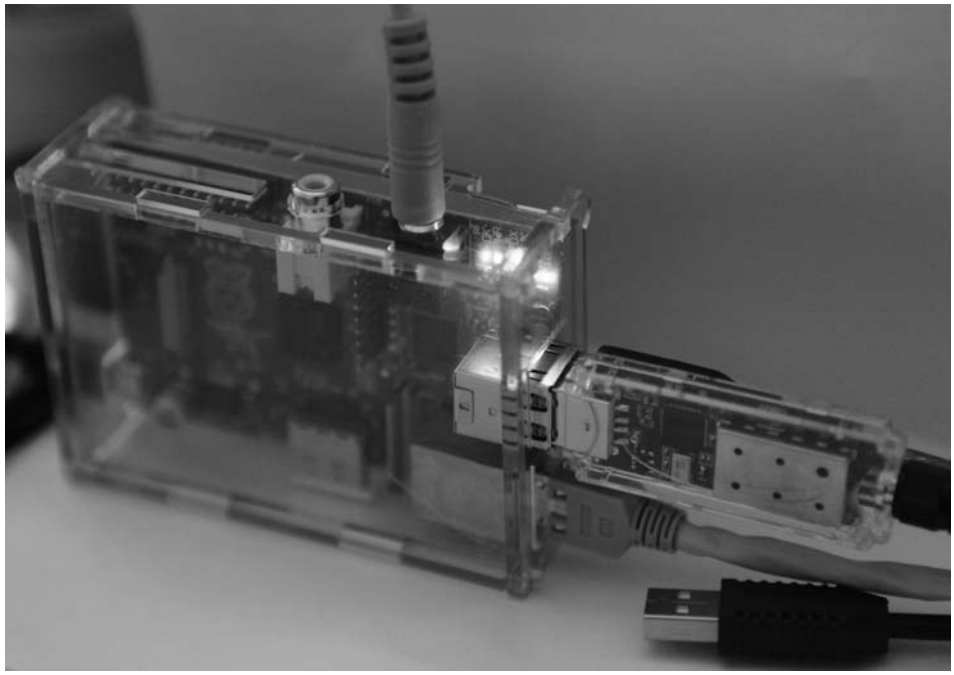


Bild 1.7: Raspberry Pi mit USB-CUL-Modul: Bei der Konfiguration müssen Sie sich für ein zu verwendendes Protokoll, FS20 oder HomeMatic, entscheiden.

Der große Nachteil der FS20-Technik ist die Kommunikation ohne Bestätigung. Wird beispielsweise ein Signal von der Steuereinheit zum Schalter geschickt, dann erhält diese keine direkte Rückmeldung, ob der Schaltbefehl erfolgreich ausgeführt wurde oder nicht. Dies ist bei HomeMatic-Geräten anders: Hier sorgt eine verschlüsselte Kommunikation dafür, dass die Sendeeinheit eine Bestätigung des Schaltvorgangs erhält. Ob Sie diese Sicherheit wirklich benötigen, steht auf einem anderen Blatt, und auch die etwas bessere Verarbeitung der HomeMatic-Komponenten lässt sich EQ-3 bzw. der Versender ELV gern bezahlen. Die Einrichtung der Komponenten beim Raspberry Pi ist jedoch nahezu identisch.

1.2.2 COC: angepasstes CUL-Modul für den GPIO-Einsatz

Für den Raspberry Pi gibt es eigens ein passendes Funkmodul, das auf die GPIO-Pins gesteckt werden kann. Doch leider passt es auf Anhieb nur auf die »alten« Boards mit der Revision 1 (256 MByte), der Nachfolger mit 512 MByte passt zunächst nicht, da hier eine Steckverbindung auf dem Raspberry Pi um Zehntelmillimeter im Weg zu stehen scheint. Behelfen Sie sich mit einem Hebelwerkzeug oder einer Zange, in diesem Beispiel mit der Zange eines Leatherman-Tools, um den Plastikschutz des DSI-Anschlusses zu entfernen.

Christian Immler

Linux mit Raspberry Pi

Inhaltsverzeichnis

1 Raspbian-Betriebssystem installieren ... 10
1.1 Raspbian Wheezy: die Linux-Distribution ... 11
1.2 Speicherkarte im PC vorbereiten ... 12
1.3 Der erste Start auf dem Raspberry Pi ... 13
1.4 Fast wie Windows: die grafische Oberfläche LXDE ... 17
Eigene Dateien auf dem Raspberry Pi ... 18
1.5 Eigene Dateien auf den PC sichern oder vom PC kopieren ... 20
Datenübertragung mit dem Total Commander ... 23
Komplettsicherung der SD-Karte ... 26
1.6 Persönliches Hintergrundbild auf dem Raspberry Pi ... 27
1.7 WLAN mit dem Raspberry Pi ... 31
wicd: das bessere WLAN-Konfigurationstool ... 33

2 Diashow am Fernseher ... 36
2.1 Bilder direkt vom PC ... 36
2.2 Diashow mit Bildern von der SD-Karte ... 38
2.3 Bilder von einer Netzwerkfestplatte auf dem Raspberry Pi zeigen ... 41
Bilder aus dem Netzwerk auf den Raspberry Pi holen ... 43
2.4 Diashow aus der Cloud mit dem Midori-Browser ... 44
Der NetSurf-Browser ... 47
Der superschnelle Dillo-Browser ... 48
2.5 Diashow mit Nokia Windows Phones und PhotoBeamer ... 50
2.6 Chromium: der bessere Browser ... 51
Tipps zum Chromium-Browser ... 52
2.7 Lesezeichen vom PC auf dem Raspberry Pi nutzen ... 55
Lesezeichen aus Firefox und Internet Explorer übernehmen ... 56
Lesezeichen aus Opera auf dem Raspberry Pi ... 57
Delicious: Lesezeichen online verwalten ... 58

3 Linux-Kommandos und Verzeichnisstruktur ... 59
3.1 Wichtige Kommandozeilenbefehle ... 61
man: Manual-Dateien lesen ... 62
ls: Verzeichnisinhalt anzeigen ... 63
cd: Verzeichnis wechseln ... 64
pwd: aktuelles Verzeichnis anzeigen ... 64
cat: Dateien anzeigen oder zusammenfügen ... 64
cp: Dateien kopieren ... 64
mv: Dateien verschieben oder umbenennen ... 65

rm: Dateien löschen ... 65
mkdir: Verzeichnis anlegen ... 65
rmdir: Verzeichnis löschen ... 65
3.2 Speichertuning für mehr Performance ... 66
3.3 Raspberry Pi über das Netzwerk fernsteuern ... 68
Grafische Anwendungen vom Raspberry Pi auf dem PC nutzen ... 71
Raspberry Pi mit dem Smartphone steuern ... 76
Mit VNC den Linux-Desktop übertragen ... 77
VNC-Server beim Booten automatisch starten ... 82
VNC mit einem Android-Tablet ... 82
3.4 Notebook als Tastatur und Monitor für den Raspberry Pi nutzen ... 85

4 Programme und Spiele aus dem Pi Store ... 88
4.1 Klassische Linux-Paketinstallation über apt-get ... 91
Komfortable Paketverwaltung Synaptic ... 93

5 Office und CAD auf dem Raspberry Pi ... 94
5.1 LibreOffice: komplettes Office-Paket für den Raspberry Pi ... 94
5.2 Schlanke Alternative AbiWord ... 97
5.3 Office im Browser ohne Installation ... 98
5.4 Drucken mit dem Raspberry Pi ... 100
Der Raspberry Pi als Printserver im Netzwerk ... 105
5.5 CAD mit CADEMIA auf dem Raspberry Pi ... 110
Java installieren ... 110
CADEMIA installieren und starten ... 113
CADEMIA-Symbol auf dem Desktop ... 114

6 Coole Spiele auf dem Raspberry Pi ... 116
6.1 The little crane that could ... 116
6.2 FreeCiv ... 117
6.3 Minecraft Pi Edition ... 118
So funktioniert die Installation ... 118
Spielablauf und Steuerung ... 120
Minecraft-Symbol auf den Desktop legen ... 121
6.4 Retrospiele auf dem Raspberry Pi ... 123
Alte Debian-Spiele auf dem Raspberry Pi ... 123
Klassische Point-and-Click-Adventures auf dem Raspberry Pi ... 125
Python Games ... 127
6.5 Emulatoren für Retrocomputer ... 130
Atari800-Emulator ... 130
Sinclair-ZX-spectrum-Emulator ... 134

7 Der Raspberry Pi als Media Center ... 136
7.1 Raspbmc = xbmc für Raspberry Pi ... 136
Videos im xbmc Media Center ... 141
YouTube und Mediatheken ... 143
Musik im xbmc Media Center ... 144
Fotos im xbmc Media Center ... 147
Wetter im xbmc Media Center ... 148
Smartphones als Fernbedienung für xbmc ... 149
xbmc im Browser fernsteuern ... 152
Raspbmc per WLAN nutzen ... 153
Raspbmc automatisch updaten ... 154

8 Pi-Point: Raspberry Pi als WLAN-Zugangspunkt ... 155
8.1 Notebook mit Pi-Point verbinden ... 159
8.2 Pi-Point automatisch starten ... 160
8.3 WPA2-Verschlüsselung einrichten ... 161

9 Das erste Spiel in Python ... 162
9.1 Zahlenraten ... 163
So funktioniert es ... 165
Text in Farbe ... 167
9.2 Würfeln mit PyGame ... 170
So funktioniert es ... 172
9.3 Botschaft aus dem All ... 176
So funktioniert es ... 179
9.4 Labyrinth ... 183
So funktioniert es ... 187
9.5 Weg durch das Labyrinth ... 191
So funktioniert es ... 195

10 Hardware über GPIO ansteuern ... 199
10.1 Steckplatinen statt löten ... 201
LED anschließen ... 202
LED ein- und ausschalten ... 202
LED per Shell blinken lassen ... 203
10.2 Die BerryClip-Erweiterungsplatine ... 204
BerryClip-Testprogramme ... 206
BerryClip-Schaltschema zum Selberbauen ... 207
10.3 LEDs per Python-Programm leuchten lassen ... 208
So funktioniert es ... 210

10.4 LED-Würfel auf dem BerryClip ... 212
So funktioniert es ... 212
Spielwürfel unterwegs ... 214
Ein Würfel mit sieben Augen ... 216
So funktioniert es ... 218
10.5 Speicherkarten-Füllstandsanzeige mit LEDs ... 220
So funktioniert es ... 221

11 Der Raspberry Pi als persönlicher Server ... 224
11.1 Serversoftware BarracudaDrive ... 224
BarracudaDrive einrichten ... 225
BarracudaDrive im Netzwerk nutzen ... 227
Echtes NAS-Laufwerk per WebDAV ... 229
Externe Festplatte mit BarracudaDrive nutzen ... 231
11.2 Komfortable Festplatteneinrichtung mit GParted ... 235
11.3 Eigene Fotogalerie mit PhotoShow und Webserver ... 241
PhotoShow installieren ... 242
Fotos hochladen und betrachten ... 246
Fotos direkt ins Dateisystem kopieren ... 247
Die Benutzerverwaltung von PhotoShow ... 248
11.4 Webserver im Internet zur Verfügung stellen ... 250
Portweiterleitung einrichten ... 251
no-ip-Client für den Raspberry Pi ... 253

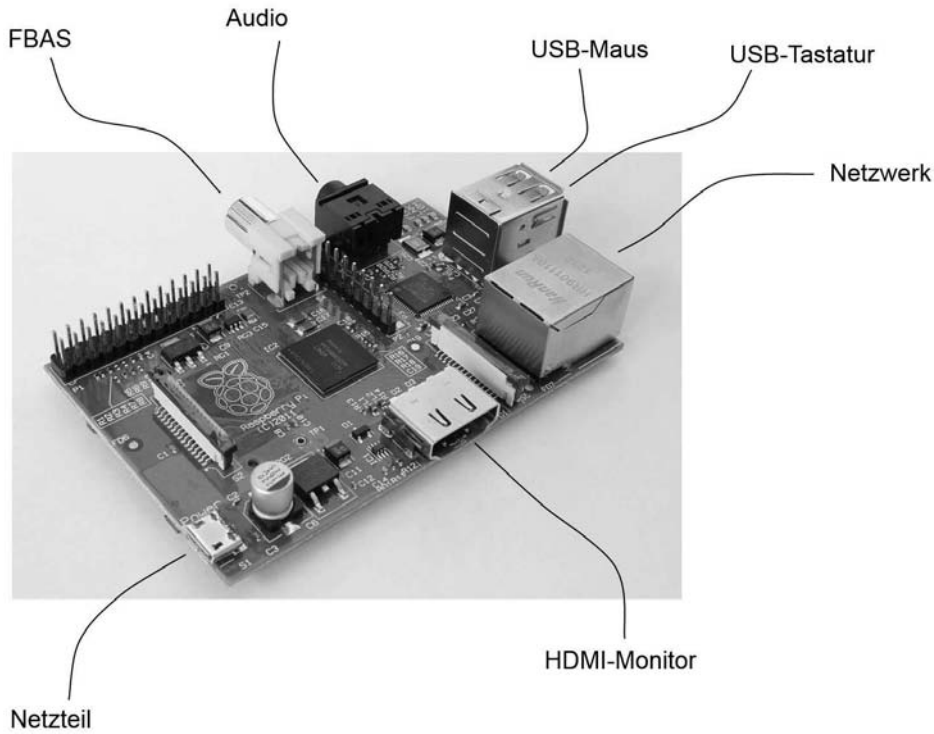
12 Die eigene Cloud auf dem Raspberry Pi ... 255
12.1 Webserver vorbereiten ... 256
12.2 Eigene Festplatte für ownCloud einrichten ... 258
12.3 ownCloud auf dem Webserver einrichten ... 260
12.4 ownCloud im Browser nutzen ... 262
Kalender und Adressbuch in ownCloud ... 264
Browserlesezeichen in ownCloud ablegen ... 266
12.5 Eigene Dateien vom PC automatisch mit ownCloud synchronisieren ... 268
ownCloud-Apps für Smartphones ... 272
12.6 ownCloud von außen über das Internet nutzen ... 273
Mehrere Server im eigenen Netzwerk ... 273
12.7 ownCloud-Ordner im Windows Explorer einbinden ... 274
12.8 Raspberry Pi als ownCloud-Client ... 276
12.9 Die Benutzerverwaltung in ownCloud ... 277

13 Museumsreife Präsentation mit Pi Presents 279
13.1 Pi Presents im Deutschen Pferdemuseum 280
13.2 Pi Presents installieren 282
13.3 Erster Test von Pi Presents 283
13.4 Audio auf dem Raspberry Pi einrichten 284
Audioausgabe in Pi Presents 285
13.5 Die Möglichkeiten von Pi Presents in Beispielen 286
Steuerung mit der Tastatur 287
13.6 Der Editor für Pi Presents 288
13.7 Abspielbare Medien 290
13.8 Die verschiedenen Arten von Shows in Pi Presents 292
Startshow 292
Mediashow 293
Menü 295
Liveshow 296
13.9 Pi Presents im Blackbox-Betrieb 298
Der Vollbildmodus von Pi Presents 299
Pi Presents mit dem Starten des Raspberry Pi automatisch starten 301
Pi Presents über GPIO steuern 302

14 Jenseits von Raspbian 304
14.1 PiBang Linux 304
14.2 RISC OS: das schnellere Betriebssystem 307
Deutsche Tastaturbelegung festlegen 308
Internet in RISC OS nutzen 309
Innovative Bedienung in RISC OS 309
Anwendungen aus dem Store installieren 310
14.3 BerryBoot: mehrere Betriebssysteme gleichzeitig installieren 311

1 Raspbian-Betriebssystem installieren

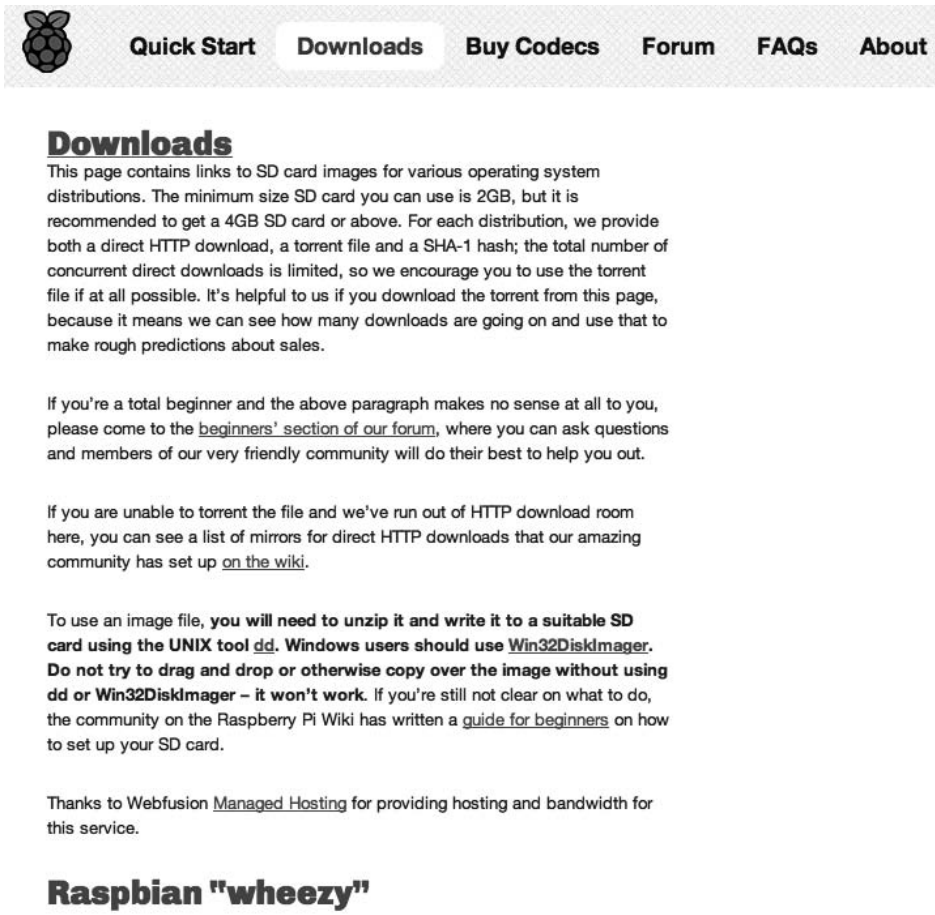
Der Raspberry Pi wird ohne Betriebssystem ausgeliefert. Anders als für PCs, die fast alle Windows verwenden, empfiehlt sich für den Raspberry Pi ein speziell angepasstes Linux. Windows würde auf der sparsamen Hardware gar nicht laufen. Da Linux ein völlig offenes System ist, an dem jeder beliebig basteln kann, sind mittlerweile Hunderte Linux-Varianten verfügbar, fast alle kostenlos und ein paar davon sogar speziell für den Raspberry Pi angepasst.



Der Raspberry Pi und seine Hardwareanschlüsse.

1.1 Raspbian Wheezy: die Linux-Distribution

Raspbian heißt die Linux-Distribution, die vom Hersteller des Raspberry Pi empfohlen und unterstützt wird. Raspbian basiert auf Debian Linux, einer der bekanntesten Linux-Distributionen, auf der unter anderem auch die populären Linux-Varianten Ubuntu und Knoppix basieren. Wir verwenden für die meisten Beispiele in diesem Buch die aktuelle Raspbian-Version „Wheezy“.



Die offizielle Downloadseite für Raspbian Wheezy – *www.raspberrypi.org/downloads*.

Was bei PCs die Festplatte ist, ist beim Raspberry Pi eine Speicherkarte. Auf dieser befinden sich das Betriebssystem und die Daten, von dieser Speicherkarte bootet der Raspberry Pi auch. Raspbian ist fast 2 GB groß, es empfiehlt sich also eine 4 GB große Speicherkarte, damit auch noch Platz für Programme und eigene Dateien bleibt.

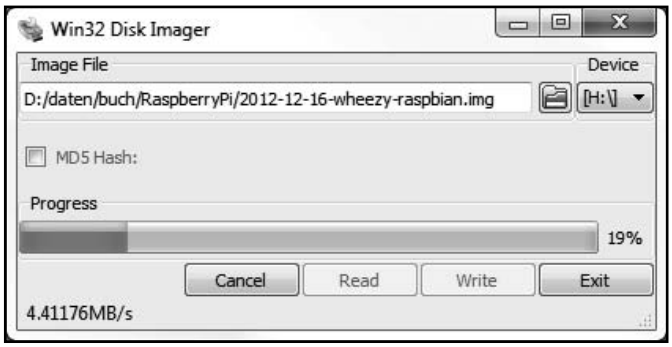
Speicherkarte wird gelöscht: Am besten verwenden Sie eine leere Speicherkarte für die Installation des Raspbian-Betriebssystems. Sollten sich auf der Speicherkarte Daten befinden, werden diese durch die Neuformatierung unwiderruflich gelöscht.

Da der Raspberry Pi selbst noch nicht booten kann, bereiten wir die Speicherkarte auf dem PC vor. Dazu brauchen Sie:

1. Einen Kartenleser am PC. Er kann fest eingebaut sein oder per USB angeschlossen werden. Wer noch keinen Kartenleser hat, besorgt sich am besten einen kleinen Kartenleser in USB-Stick-Form. Die einfachen Modelle, die nur SD-Karten lesen, reichen völlig aus, da andere Kartenformate weitgehend ungebräuchlich sind. Diese USB-Sticks können später auch an den Raspberry Pi angeschlossen werden, um neben dem Betriebssystem noch eine weitere Speicherkarte zu nutzen.
2. Eine aktuelle Imagedatei des Raspbian-Wheezy-Betriebssystems von *www.raspberrypi.org/downloads*. Das ZIP-Archiv zum Download ist etwa 500 MB groß. Nach dem Entpacken ergibt sich eine 2 GB große Imagedatei mit der Endung *.img*.
3. Ein Programm, mit dem sich solche Imagedateien auf die Speicherkarte übertragen lassen. Die Datei kann nicht einfach kopiert werden, sie enthält die komplette Verzeichnisstruktur des Raspbian-Betriebssystems, das auf der Speicherkarte bootfähig installiert werden muss. Hier verwenden wir das Open-Source-Tool *Win32 Disk Imager* von *launchpad.net/win32-image-writer/+download*.

1.2 Speicherkarte im PC vorbereiten

1. Entpacken Sie das Raspbian-Image in ein beliebiges Verzeichnis auf der Festplatte des PCs.
2. Stecken Sie die Speicherkarte in den Kartenleser und starten Sie den *Win32 Disk Imager*. Wählen Sie hier unter *Image File* die Raspbian-Imagedatei und unter *Device* den Kartenleser.
3. Starten Sie mit *Write* den Kopiervorgang, der einige Minuten dauern kann. Nach Abschluss ist die Speicherkarte fertig vorbereitet.



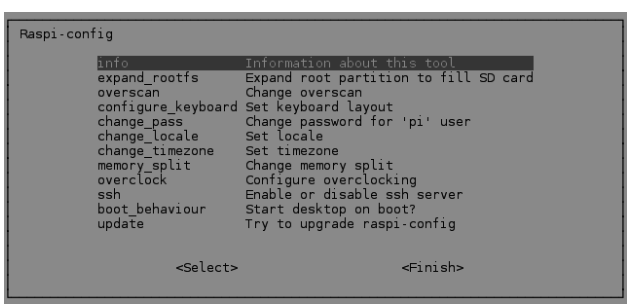
Das Raspbian-Betriebssystem wird auf dem PC auf der Speicherkarte installiert.

1.3 Der erste Start auf dem Raspberry Pi

Jetzt können Sie den Raspberry Pi zum ersten Mal wirklich booten. Stecken Sie dazu die Speicherkarte in den Steckplatz und schließen Sie Tastatur, Maus, Monitor und Netzwerkkabel an. Der USB-Stromanschluss kommt als Letztes. Damit wird der Raspberry Pi eingeschaltet. Einen separaten Einschaltknopf gibt es nicht.

1. Der Raspberry Pi bootet und zeigt dabei auf einem schwarzen Bildschirm diverse Linux-Kommandos, die schnell durchrauschen.

2. Am Ende erscheint automatisch ein Konfigurationstool, mit dem sich ein paar wichtige Grundeinstellungen vornehmen lassen. Dieses Tool kann nicht mit der Maus bedient werden. Verwenden Sie die Pfeiltasten und die [Enter]-Taste der Tastatur. Die Bestätigungsschaltflächen *Select* bzw. *OK* und *Abbrechen* erreicht man mit der [Tab]-Taste. Einige Veränderungen dauern ein paar Sekunden, in dieser Zeit sehen Sie nur einen schwarzen Linux-Bildschirm. An manchen Stellen wird dabei noch *this might take a while* angezeigt. Nicht wundern!



Das Konfigurationstool *Raspi-config*.

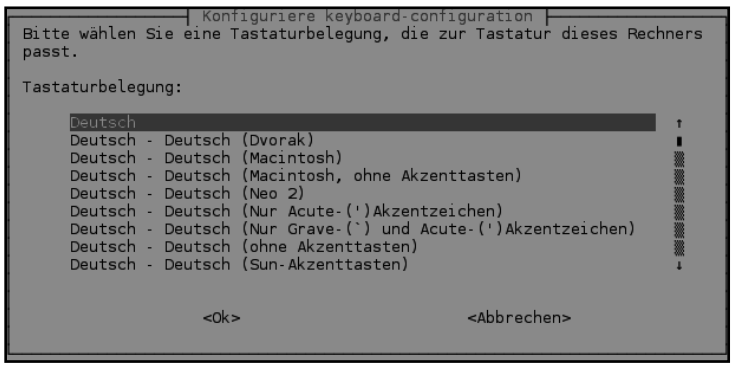
3 Machen Sie als Erstes die gesamte Speicherkarte für den Raspberry Pi nutzbar. Die Imagedateien sind 2 GB groß. Damit ist das verfügbare Dateisystem für den Raspberry Pi auch nur 2 GB groß. Der Menüpunkt *expand_rootfs* vergrößert das Dateisystem auf die gesamte Größe der Speicherkarte. Wer, wie empfohlen, eine 4 oder 8 GB große Speicherkarte verwendet, kann entsprechend auch 4 oder 8 GB auf dem Raspberry Pi nutzen. Diese Änderung wird erst nach dem nächsten Neustart wirksam.

4 Viele Programme wie auch dieses Konfigurationstool können statt englischer auch deutsche Texte ausgeben. Teilen Sie Ihrem Raspberry Pi einfach mit, dass Sie Deutsch sprechen. Wählen Sie dazu den Menüpunkt *change_locale*. Bestätigen Sie den ersten Dialog mit [Enter]. Jetzt erscheint eine lange Liste mit Sprachen. Wählen Sie hier *de_DE.UTF-8 UTF-8*. Sobald Sie mit dem Cursor dort angekommen sind, drücken Sie die [Leertaste], um die Auswahl zu bestätigen. Springen Sie mit der [Tab]-Taste auf *OK* und wählen Sie im nächsten Bildschirm ebenfalls *de_DE.UTF-8* aus. Auch das muss noch mit *OK* bestätigt werden.

Anzeigesprache auswählen.

5 Stellen Sie den Raspberry Pi auch auf deutsche Tastatur um, um nicht immer Y und Z vertauschen zu müssen. Wählen Sie dazu den Menüpunkt *configure_keyboard*. Nach einigen Sekunden erscheint eine Liste mit zahlreichen verschiedenen Tastaturlayouts. Solange man eine normale PC-Tastatur verwendet, ist in den allermeisten Fällen die *Generische PC-Tastatur mit 105 Tasten (Intl)* die richtige Wahl. Viel wichtiger ist die Tastaturbelegung. Wählen Sie hier zunächst *Other*, um eine Auswahl an Tastaturen zu bekommen, die über den englischen Sprachraum hinausreichen, und suchen Sie in dieser Liste die einfache deutsche Tastatur *Deutsch* bzw. *German*. In

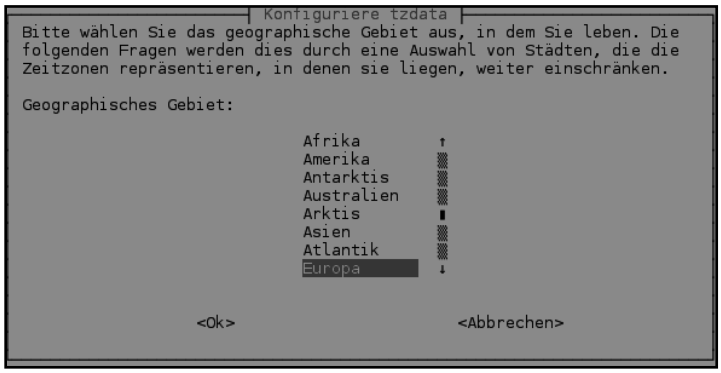
den nächsten Bildschirmen wählen Sie *Standard für die Tastaturbelegung* und *Keine Compose-Taste*. Die letzte Frage, ob die Tastenkombination [Strg]+[Alt]+[Rück] ([Ctrl]+[Alt]+[Backspace]) den X-Server beenden soll, beantworten Sie am besten mit *Ja*. Dann können Sie, wenn wirklich einmal ein Programm auf der grafischen Oberfläche hängen bleibt, diese mit dieser Tastenkombination komplett beenden und anschließend wieder neu starten.



Tastaturlayout auswählen.

Seit über 140 Jahren unverändert: Das in Deutschland verwendete QWERTZ-Tastaturlayout basiert bis auf minimale Unterschiede auf dem vom amerikanischen Buchdrucker Christopher Latham Sholes entworfenen QWERTY-Layout. Dieses ist zwar so ausgelegt, dass man englische Texte ergonomisch einigermaßen schnell schreiben kann, aber auch nicht zu schnell. Das Tastaturlayout sollte vor allem verhindern, dass sich auf den damaligen Schreibmaschinen die Typenhebel häufig aufeinanderfolgender Buchstabenkombinationen beim schnellen Tippen verhaken. Obwohl dieses Problem auf Computertastaturen längst nicht mehr besteht, hat sich die Tastenanordnung seit der Patentanmeldung im Jahr 1868 fast nicht geändert. In neuerer Zeit gab es einige Versuche, die Anordnung der Tasten neu zu optimieren, um Verkrampfungen beim Schreiben zu verhindern. Die bekanntesten sind die *Dvorak*-Tastatur und die *Neo 2*-Tastatur. Beide werden vom Raspberry Pi unterstützt, aber keine davon konnte sich auch nur ansatzweise durchsetzen.

6 Wichtig ist auch noch, die Zeitzone einzustellen, da der Raspberry Pi keine eigene interne Uhr hat, sondern seine Zeiteinstellung aus dem Internet von einem Zeitserver holt. Wählen Sie hier *Europa* und dann *Berlin* aus, damit der Raspberry Pi die richtige Zeit verwendet.



Geografisches Gebiet für die Zeitzone festlegen.

7 Jetzt brauchen Sie nur noch zwei Einstellungen zu prüfen, die in den meisten Fällen bereits richtig vorkonfiguriert sind. Unter *ssh* muss der SSH-Server mit *Enable* eingeschaltet sein, um über das Netzwerk auf den Raspberry Pi zugreifen zu können. Unter *boot_behaviour* beantworten Sie die Frage *Should we boot straight to desktop* mit *Ja*, damit der Raspberry Pi direkt die grafische Oberfläche bootet. Andernfalls würden Sie nach dem Start auf der Linux-Kommandozeile landen.

8 Nachdem Sie diese Grundkonfiguration vorgenommen haben, springen Sie mit der [Tab]-Taste unten auf *Finish* und beantworten danach die Frage nach einem Neustart mit *Ja*.

Der Raspberry Pi startet neu, was wesentlich schneller als auf einem PC geht. Jetzt wird direkt der grafische Desktop gestartet. Sollten Sie später dieses Konfigurationstool noch einmal brauchen, um eine Einstellung zu ändern, starten Sie es von der Kommandozeile mit:

```
sudo raspi-config
```

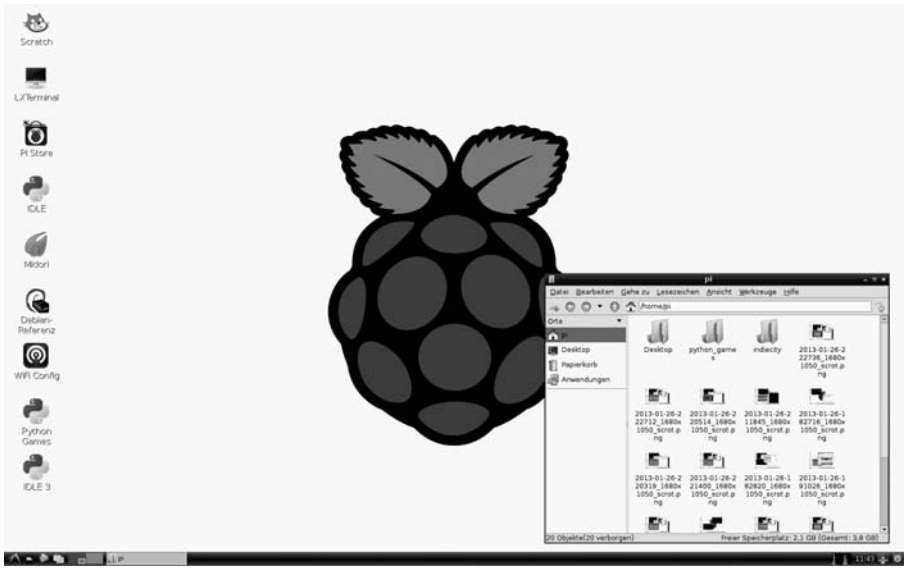
Was bedeutet sudo? Der auf dem Raspberry Pi standardmäßig angemeldete Benutzer *pi* ist ein typischer eingeschränkter Linux-Benutzer. Für administrative Arbeiten am System werden Superuser-Rechte benötigt. Diese bekommt man mit einem vorangestellten `sudo` vor einem Linux-Kommando. Auf einem „großen" Linux-System muss dabei das *root*-Passwort eingegeben werden. Auf dem Raspberry Pi hat der Superuser *root* kein Passwort.

1.4 Fast wie Windows: die grafische Oberfläche LXDE

Viele schrecken bei dem Wort Linux erst einmal zurück, weil sie befürchten, kryptische Befehlsfolgen per Kommandozeile eingeben zu müssen, wie vor 30 Jahren unter DOS. Weit gefehlt! Linux bietet als offenes Betriebssystem den Entwicklern freie Möglichkeiten, eigene grafische Oberflächen zu entwickeln. So ist man als Anwender des im Kern immer noch kommandozeilenorientierten Betriebssystems nicht auf eine Oberfläche festgelegt.

Das Raspbian Linux für den Raspberry Pi verwendet die Oberfläche LXDE (Lightweight X11 Desktop Environment), die einerseits sehr wenig Systemressourcen benötigt und andererseits mit ihrem Startmenü und dem Dateimanager der gewohnten Windows-Oberfläche sehr ähnelt.

Linux-Anmeldung: Selbst die bei Linux typische Benutzeranmeldung wird im Hintergrund erledigt. Falls Sie sie doch einmal brauchen: Der Benutzername lautet *pi* und das Passwort *raspberry*.



Der LXDE-Desktop auf dem Raspberry Pi hat große Ähnlichkeit mit Windows XP.

Das LXDE-Symbol ganz links unten öffnet das Startmenü, die Symbole daneben den Dateimanager und den Webbrowser. Das Startmenü ist wie unter Windows mehrstufig aufgebaut. Häufig verwendete Programme lassen sich mit einem Rechtsklick auf dem Desktop ablegen. Darauf befinden sich bereits einige der vorinstallierten Programme, der Midori-Webbrowser, Python-Entwicklungsumgebungen und der Pi Store.

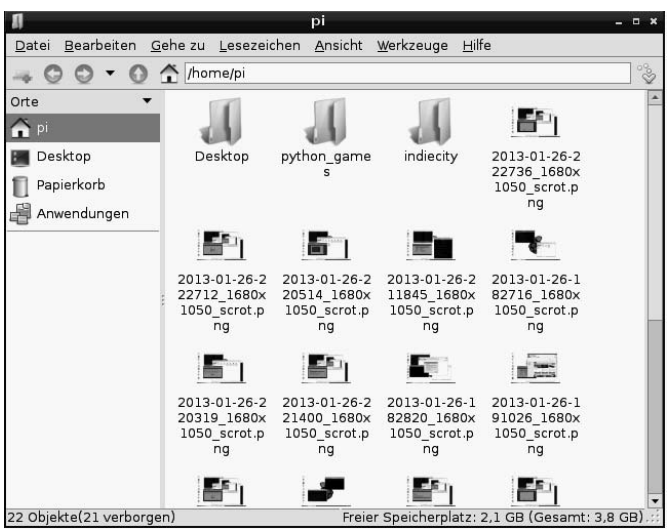
Raspberry Pi ausschalten und neu starten:
Theoretisch kann man bei dem Raspberry Pi einfach den Stecker ziehen, und er schaltet sich ab. Besser ist es jedoch, das System wie auf einem PC sauber herunterzufahren. Klicken Sie dazu im Startmenü ganz unten auf *Abmelden* oder auf das rote Symbol in der rechten unteren Bildschirmecke. Wählen Sie im nächsten Dialogfeld *Ausschalten*.

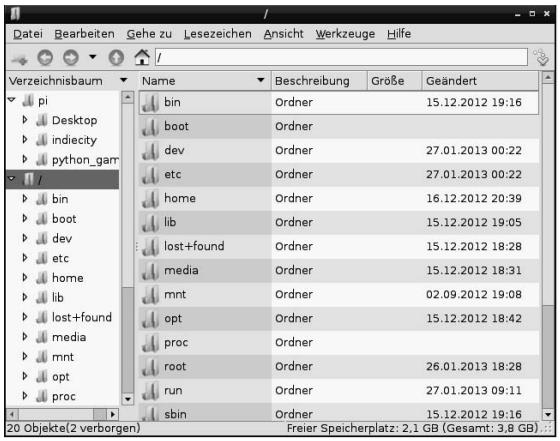
Eigene Dateien auf dem Raspberry Pi

Die Dateiverwaltung läuft unter Linux zwar etwas anders als unter Windows, ist aber auch nicht schwieriger. Raspbian bringt einen Dateimanager mit, der dem Windows Explorer täuschend ähnlich sieht. Ein wichtiger Unterschied zu Windows: Linux trennt nicht strikt nach Laufwerken, stattdessen befinden sich alle Dateien in einem gemeinsamen Dateisystem.

Unter Linux legt man alle eigenen Dateien grundsätzlich nur unterhalb des eigenen Home-Verzeichnisses ab. Hier heißt es */home/pi* nach dem Benutzernamen *pi*. Linux verwendet den einfachen Schrägstrich zur Trennung von Verzeichnisebenen (`/`), nicht den von Windows bekannten Backslash (`\`).

Der Dateimanager, den man außer über das Startmenü übrigens auch wie unter Windows mit der Tastenkombination [Win]+[E] starten kann, zeigt standardmäßig auch nur dieses Home-Verzeichnis an. Einige Programme legen dort automatisch Unterverzeichnisse an.





Der Dateimanager auf dem Raspberry Pi.

Wer wirklich alles sehen möchte, auch die Dateien, die den normalen Benutzer nichts angehen, schaltet den Dateimanager oben links von *Orte* auf *Verzeichnisbaum* um. Dann muss nur noch im Menü unter *Ansicht* die Option *Detailansicht* ausgewählt werden, und die Anzeige sieht aus, wie man sich Linux vorstellt.

Wie viel Platz ist auf der Speicherkarte frei? Nicht nur Festplatten von PCs sind ständig voll – bei der Speicherkarte des Raspberry Pi kann das noch viel schneller gehen. Umso wichtiger ist es, den freien und belegten Platz auf der Speicherkarte immer im Blick zu haben. Die Statuszeile des Dateimanagers am unteren Fensterrand zeigt rechts den freien und belegten Speicherplatz auf der Speicherkarte.

Um zu sehen, wie viel Speicherplatz Ihre eigenen Dateien auf dem Raspberry Pi belegen, können Sie sich auch die Größe eines Verzeichnisses anzeigen lassen. Klicken Sie dazu, wenn Sie sich im Dateimanager im Home-Verzeichnis befinden, auf den grünen Pfeil nach oben, um eine Verzeichnisebene höher zu springen. Klicken Sie dort mit der rechten Maustaste auf das Symbol Ihres Home-Verzeichnisses *pi* und wählen Sie im Kontextmenü *Eigenschaften*. Hier wird die Gesamtgröße aller Dateien angezeigt sowie der tatsächlich auf der Speicherkarte benutzte Speicherplatz. Dieser kann bedingt durch die Clustergröße der Speicherkarte deutlich größer sein, wenn sehr viele kleine Dateien abgelegt werden, was z. B. beim Browsercache der Fall ist.

1.5 Eigene Dateien auf den PC sichern oder vom PC kopieren

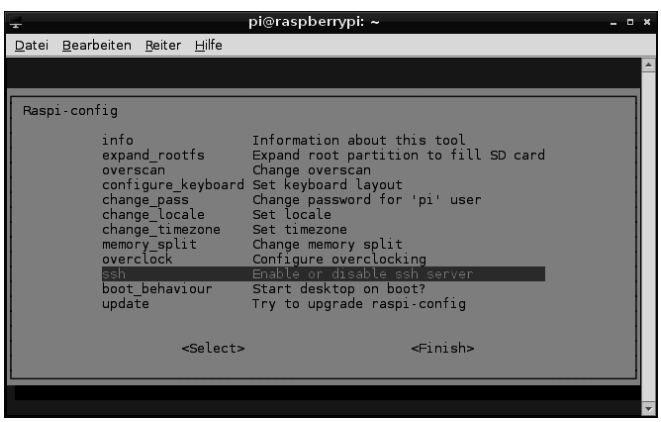
Im Laufe der Zeit sammelt sich auf dem Raspberry Pi wie auf jedem PC jede Menge persönlicher Daten an, die man nicht verlieren möchte, wenn die Speicherkarte auf einmal den Geist aufgibt – und das passiert bei Speicherkarten öfter als bei Festplatten.

Ob man nun seine Daten sicherheitshalber vom Raspberry Pi auf den PC kopieren oder Bilder und andere Daten vom PC auf den Raspberry Pi übertragen möchte – die Geräte müssen miteinander verbunden werden. Die physikalische Verbindung ist über das Netzwerk bereits da, es muss nur noch logisch der Zugriff vom PC geschaffen werden.

1 Wenn Sie bei der Einrichtung des Raspberry Pi den SSH-Server bereits aktiviert haben, ist auf der Serverseite bereits alles getan. Wenn nicht, holen Sie das einfach nach. Starten Sie dazu das LXTerminal vom Desktop und geben Sie dort ein:

```
sudo raspi-config
```

2 Wählen Sie mit den Pfeiltasten die Zeile *ssh*, drücken Sie die [Enter]-Taste und wählen Sie im nächsten Bildschirm *Enable*. Bestätigen Sie den folgenden Bildschirm mit *OK* und verlassen Sie das Konfigurationstool mit *Finish*.



ssh über *Raspi-config* aktivieren.

3 Der Raspberry Pi arbeitet hier als Server, der vom PC, dem Client, gesteuert wird. Jetzt benötigen Sie auf dem PC nur noch ein geeignetes Tool zur Verbindung und Datenübertragung. Wer unter Windows lediglich den Explorer und keinen besonderen Dateimanager nutzt, bekommt mit WinSCP (*www.winscp.net/de*) ein komfortables Übertragungsprogramm für SCP-Verbindungen, wie sie auf dem Raspberry Pi verwendet werden.

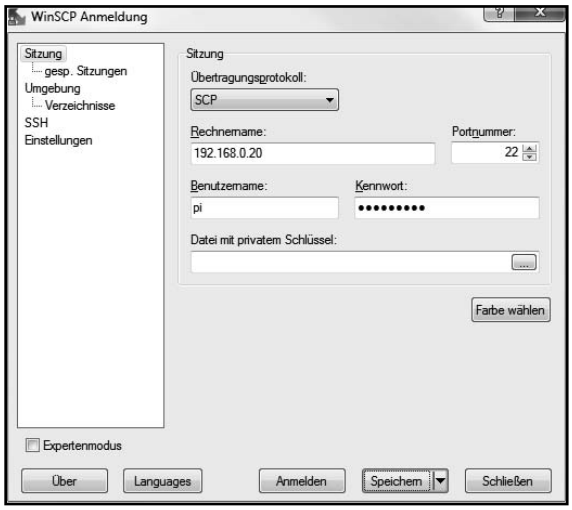
4 Beim ersten Start fragt WinSCP nach einer neuen Verbindung. Dazu brauchen Sie die IP-Adresse des Raspberry Pi im lokalen Netzwerk. Starten Sie hierfür das LXTerminal vom Raspbian-Desktop und geben Sie dort ein:

```
ifconfig
```

5 Im oberen Bereich der Anzeige bei *eth0* wird unter *inet Adresse* die lokale IP-Adresse angezeigt. In Linux heißt dieser Befehl tätsächlich `ifconfig` und nicht `ipconfig` wie unter Windows. Auch der Befehl `ip addr` zeigt die IP-Adresse an.

Anzeige der lokalen IP-Adresse des Raspberry Pi.

6 Wählen Sie im Dialog *WinSCP Anmeldung* bei *Übertragungsprotokoll SCP* aus, tragen Sie bei *Rechnername* die IP-Adresse des Raspberry Pi ein und lassen Sie bei *Portnummer* die voreingestellte *22* stehen. Geben Sie dann im Feld Benutzername *pi* ein und *raspberry* im Feld *Kennwort*. Benutzername und Kennwort müssen kleingeschrieben sein, Linux nimmt es da sehr genau.

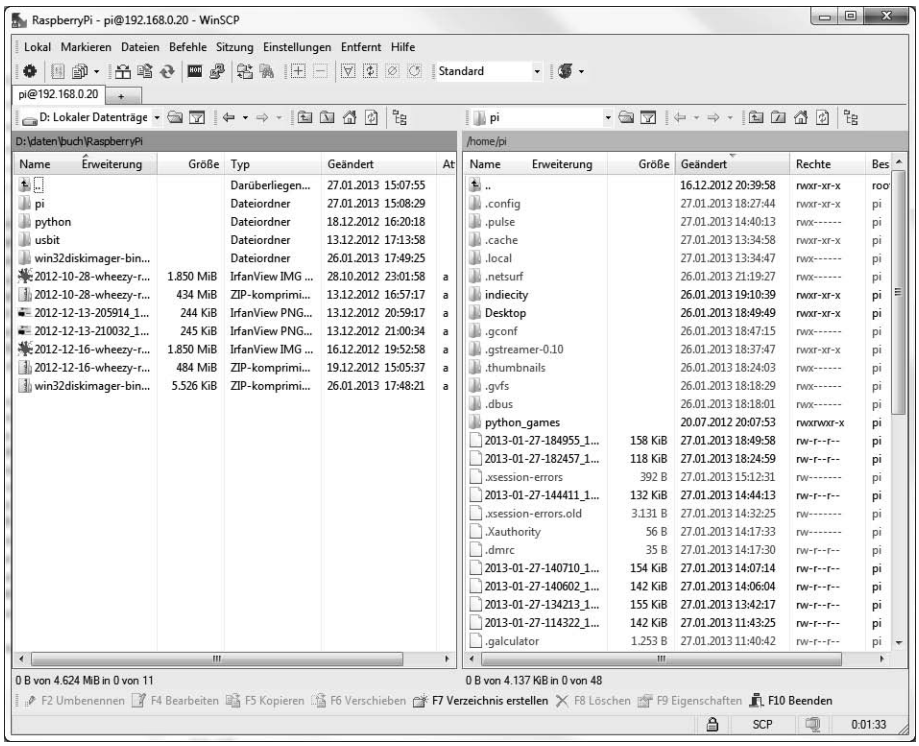


Neue Verbindung in WinSCP einrichten.

7 Klicken Sie unten auf *Speichern* und aktivieren Sie im nächsten Dialogfeld den Schalter *Passwort speichern*, obwohl WinSCP das nicht empfiehlt. Hier gibt es aber keine Sicherheitsbedenken, da sowieso jeder das Passwort für den Raspberry Pi kennt.

8 Klicken Sie jetzt auf *Anmelden*, stellt WinSCP eine Verbindung her und zeigt nach wenigen Sekunden einen eigenen Dateimanager in übersichtlicher Zweifenstergestaltung. Das rechte Fenster zeigt das Home-Verzeichnis des Raspberry Pi, das linke die lokale Festplatte des PCs. Sie können in beiden Richtungen Dateien kopieren. Der Dateimanager bietet komfortable Funktionen, um Verzeichnisse zu vergleichen oder zu synchronisieren, und zeigt auf dem Raspberry Pi in leichtem Grau auch die Dateien an, die Linux normalerweise versteckt. WinSCP verwendet übrigens die gleichen Tastenkombinationen wie der alte Norton Commander, den viele noch aus DOS-Zeiten kennen werden.

Warnungen beim Verbindungsaufbau: Alle Sicherheitswarnungen beim Verbindungsaufbau können Sie einfach bestätigen. Sie brauchen keine Sicherheitsschlüssel, die Verbindung ist sicher, denn sie läuft im lokalen Netzwerk und nicht über das Internet.



Datenübertragung zwischen PC und Raspberry Pi mit WinSCP.

Verzeichnisstruktur beachten: Kopieren Sie eigene Dateien auf den Raspberry Pi nur in das Verzeichnis */home/pi* und darunterliegende Verzeichnisse.

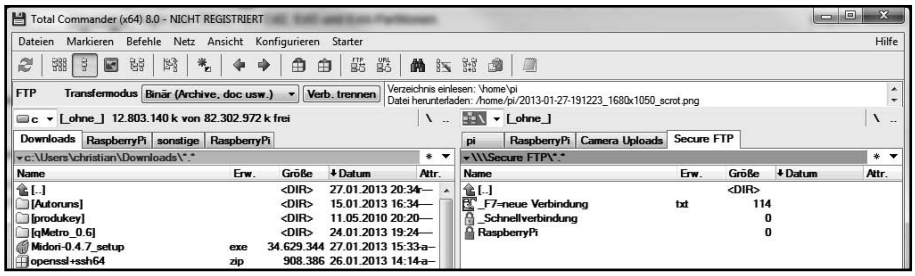
9 WinSCP speichert Adresse und Anmeldedaten. Beim nächsten Start brauchen Sie nur auf die gespeicherte Verbindung zu klicken und keine Daten mehr einzugeben. Das funktioniert so lange, wie der Raspberry Pi die gleiche IP-Adresse hat. Diese kann sich z. B. bei einem Reset des Routers ändern. Stellen Sie in diesem Fall auf dem Raspberry Pi die IP-Adresse erneut fest und ändern Sie sie in der Verbindung in WinSCP.

Datenübertragung mit dem Total Commander

Viele Windows-Nutzer sind mit dem vorinstallierten Explorer unzufrieden und längst auf einen komfortableren Dateimanager umgestiegen. Eines der beliebtesten derartigen Tools ist der Total Commander (*www.totalcommander.de*). Dieser kann auch zur Datenübertragung mit dem Raspberry Pi verwendet werden, man braucht nur ein Ssecure FTP-Plug-in.

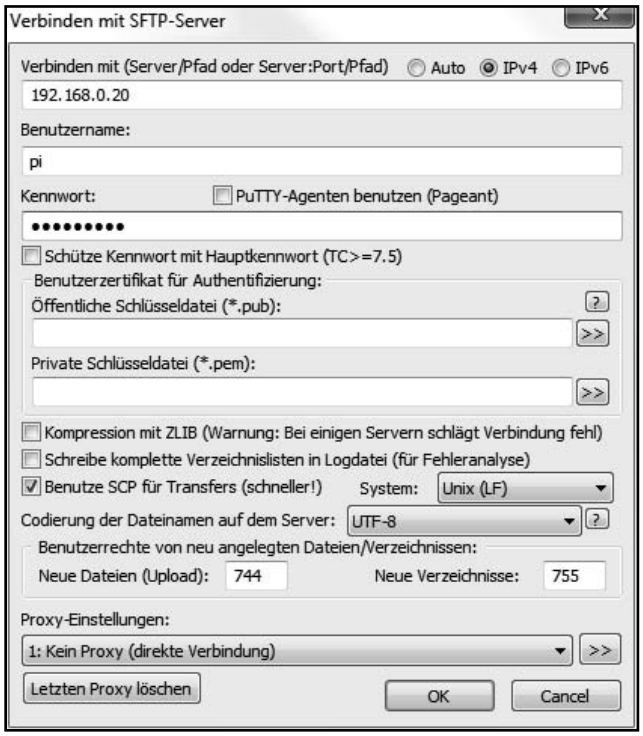
1 Laden Sie bei *www.ghisler.com/dplugins.htm* das Secure FTP-Plug-in herunter und installieren Sie es im Total Commander. Zusätzlich sind einige DLL-Dateien erforderlich, deren Downloadlinks für 32-Bit-Windows und 64-Bit-Windows auf der Seite mit angegeben sind. Kopieren Sie sie in das Plug-in-Verzeichnis des Total Commander.

2 Richten Sie jetzt die Verbindung ein. Schalten Sie dazu eines der Fenster des Total Commander (im Beispiel das rechte) auf *Netzwerkumgebung*. Hier erscheint jetzt ein neuer Eintrag *Secure FTP*. Drücken Sie die Taste [F7]. Damit wird in diesem Fall kein neues Verzeichnis, sondern eine Verbindung angelegt. Geben Sie dieser einen Namen, z. B. *RaspberryPi*.



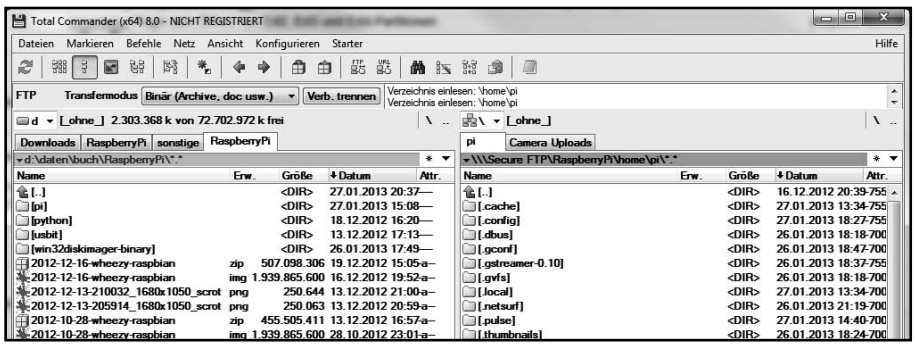
Total Commander mit Secure FTP-Plug-in.

3 Geben Sie im nächsten Dialogfeld IP-Adresse, Benutzername und Kennwort des Raspberry Pi ein, wie weiter oben bei WinSCP beschrieben. Wählen Sie oben rechts *IPv4* aus und aktivieren Sie im unteren Bereich den Schalter *Benutze SCP für Transfers*. Schließen Sie dieses Dialogfeld anschließend mit *OK*.



Verbindung zum Raspberry Pi im Total Commander einrichten.

4 Jetzt können Sie per Doppelklick die Verbindung aufbauen. Wechseln Sie auf dem Raspberry Pi in das Verzeichnis */home/pi*, und Sie können Dateien wie im Total Commander gewohnt kopieren, umbenennen, verschieben und auch neue Verzeichnisse anlegen.



Aktive Verbindung mit dem Raspberry Pi im Total Commander.

Mattias Schlenker

Schnelleinstieg Banana Pi

Mattias Schlenker entwickelt Live-Linux-Distributionen, vornehmlich als Notfall- und Rettungssysteme, und ist als Autor für Linux-, Netzwerk- und Sicherheitsthemen für verschiedene Computermagazine tätig. Zu Arduino™ kam der gelernte Kraftfahrzeugmechaniker aus Neugier, als er nach einer günstigen Möglichkeit suchte, Betriebsdaten seines Pkw über die OBD-II-Schnittstelle auszulesen.

Mittlerweile ist er fasziniert von der Möglichkeit, mit Arduino™ die verschiedensten Mess-, Regelungs- und Steuerungsaufgaben einfach, günstig und schnell umzusetzen – dementsprechend viele Arduinos sind in seinem Haushalt im Einsatz. Das in den letzten Jahren neu erworbene Arduino-Fachwissen gibt er gern in Buchform weiter. Auch auf andere Platinen überträgt Schlenker dieses Wissen, in diesem Fall auf den Banana Pi.

INHALT

VORWORT 10

Konventionen im Buch 11

Schaltpläne 11

Hilfe, ich weiß nicht weiter! 15

1. GRUNDLAGEN 16

1.1 Geschichte des Banana Pi 16

1.1.1 Die frühen Jahre 16

1.1.2 Die ARM-Plattform 17

1.1.3 Der Raspberry Pi 18

1.1.4 Banana Pi – Raspberry Pi weitergedacht 20

1.2 Banana Pi-Boards im Detail 22

1.2.1 Banana Pi M1 (Lamobo M1) 22

1.2.2 Banana Pro 23

1.2.3 Banana Pi R1 (Lamobo R1) 24

1.2.4 Banana Pi M2 24

1.2.5 Banana Pi D1 (Lamobo D1) 25

1.2.6 Orange Pi und Olinuxino 25

1.3 Unterstützte Betriebssysteme 26

1.3.1 Android 27

1.3.2 Bananian Linux 27

1.3.3 Raspbian Linux 28

1.3.4 Ubuntu Linux 29

1.3.5 OpenWRT 30

1.3.6 LeMedia 31

1.3.7 Andere Linux-Distributionen 31

1.3.8 NetBSD, OpenBSD und FreeBSD 31

2. BETRIEBSSYSTEM INSTALLIEREN 32

2.1 Bananian 35

2.1.1 Updates einspielen 38

2.2 OpenWRT (Lamobo R1) 40

2.2.1 Konfiguration per WLAN 41

2.2.2 Konfiguration per LAN 42

2.3 Ubuntu 44

3. BANANIAN IN DER PRAXIS 46

3.1 Netzwerkkonfiguration 46

3.1.1 Statische IP-Adresse 46

3.1.2 Banana Pi im WLAN 48

3.1.3 Banana Pi als WLAN-Access-Point 50

3.1.4 WLAN-Brücke 53

3.1.5 Kompletter Router mit Bananian 54

3.2 Druckerspooler mit CUPS 56

3.3 ownCloud-Server aufsetzen 60

3.3.1 Vorbereitung des Apache-Servers 61

3.3.2 Installation von ownCloud 62

3.3.3 Per Dynamic DNS überall erreichbar 65

3.3.4 Clients fürs Smartphone 66

3.4 MySQL-Datenbank fürs Büro ... 67
3.4.1 Installation von MySQL ... 68
3.4.2 Einrichtung einer Datenbank ... 69
3.4.3 Netzwerkfreigabe ... 70
3.4.4 Anbindung an LibreOffice ... 70

3.5 Dateiserver im Heimnetz ... 73
3.5.1 Vorbereitung ... 74

3.6 Desktopersatz ... 77
3.6.1 Auswahl des Desktops ... 78
3.6.2 Desktop einrichten ... 79
3.6.3 Office nachinstallieren ... 80
3.6.4 Kein Sound? ... 81

3.7 Videorekorder und -streamer ... 82
3.7.1 TVheadend installieren ... 84
3.7.2 Clients verbinden ... 89

4. GPIO KREATIV NUTZEN ... 92

4.1 Pinbelegung der Banana Pi ... 93

4.2 Software installieren ... 94

4.3 Start mit Steckbrett und LED ... 95

4.4 Schalter in Shell auslesen ... 99

4.5 Elegantes GPIO mit Python ... 102

4.6 FS20-Sender ansprechen ... 104

4.7 Servomotoren nutzen ... 107

4.8 Eine Webcam anschließen ... 112

4.9 Servo + Webcam + Webserver = Überwachungslösung ... 115

4.10 Arduino ansteuern ... 121

4.10.1 Arduino-IDE am PC installieren ... 123

4.10.2 Software auf dem Banana Pi installieren ... 126

4.10.3 Arduino-Programme vom PC aus hochladen ... 127

4.10.4 Schwarze Seite: 5-Euro-Arduino ... 131

4.11 Monochrome LC-Displays ansteuern ... 134

4.11.1 Anschluss des Displays ... 134

4.11.2 Installation der Software ... 136

4.11.3 Der Code ... 137

5. ANHANG ... 140

A.1 Gehäuse selbst bauen ... 140

A.2 Die serielle Konsole ... 140

A.2.1 Zugriff mit PuTTY oder screen ... 143

A.3 SSH-Log-in automatisieren ... 146

A.4 vi – verhasster und vergötterter Editor 148

A.5 Laufwerke unter Linux 149

A.6 Linux-Einstieg in 15 Minuten 151

A.6.1 Shell 151

A.6.2 Dateien und Ordner 151

A.6.3 Superuser werden 153

A.6.4 Berechtigungen ändern 153

A.6.5 Lange Dateien anzeigen 154

A.6.6 Suchen 154

A.6.7 Archive 155

A.6.8 Manuals 155

VORWORT

Sie haben einen Banana Pi erstanden oder planen einen zu kaufen? Glückwunsch! Vielleicht, weil Sie sich mit anderen Single-Board-Computern befasst haben und der Banana Pi den besten Kompromiss aus großer Community, intelligent zusammengestellter Hardware und einem günstigen Preis bietet? Vielleicht haben Sie bereits Erfahrung mit dem Raspberry Pi und sind an die Grenzen des beliebtesten Single-Board-Computers gestoßen?

Single-Board-Computer machen einfach Spaß, sie bieten vergleichsweise viel Rechenleistung für kleines Geld bei geringer Leistungsaufnahme. Offene Hardwareplattformen mit freier Software machen doppelt Spaß, denn mit ihnen lassen sich ganz tolle Gerätschaften realisieren, die auf x86-Basis den Stromzähler rotieren lassen würden.

Egal wie groß Ihre Vorerfahrung mit Linux insbesondere auf anderen Plattformen als Intel und AMD von PCs ist: Ich setze keine Grundkenntnisse zwingend voraus und verweise gegebenenfalls auf externe Seiten, die angesprochene Vorgehensweisen konkretisieren. Leider kann ich auf weniger als 200 Seiten keine vollständige Abhandlung der beiden im Buch am intensivsten genutzten Linux-Distributionen Debian und OpenWRT geben. Dennoch sollten Sie sich – auch als Linux-Einsteiger – schnell zurechtfinden und bald erste Erfolge bei der Einrichtung des Banana Pi als Desktopersatz oder als Router mit NAS-Funktionalität vorweisen können.

1 GRUNDLAGEN

1.1 Geschichte des Banana Pi

Single-Board-Computer sind kein neues Phänomen, bereits Ende der 1990er gab es die Minimalcomputer für kommerzielle Kunden. Sie hatten primär zwei Einsatzbereiche: Der erste war die Entwicklung von Steuerungskomponenten für die Industrie. Die hierfür verwendeten Platinen wurden auf breite klimatische Einsatzbereiche optimiert, in kleinen Serien hergestellt, und die Hersteller garantierten eine lange Verfügbarkeit – das sorgte leider für hohe Preise. Bereits für einfache SBCs wurden mehrere Hundert Euro aufgerufen.

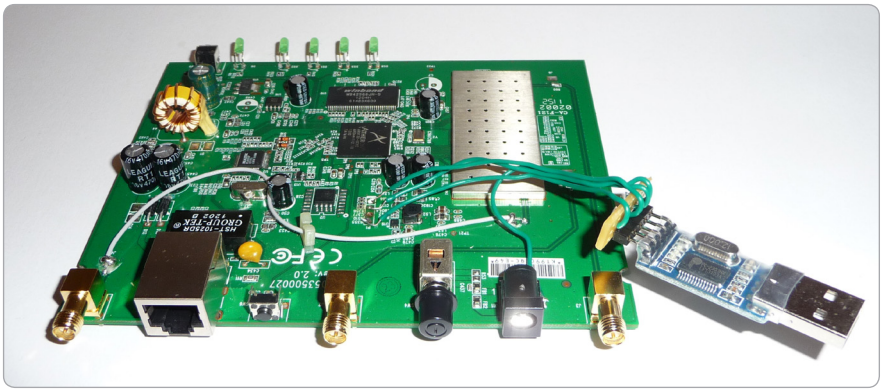
Der zweite Einsatzbereich war der als Musterplatine für die aufkommende Heimvernetzung, wie DSL-Router oder Network Attached Storage (NAS). Basierend auf den Referenzdesigns, konnten Hardwarehersteller Software für DSL-Router und später die abgespeckten Platinen (weniger Schnittstellen, weniger Speicher) entwickeln. In Form von NAS und Router wurden die ersten Single-Board-Computer von der Community entdeckt, die mit eigener Firmware die Funktionalität erweiterte und so vollwertige Server für den Hausgebrauch schuf oder Linux-basierte Settop-Boxen zu Entertainment-Centern ausbaute.

1.1.1 Die frühen Jahre

Die bekanntesten Geräte dieser Ära dürften der Linksys-Router WRT54G(L) und der erste populäre NAS-Server Linksys NSLU2 gewesen sein. Softwareseitig verschrieb sich das OpenWRT-Projekt (und das verwandte DD-WRT-Projekt) der Entwicklung einer schlanken Firmware. Debian arbeitete früh an Paketen für die typischerweise verwendeten MIPS- und ARM-Architekturen, sodass erfahrene Linux-Anwender mit den bekannten Paketwerkzeugen arbeiten konnten. Heutzutage gesellen sich mit Yocto Linux und uClibc Buildroot weitere Embedded Linuxe hinzu, und in Form von NetBSD und mit Einschränkungen FreeBSD stehen »echte Unixe« bereit.

Dennoch galten Single-Board-Computer bis vor ein paar Jahren als reines Nerd-Spielzeug. Das hatte vor allem zwei Gründe: Eine fehlende Anschlussmöglichkeit für Tastatur und Monitor machte das Debugging schwierig und erforderte zusätzliche Kenntnisse sowie zusätzliche Hardware in Form eines 3,3-V- oder 5-V-USB-Seriell-Adapters, um auf den Bootloader und vor Initialisierung der Netzwerkschnittstellen auf eine Konsole zugreifen zu können.

Die zweite Hürde waren fest verlötete »Massenspeicher« – meist Flash-Bereiche mit 2 bis 32 MByte: Schlägt die Installation eines Betriebssystem-Images fehl, muss umständlich aus dem Bootloader heraus per TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*) eine erneute Installation gestartet werden – auch hierfür ist zusätzliche Software (im Sinne eines TFTP-Servers) notwendig, zudem brauchen Sie das nötige Expertenwissen im Umgang mit Bootloader und TFTP-Server.



Linux-Experimente auf dem DSL-Router: Weil die Netzwerkschnittstelle nicht initialisiert wurde, musste ich zum Lötkolben greifen, um Zugriff auf eine serielle Konsole zu bekommen – derartiges Ungemach droht beim Banana Pi nicht.

1.1.2 Die ARM-Plattform

Ein Meilenstein für die Entwicklung heute omnipräsenter Minicomputer (Smartphones, Tablets, NAS-Geräte, Videoplayer etc.) war die Entwicklung der ARM-Prozessorfamilie. Entstanden ist diese im Umfeld der Universität Cambridge, als die Entwickler des »Volkscomputers« BBC Micros mit dem verbauten Prozessor unzufrieden waren. Mangels guter Rechenleistung zu günstigen Preisen entwickelten sie einfach einen eigenen Prozessor. Der trug zunächst den Namen *Acorn RISC Machines* – RISC wiederum ist ein Akronym für *Reduced Instruction Set Computing*, was dafür steht, dass wenige, dafür hochoptimierte Befehle verwendet werden. Später wurde die Prozessorsparte ausgelagert, die Abkürzung steht seither für *Advanced RISC Machines*.

Für den Erfolg der ARM-Architektur dürften zwei Entscheidungen ausschlaggebend gewesen sein: Zum einen können ARM-Prozessoren mit wenigen Transistoren und damit billig gefertigt werden. Zum anderen baut ARM Holdings selbst keine Prozessoren, sondern entwirft nur die Kerne. Chiphersteller können diese Kerne lizenzieren und mit Peripherie wie einem Grafik-Chipsatz oder Hardware für Schnittstellen (SATA, Ethernet) kombinieren. Derart kombinierte, hochintegrierte Systeme nennt man *System on a Chip*, kurz SoC. Dieses Geschäftsmodell erlaubt die Herstellung günstiger Prozessoren, die exakt die benötigte Hardware mitbringen: ARM-SoCs in NAS-Geräten benötigen keine Grafikhardware, so kann man darauf komplett verzichten. ARM-SoCs in Android-Spielekonsolen dagegen integrieren separat lizenzierte Grafikkerne.

Bei Redaktionsschluss war die 32-bittige ARM-Architektur ARMv7 die am weitesten verbreitete. ARMv8-Prozessoren, die 64 Bit und Virtualisierungsfunktionen kombinieren, waren bis dato nur in High-End-Smartphones und Servern zu finden. Erfahrungsgemäß dürfte es bis 2017 oder 2018 dauern, bis die Vorteile von ARMv8 wirklich auf Single-Board-Computern zum Tragen kommen: Bei 1 GByte Arbeitsspeicher in durchschnittlichen SBCs ist viel Luft nach oben, bis die Grenze von 4 GByte der 32-Bit-Architektur erreicht ist, und Virtualisierung wird eher im Smartphone praktische Anwendungen finden (zur Trennung einer beruflichen und einer privaten Betriebssysteminstanz) als auf Hobby-SBCs.

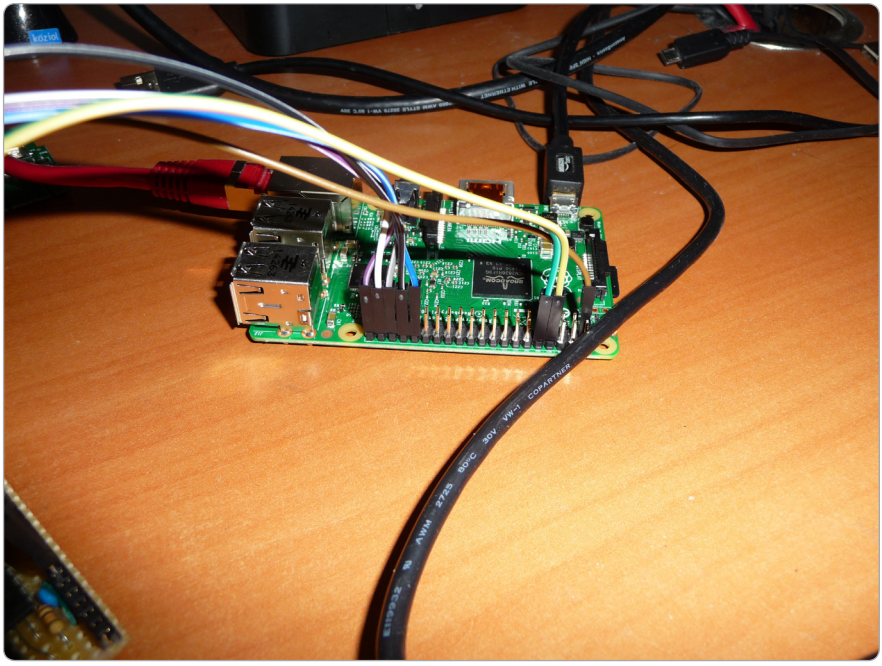
1.1.3 Der Raspberry Pi

Mit beiden Nachteilen der Routerboards und frühen Evaluationsboards räumte der Raspberry Pi auf: Der im Umfeld der Universität Cambridge entwickelte Einplatinencomputer war von vornherein als Billigcomputer für den Bildungsbereich konzipiert. Ganz oben auf der Agenda stand daher der Anschluss von Fernsehern – weil auch Schwellenländer anvisiert wurden, sogar in Form der gelben analogen Composite-Buchse der frühen Modelle. Organisiert ist das Raspberry Pi-Projekt relativ hierarchisch: Die Raspberry Pi Foundation kontrolliert die Weiterentwicklung der Hardware, deren Fertigung sowie die im »Standardbetriebssystem« Raspbian enthaltenen Programme. Hard- und Software sind erwartungsgemäß eng miteinander verzahnt, was die Einrichtung und Inbetriebnahme stark vereinfacht.

Dennoch gibt es Kritik an dem hierarchischen Entwicklungsmodell des Raspberry Pi: Der verwendete ARM-Prozessorkern (ARMv6) galt bereits bei Veröffentlichung des Computerchens als veraltet – sogar das anderthalb Jahre

zuvor veröffentlichte Mobiltelefon Samsung Galaxy S verwendete einen moderneren. Das Kathedralenmodell sei zu unflexibel und stehe Innovationen im Hardwarebereich im Weg. Dazu gibt es noch weitere technische Kritikpunkte, die vor allem im verwendeten Broadcom-Chipsatz liegen: Dieser bindet die Ethernet-Schnittstelle am einzigen internen USB-Hub an, der zudem bei konkurrierenden Zugriffen als recht langsam gilt. Wer also gleichzeitig DVB auf Festplatte aufnimmt und übers Netzwerk auf Festplatte gespeicherte Filme ansieht, mag mitunter den Flaschenhals bereits spüren.

Einen Teil der Kritik geht das neueste Modell Raspberry Pi 2 an: Sein Vierkernprozessor basiert endlich auf ARMv7 – damit schließt es etwas zur Konkurrenz auf. Das ermöglicht zudem Synergien bei der Softwareentwicklung. Die verhältnismäßig langsame Anbindung von Ethernet und externen Speichermedien ist dagegen geblieben.



Mit HDMI-Anschluss und entnehmbarer Speicherkarte machte der Raspberry Pi Single-Board-Computer hobbytauglich – Kritik gab es anfangs für den nicht mehr ganz frischen ARM-Prozessor.

1.1.4 Banana Pi – Raspberry Pi weitergedacht

Ein komplett anderes Entwicklungsmodell verfolgt der an der technischen Universität Shenzhen[1] erdachte Banana Pi. Die Anforderungen sahen zunächst ähnlich aus: Wie das Vorbild sollte der Banana Pi Studenten und Schülern höherer Klassen einen günstigen Computer bieten, und so unterschied sich die Schnittstellenausstattung zunächst kaum vom Raspberry Pi.

Allerdings gilt Shenzhen als die Elektronikmetropole überhaupt, in der ein großer Teil der chinesischen Fertigung von Settop-Boxen, Android-Sticks, Tablets, NAS-Devices und vielen weiteren Geräten stattfindet. In solch einer Umgebung sind Hardwarepartner mit viel Erfahrung bei der Integration bestimmter ARM-SoCs schnell gefunden. Gespielt wird meist über Bande mit drei oder vier beteiligten Unternehmen:

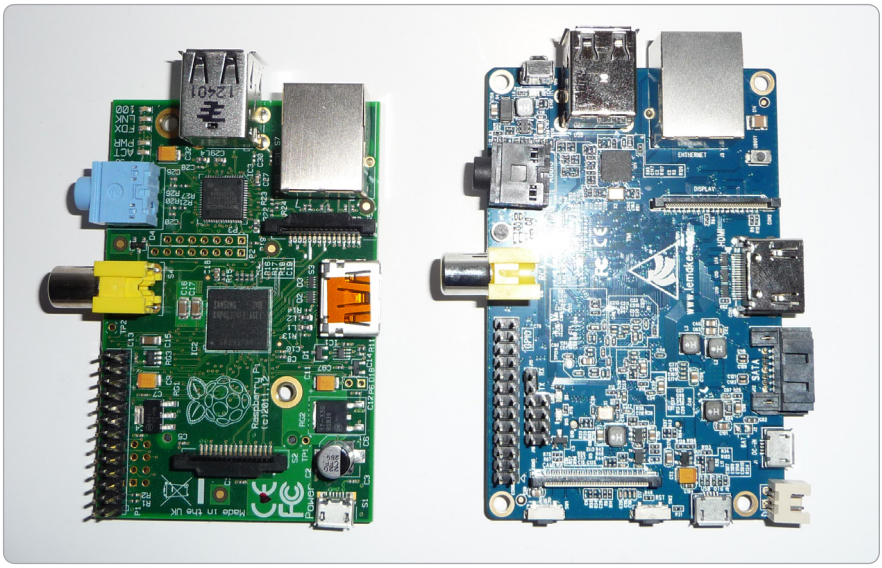
1. Das erste Unternehmen spezifiziert die Hardware, gibt Platinenabmessungen, Schnittstellen, verwendete Chips und weitere Eckdaten vor und kümmert sich ums Marketing.
2. Das zweite erstellt aus diesen Spezifikationen eine Platine – ein *Printed Circuit Board*, kurz PCB – und optimiert dieses auf günstige Fertigung.
3. Das dritte fertigt die Platinen und bestückt sie, vor dem Beginn der Nullserie prüft es das Design und weist den Boarddesigner auf Optimierungsmöglichkeiten hin.
4. Als vierte Instanz kommen häufig freie Softwareentwickler ins Spiel, deren Auftrag lautet, eine Linux-Distribution oder Android so weit anzupassen, dass Kunden, die die Hardware in großen Stückzahlen ordern, eine brauchbare Basis für eigene Betriebssysteme haben.

Nicht umsonst heißt Shenzhen auch »Werkbank der Welt«: Internationale Elektronikaufträge werden erstaunlich arbeitsteilig wie an einer Werkbank zwischen mehreren Unternehmen hin- und hergeschoben.

So auch beim Banana Pi: Die unter *lemaker.org* firmierenden Erfinder des Banana Pi vergaben die Boarddesigns an das recht junge Unternehmen *lamobo.com*, verpflichteten den Hardwarehersteller *sinovoip.com* mit der Herstellung der Platinen und überließen erste Softwareanpassungen ebenfalls Lamobo (Android) und Sinovoip (Linux).

1 *Shenzhen hat sieben Fachhochschulen und 12 Millionen Einwohner*

LeMaker wählte als Chipsatz des ersten Banana Pi den »Allwinner A20« – dieser verfügt über zwei Prozessorkerne, eine Mali-400-Grafik und SATA-Unterstützung, auch ist das Netzwerkinterface nicht am USB-Port des Chipsatzes angebunden. Der ursprünglich für den Einsatz von Netzwerk- und Festplattenvideoplayern gedachte SoC ist so eine gute Wahl für einen Minicomputer, der auch einen ordentlichen Durchsatz bei Netzwerk und Festplatte erzielen soll.



Raspberry Pi (links) und Banana Pi (rechts): Der Banana Pi ist in alle Richtungen etwas größer und orientiert sich, was die Lage der Schnittstellen betrifft, grob am Raspberry Pi.

Mittlerweile arbeiten LeMaker und Sinovoip nicht mehr zusammen. Nach einem kurzen Markenrechtsstreit wurde der Name »Banana Pi« an eine Foundation übertragen, die diesen für Single-Board-Computer im Geiste des originalen Banana Pi lizensiert. Inzwischen versuchen Lemaker und Sinovoip sich gegenseitig durch Innovationen zu übertrumpfen. Das ist zunächst auch gut für den Anwender, da Konkurrenz niedrigere Preise und bessere Leistungen verspricht. Allerdings hat die Konkurrenz den Nachteil einer Auffächerung der Hardwarepalette, was wiederum dazu führen kann, dass die Softwareentwicklung nicht hinterherkommt.

Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu beachten, dass es im Gegensatz zu Raspberry Pi eben keine zentrale Instanz gibt, die ein offizielles Betriebssystem pflegt. Immerhin: Die verwendete ARMv7-Architektur macht es einfach, Images auf Basis der Pakete großer Linux-Distributionen wie Ubuntu oder Debian zu erstellen – lediglich Bootloader und Systemkernel müssen einem solchen Image hinzugefügt werden. Wie so eine Erstellung eigener Images funktioniert, zeigen wir im Verlauf des Buchs.

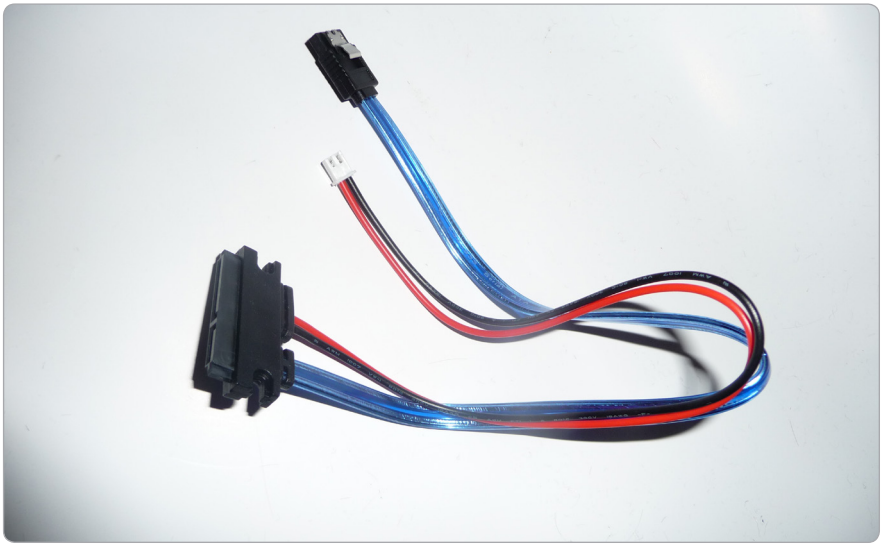
1.2 Banana Pi-Boards im Detail

Die Banana Pi-Familie umfasste bei Redaktionsschluss fünf Boards, von denen sich zwei deutlich von dem ursprünglichen Konzept unterscheiden. Drei sind praktisch uneingeschränkt zu empfehlen, die anderen beiden bestenfalls für Spezialanwendungen geeignet und nicht für den Hobbyeinsatz brauchbar.

1.2.1 Banana Pi M1 (Lamobo M1)

Der »Klassiker« (stellenweise »Banana Pi Classic genannt«) orientiert sich in der Schnittstellenausstattung noch stark am Raspberry Pi Modell B – wichtigstes Erkennungsmerkmal ist daher die gelbe Composite-Videobuchse. Er verfügt über einen recht gut dokumentierten Allwinner A20 als SoC und ist mit zwei Kernen, die mit 1 GHz getaktet sind, ordentlich »motorisiert«. Augenfälligster Unterschied zum Raspberry Pi ist die SATA-Buchse, die einen Anschluss von Festplatten erlaubt, ohne einen Flaschenhals darzustellen.

Der Allwinner A20 verfügt über eine Mali-400-Grafikeinheit, für die eine grundlegende Treiberunterstützung in Linux vorhanden ist, sodass ein Desktop mit 2-D-Beschleunigung und Hardware-Decoding von Videos realisierbar ist. Banana Pi M1 ist seit Sommer 2014 auf dem Markt und im europäischen Raum bei vielen Elektronikketten und Versendern erhältlich. Aufgrund der weiten Verbreitung ist die Unterstützung mit Software bei diesem Modell am besten.



Ein kleines Zusatzkabel erlaubt den Anschluss externer Festplatten an den Banana Pi. Bitte beachten Sie: Der Einplatinencomputer kann nur kleine 2,5-Zoll-Platten versorgen, größere sind tabu.

1.2.2 Banana Pro

Von LeMaker entwickelter und nicht mehr in Zusammenarbeit mit Sinovoip gebauter dezidierter Nachfolger des M1. Er bleibt beim Allwinner A20, spart aber die Composite-Buchse zugunsten einer 40-poligen GPIO-Leiste ein, das Aussehen nähert sich damit dem Raspberry Pi B+ an. Zahl der Kerne, Takt, Arbeitsspeicher, Grafikeinheit, SATA und Ethernet bleiben unverändert, als zusätzliche Hardware ist ein Wi-Fi-Chip aufgelötet, der den etwa 10 Euro höheren Preis rechtfertigt. Nicht alle Betriebssysteme für »Banana Pi Classic« laufen sofort auf dem »Pro«, die relativ enge Verwandtschaft macht aber Portierungen verhältnismäßig einfach – meist wird lediglich der WLAN-Treiber hinzugefügt, und kleinere Änderungen am Bootloader müssen vorgenommen werden.

1.2.3 Banana Pi R1 (Lamobo R1)

Die verhältnismäßig schnelle Netzwerkhardware und die effiziente Massenspeicheranbindung per SATA des Banana Pi schreit geradezu nach dem Einsatz als kombiniertes Router-NAS-Device. Diesem Wunsch hat sich Sinovoip angenommen und den klassischen Banana Pi als Routerboard mit nur geringen Änderungen neu verpackt. Die beiden auffälligsten Änderungen: Fünf Ethernet-Ports anstelle von einem, zur Verwaltung wird ein »Managed Switch« von Broadcom verwendet, der eigene Treiber benötigt. Für drahtloses Netz sorgt der per USB 2.0 angebundene WLAN-Chip Realtek 8192CU.

Dieser wird in neueren Linux-Kerneln recht gut mit Treibern unterstützt, kann aber nur 802.11b/g/n – bei 300 MBit/s ist damit Schluss, Nettigkeiten wie »Beamforming« und der neue ac-Standard bleiben außen vor. Auch ist der Durchsatz von SATA-SSD zu Gigabit-Ethernet von dem entfernt, was optimierte NAS-Geräte bieten. In der Summe seiner Eigenschaften ergibt das 80 Euro günstige Routerboard jedoch eine interessante und insgesamt sehr ausgewogene Basis für einen flexiblen Heimserver, der im Gegensatz zu guten Routern viel Massenspeicher für ein vollständiges Betriebssystem bietet.

Nicht zu unterschätzen ist außerdem die Tatsache, dass auch beim R1 die GPIO-Leiste den Anschluss von weiterer Hardware zur Hausautomation oder einfach LEDs zur Statusanzeige oder Displays für weitere Informationen ermöglicht. Das macht den R1 zum fairen Gesamtpaket für all jene Anwender, die einen echten Allround-Router suchen.

1.2.4 Banana Pi M2

Der M2 bricht relativ stark mit der Banana Pi-Tradition des Allwinner A20 und verwendet stattdessen den Allwinner A31S. Dieser SoC nutzt statt des Mali-Grafikkerns einen Imagination Technologies PowerVR SGX544MP. Bei Anwendern mit fundierterer Android-Erfahrung sollten jetzt die Alarmglocken klingeln: PowerVR SGX nutzt eine recht starke Integration von Kerneltreiber, Firmware und Grafiktreiber. Zudem sind Firmware und Grafiktreiber proprietär, also nicht als Open Source verfügbar.

Das Resultat sind zwar ordentliche Framerates unter Android, aber eine fast nicht mögliche Unterstützung mit Open-Source-Treibern. Da Imagination Technologies nur Treiber im Quellcode gegen Unterschrift eines »Non Disclosure Agreement« an Hardwareverkäufer und -hersteller vergibt, ist die Un-

terstützung regulärer Linux-Systeme praktisch unmöglich. Hinzu kommt, dass der Allwinner A31S auf Android-Settop-Boxen mit Spielefunktionalität optimiert ist, der SATA-Port wurde daher eingespart.

Ich gehe davon aus, dass dem M2 keine besonders lange Produktionszeit vergönnt ist und das Design schnell geändert wird, um schnelle, vierkernige SoCs mit Mali-Grafikkern (und SATA) wie Allwinner H3 zu unterstützen. Daher meine Empfehlung: Finger weg vom M2.

1.2.5 Banana Pi D1 (Lamobo D1)

Sehr interessant, aber leider schlecht dokumentiert und noch schlechter von Open-Source-Software unterstützt ist Banana Pi D1, ein SBC, der auf 36 × 36 mm^2 und etwa 10 g den kompletten Linux-Rechner und ein Kameramodul unterbringt. Der Haken? Es gibt mehrere: Der einzige günstig verfügbare SoC, der zum Zeitpunkt der Entwicklung ARM-Prozessor und Videoencoding bei geringem Gewicht kombinierte, war ein Anyka AK3918, der leider noch den ARMv5-Kern nutzt. Damit ist keine einzige Binärdatei anderer Banana Pi-Boards auf dem D1 verwendbar.

Die GPIO-Ports lassen Raum für Träume wie die von Kameras, die bestimmten Zielen folgen (Kompass oder Infrarotsensor), aber der derzeitige Stand der Hardware macht sie nicht attraktiv für Hobbyanwendungen. Allnet listet das D1-Board zwar, hält sich aber mit Werbung zurück.

Mein Tipp daher: Ich gehe davon aus, dass D1 weitere Iterationen mit moderneren Prozessoren, mehr RAM und besserer Dokumentation erfahren wird. Sollte das D1 in Ihr Beuteschema passen, um beispielsweise als flexible Kamera für eine Drohne genutzt zu werden, beobachten Sie den Markt und insbesondere die Webseite *sinovoip.com*, auf der neue Boards und Varianten frühzeitig angekündigt werden. Ideen und Möglichkeiten des D1 zeigt die erfolgreich finanzierte Kickstarterkampagne: *http://kck.st/1pzoY82*.

1.2.6 Orange Pi und Olinuxino

Mit Orange Pi, Orange Pi Mini und Olinuxino Micro sind drei weitere auf Allwinner A20 basierende Boards auf dem Markt, die eine etwas größere Schnittstellenvielfalt als Orange Pi bieten: Olinuxino legt viel Wert auf Schnittstellen und arbeitet mit einem eigenen Steckerformat für Erweiterungsplatinen, er bietet zudem zehn Buttons, die leicht ausgewertet werden können.

Bo Hanus

Maxi Power Projekte mit Arduino™ und Raspberry Pi

Vorwort

Wie haben Sie mit dem Arduino oder Raspberry Pi angefangen? Haben Sie auch einen Widerstand mit einem Ausgang und einer LED verbunden und dann über einen Sketch oder ein Python-Skript die LED zum Blinken gebracht? Das funktioniert gut und lässt sich wirklich sehr leicht umsetzen. Die Einfachheit der beiden Plattformen verleitet den Bastler gleich zu mehr und größeren Projekten. So ging es auch uns. Wir waren mit der kleinen LED nicht mehr zufrieden.

Wir wollten einfach mehr »Power«.

Wir möchten Ihnen zeigen, wie auch Sie mit ein paar elektronischen Grundkenntnissen mehr »Power« in Ihre Projekte bekommen. Für das Schalten von größeren Lasten ist aber mehr als ein einfacher Kohleschichtwiderstand notwendig. Schnell haben wir uns entsprechende Transistoren und Relais besorgt. Um auch direkt ein Ergebnis zu sehen, haben wir uns für Lichtquellen als schaltende Elemente entschieden. Warum nicht die Partybeleuchtung mit einem Arduino schalten?

Im vorliegenden Buch haben wir den Fokus auf die Elektronik gelegt, denn die Programme sind nicht die Herausforderung. Zuerst erklären wir Ihnen die notwendigen Grundlagen und zeigen Ihnen in unterschiedlichen Projekten, wie Sie große Lasten schalten. Das Wissen ist auf alle Mikrocontroller übertragbar und nicht nur für Arduino und Raspberry Pi nutzbar.

Dabei geht es zum Glück immer nur um eines: wissen, wie. Und das zeigen wir Ihnen. Sie werden überrascht sein, wie einfach eigentlich alles ist!

Wir hoffen, dass Sie in diesem Buch möglichst viele interessante Themen finden, zu denen Sie sagen können: »Ja! Das ist toll, damit kann ich etwas anfangen«.

Viel Spaß beim Lesen und bei Ihren Selbstbau-Projekten wünschen Ihnen

Bo Hanus und seine Co-Autorin (& Ehefrau) **Hannelore Hanus-Walther**

Inhaltsverzeichnis

1 Schalten, steuern und regeln mit Arduino, Raspberry Pi & Co 9
1.1 So schützen Sie Ihren Arduino oder Raspberry Pi 20
1.2 Zum Thema Software 22
1.3 Schnelleinstieg mit simuliertem PC-Board und ohne Software 23

2 Größere elektrische Leistungen schalten 29
2.1 Transistoren als Gleichspannungsschalter 32
2.2 Buffer-, Puffer-, Treiber-ICs und andere integrierte Schalter 36
2.3 Das optimale elektromagnetische Relais 43
2.4 Elektronische Relais (Last-Relais) 48

3 Zusätzliche Stromversorgung 51
3.1 Stabilisierte Spannungsversorgung für Selbstbau-Projekte 57
3.2 Netzteile mit mehreren Ausgangsspannungen 63
3.3 Netzteile mit einstellbaren Spannungsreglern 65
3.4 Stabilisierte Power-Netzteile 68

4 LEDs als Lichtquellen für attraktive Power-Projekte 77
4.1 Universale und Standard-LEDs 81
4.2 Low-Current-LEDs 91
4.3 Superhelle und ultrahelle Leuchtdioden 93
4.4 High-Power-Leuchtdioden 96
4.5 Blink-Leuchtdioden 100
4.6 Bicolor-LEDs (Duo-LEDs) 104
4.7 Mehrfarbige LEDs (RGB-LEDs/RBG-LEDs) 107
4.8 Infrarot-Dioden 109
4.9 SMD-/SMT-LEDs für Oberflächenmontage 110
4.10 LED-Streifen 111

5 Power-Projekte mit LEDs 113
5.1 Power-Projekte mit LEDs und LED-Streifen 116
5.2 Die ersten Schritte mit blinkenden LED-Streifen 119
5.3 Arduino-Sketch 1: zwei abwechselnd blinkende LED-Streifen 121
5.4 Software Nr. 1 für Raspberry Pi – zwei abwechselnd blinkende LED-Streifen 122
5.5 Interessante Projekte mit blinkenden LED-Streifen 125
5.5.1 Sketch Nr. 2 für Arduino – Blinker mit einer Frequenz von 4 Hz 134
5.5.2 Software Nr. 2 für Raspberry Pi – Blinker mit einer Frequenz von 4 Hz 135
5.6 Lichtstreifen-Projekte mit »herabfließendem« Licht 135
5.6.1 Sketch Nr. 3 für Arduino – drei nacheinander schaltende Ausgänge 137
5.6.2 Software Nr. 3 für Raspberry Pi – drei nacheinander schaltende Ausgänge 138
5.6.3 Sketch Nr. 4 für Arduino – vier nacheinander schaltende Ausgänge 146

5.6.4 Software Nr. 4 für Raspberry Pi – vier nacheinander schaltende Ausgänge ... 147
5.6.5 Sketch Nr. 5 für Arduino – fünf nacheinander schaltende Ausgänge ... 150
5.6.6 Software Nr. 5 für Raspberry Pi – fünf nacheinander schaltende Ausgänge ... 151
5.7 Lichtstreifen-Projekte mit »drehendem« Licht ... 153
5.8 Feuerwerk mit LEDs ... 166
5.8.1 Sketch Nr. 6 für Arduino – drei schnell nacheinander schaltende Ausgänge ... 171
5.8.2 Software Nr. 6 für Raspberry Pi – drei schnell nacheinander schaltende Ausgänge ... 171
5.9 LED-Fontäne ... 172
5.10 Projekte mit Wechselspannungs-Lichtquellen ... 173
5.11 Power-Projekte mit Lauflicht ... 177

6 Elektromotoren, Aktoren, Elektromagnete und Elektroventile schalten ... 183
6.1 Gleichstrommotoren schalten ... 184
6.2 Wechselstrommotoren schalten ... 189
6.3 Elektromagnete und Magnetventile schalten ... 194

7 Elektrisch angetriebene Bewegungen ... 197
7.1 Drehende Bewegungen ... 197
7.2 Lineare Bewegungen ... 200
7.3 Schwenkende Bewegungen ... 202
7.4 Kugellager für reibungslosen Lauf ... 204

8 Verknüpfungen mit Funksystemen ... 207
8.1 Funküberwachungs-Sets & Zubehör ... 214
8.2 Was kann via Funk wie am besten geschaltet werden? ... 220
8.3 Funksystem mit zwei separaten Kanälen und einem Selbsthalte-Relais ... 227
8.4 Funksysteme mit zwei Funkkanälen und einem Motor-Umpol-Relais ... 229
8.5 Funksystem mit drei Funkkanälen und einem Motor-Umpol-Relais ... 233
8.6 Funksteuerung eines Ausfahrt-/Einfahrt-Systems ... 235
8.7 Funksteuerung eines Einphasen-Kondensator-Motors in zwei Drehrichtungen ... 236
8.8 Funksteuerung eines Einphasen-Kondensator-Motors über drei Funkkanäle ... 238

9 Selbstbau – der schnellste und beste Weg zu Erfolgserlebnissen ... 243
9.1 Elektronische Labor-Platinen und Lötleisten ... 243
9.2 Elektronische Schaltungen und Kleingeräte anfertigen ... 247
9.3 Richtig löten – kein Problem! ... 248

1 Schalten, steuern und regeln mit Arduino, Raspberry Pi & Co

Zum Arduino, zum Raspberry Pi und zu diversen anderen Mini-PCs gibt es viele spezielle Lernpakete, Shields und zusätzliches Zubehör, die fürs Schalten, Steuern und Regeln von kleineren Leistungen bzw. von kleinen Elektroantrieben ausgelegt sind. Bei vielen dieser Angebote gilt aber: Wer etwas Individuelles oder Spezielleres errichten, schalten und steuern möchte, der muss sich selbst behelfen! Aber das ist gar nicht schwierig.

Wir beschreiben in diesem Buch so ziemlich alle der einfacheren Mittel und Wege, die das Schalten von beliebig großen (auch riesigen) Leistungen ermöglichen und zeigen Ihnen detailiert , wie man in der Praxis alles in den Griff bekommt. Wir haben sehr viele eigene Entwicklungen vorgenommen und sie in mehreren Varianten umgesetzt und durchexperimentiert.

Dieses Buch soll Ihnen auf eine leicht nachvollziehbare Weise zeigen, was alles über einen Arduino, einen Raspberry Pi oder einen beliebigen anderen Mikrocontroller, Mini-PC (genau genommen auch über einen beliebigen »Maxi-PC«) geschaltet und gesteuert werden kann. Wir zeigen Ihnen an konkreten Beispielen, wie beliebig große Leistungen mit Leistungstransistoren, elektromagnetischen Relais, elektronischen Relais und anderen Bausteinen geschaltet werden, worauf dabei zu achten ist und wie Sie eigene Lösungen umsetzen können.

Die Vielfalt der Möglichkeiten ist riesig, denn sie hängt nur von Ihrer individuellen Kreativität ab. Ob Lichter, Klänge, Elektromotoren, Funksysteme einzeln, massenhaft oder beliebig durcheinander geschaltet werden sollen, werden wir Ihnen in diesem Buch nicht vorschreiben, denn das können nur Sie selbst bestimmen. Wir zeigen Ihnen die Wege, erklären Ihnen, wie Sie Stolpersteine umgehen, welche Bauteile, Bausteine oder Eigenbau-Vorrichtungen Sie benötigen und welche Alternativen Ihnen für jedes Vorhaben zur Verfügung stehen. Um die einzelnen Themen verständlich erläutern zu können, haben wir einige Beispiele als leicht nachvollziehbare Schaltungen und einfach nachzubauende Lösungen konzipiert. Es handelt sich um Beispiele, die bei der Gestaltung Ihrer Projekte keine Grenzen setzen und bei Bedarf leicht modifiziert werden können.

Nicht jeder, der in diesem Buch blättert, befasst sich berufsmäßig dauernd mit Elektronik in dem Maße, dass ihm alle elektronischen Schaltzeichen geläufig sind. Es gibt z. B. auch unter Fachleuten aus der Software-Branche viele, die noch nie in ihrem Leben ein elektromagnetisches Relais oder eine Siliziumdiode in der Hand gehalten haben, aber dennoch mit Hilfe dieses Buches etwas Interessantes realisieren möchten. An diese Lesergruppe haben wir gedacht, als wir in den hier aufgeführten Schaltungen abwechselnd elektronische Schaltzeichen und bildlich dargestellte Bauteile eingezeichnet haben,

denn einem Quereinsteiger erleichtert es die Orientierung und einen Profi braucht es nicht zu stören. Wir leben ohnehin in einer Zeit, in der die Bilder das Sagen haben.

Um eine Verbindung zu den Arduino- und Raspberry-Pi-Boards offen zu halten, lehnen wir einige der hier aufgeführten Beispiele an die Konzepte der Franzis-Lernpakete zum Arduino oder zum Raspberry Pi und die dazugehörige Software an. Unsere Software-Beispiele wollen kleine Brücken zwischen der Arduino- oder Raspberry-Pi-Software bauen, die Sie bereits aus dem Ihnen geläufigen Lernpaket kennen. Wir halten es mit der Software sehr einfach, denn in diesem Buch geht es schwerpunktmäßig um das Schalten von größeren Lasten bzw. um das Schalten als solches. Was und in welcher Reihenfolge Sie schalten, steuern und regeln möchten, müssen Sie selbst entscheiden und im Rahmen Ihrer Möglichkeiten realisieren. Speziellere Software-Fertigrezepte hätten hier ähnlich wenig Sinn wie eine Bauanleitung zur weihnachtlichen Power-Beleuchtung der Golden-Gate-Brücke in San Francisco.

Die in diesem Buch aufgeführten Beispiele sind so als Bauanleitungen oder Vorschläge verfasst, dass sie bedarfsgerecht leicht modifiziert werden können. Bei Bauanleitungen und Vorschlägen, die sich auf individuelle kreative Antriebstechniken beziehen, haben wir verständlicherweise gar nicht erst angestrebt, dass Sie sich an eine »So und nicht anders«-Vorgabe halten. Wir zeigen Ihnen im Gegenteil, wie flexibel sich jede Aufgabe lösen lässt und wie groß – oder sogar grenzenlos – die Spielfläche der Selbstbau-Möglichkeiten ist.

In der Praxis hängen die Grenzen individueller Projekte vom Fachwissen, von der individuellen Erfahrung, von der Handfertigkeit und von den technologischen Möglichkeiten ab, über die Sie verfügen bzw. auf die Sie zugreifen können.

In Deutschland sterben leider die kleinen privaten Werkstätten aus, in denen man sich etwas zusammenschweißen oder an einer Drehmaschine (Drehbank) »abdrehen« lassen kann. Zum Glück tauchen jedoch zunehmend neue Firmen auf, die Ihnen auf Bestellung mit einem 3-D-Drucker nach einer Zeichnung kostengünstige Einzelstücke erstellen. Abgesehen davon bietet z. B. Conrad Electronic viele vorgefertigte mechanische Bausteine – darunter auch Elektromotoren, Kugellager, Zahnräder u. Ä. – an, auf die Sie bei der Erstellung von Selbstbauprojekten zugreifen können.

Dieses Kapitel will Ihnen rein informativ Ihre Planungsüberlegungen erleichtern und zeigt, was es alles fürs Schalten gibt und wie es in etwa angewendet werden kann. Konkrete Bauanleitungen mit genaueren Erläuterungen folgen in den späteren Kapiteln.

Jeder Computer – auch jeder kleinste Einplatinen-Computer – verfügt über mehrere I/O-Anschlüsse (Input/Output), denen Informationen zugeführt oder von denen Informationen bezogen werden. Als Informationen sind elektrische Spannungen (bzw. Signale) zu verstehen, die z. B. unterschiedliche Höhen, unterschiedliche Frequenzen, Impulse oder gezielt vorprogrammierte Algorithmen aufweisen. Zusätzliche Software-Programme bestimmen, wie und womit der Computer auf eingehende (oder einprogrammierte) Informationen reagieren soll bzw. welcher seiner I/O-Anschlüsse wann eine schaltende Spannung liefern soll.

Dies trifft auch auf ein Arduino- oder Raspberry-Pi-Board zu. Möchte man mit ihnen irgendetwas schalten, dann müssen ihre schaltenden I/O-Anschlüsse – oder je nach Bedarf

auch nur einer der Anschlüsse – eine schaltende Spannung liefern. Diese beträgt beim Arduino stolze 5 V, beim Raspberry Pi nur 3,3 V.

Wer bereits mit dem Arduino oder dem Raspberry Pi herumexperimentiert hat, der ist über dieses Thema im Bilde, denn bei vielen Experimenten hat das gute Einplatinen-Board des Arduino oder des Raspberry Pi eine oder mehrere kleine LEDs geschaltet. Aus eigener Kraft! Es handelt sich aber leider nur um eine sehr schwache Kraft, deren Strapazierungsgrenze meist bei einer Stromabnahme von maximal 40 mA beim Arduino bzw. 50 mA beim Raspberry Pi liegt. Das ist genug, um z. B. eine oder mehrere 2-mA-LEDs (Low-Current-LEDs) zu schalten (siehe Abb. 1.1a), aber viel zu wenig, um größere Lasten zu schalten.

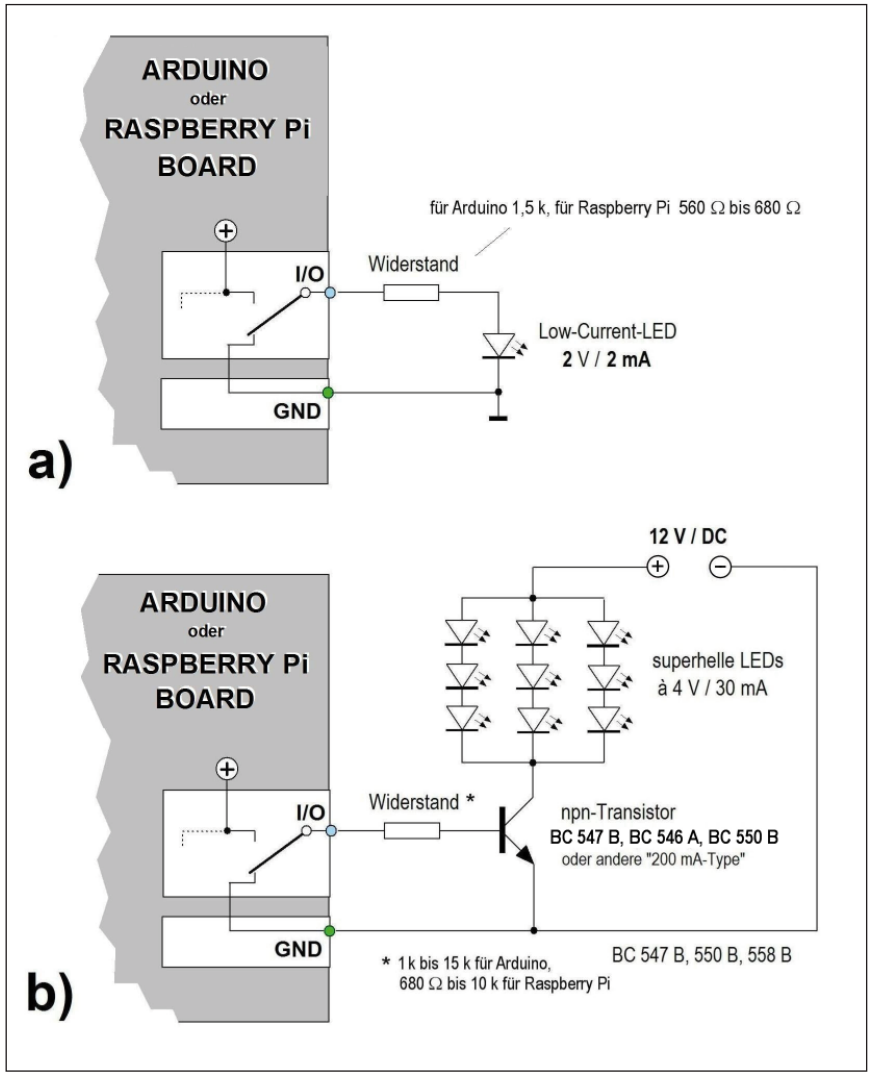


Abb. 1.1: a) Direktes Schalten einer LED vom I/O-Anschluss; b) Schalten einer kleineren DC-Last mit einem zusätzlichen 200-mA-Transistor.

Bemerkung
Beim Raspberry Pi werden die I/O-Anschlüsse als GPIO-Anschlüsse (General Purpose Input Output; deutsch: Allgemeiner Eingang/Ausgang) bezeichnet. Wir bleiben in diesem Buch einheitlich bei der sonst gebräuchlichen Bezeichnung I/O.

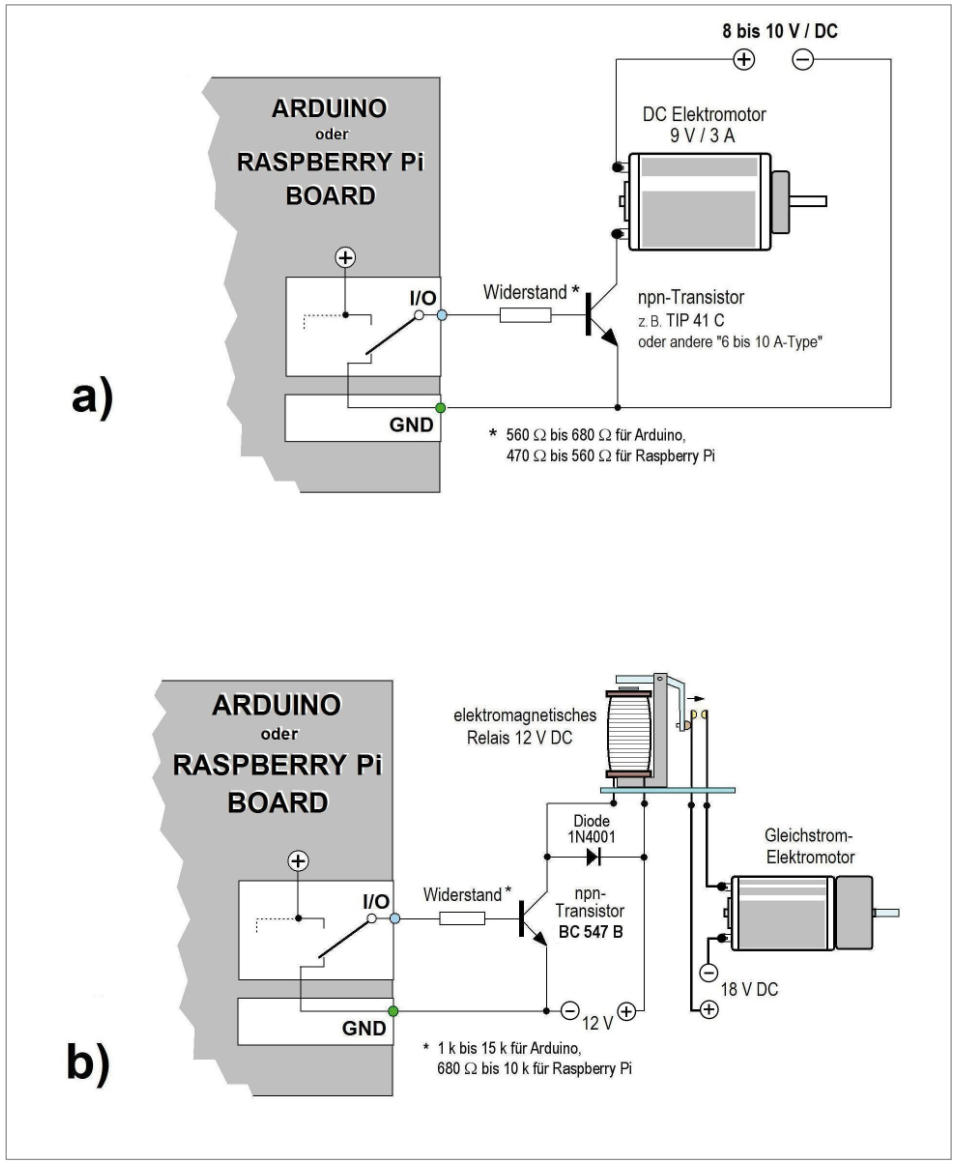


Abb. 1.2: a) Schalten einer größeren DC-Last mit einem zusätzlichen 10-A-Transistor; b) Wird mit einem elektromagnetischen Relais geschaltet, sollte die Relais-Magnetspule nicht direkt, sondern über einen zusätzlichen Transistor vom I/O-Port geschaltet werden.

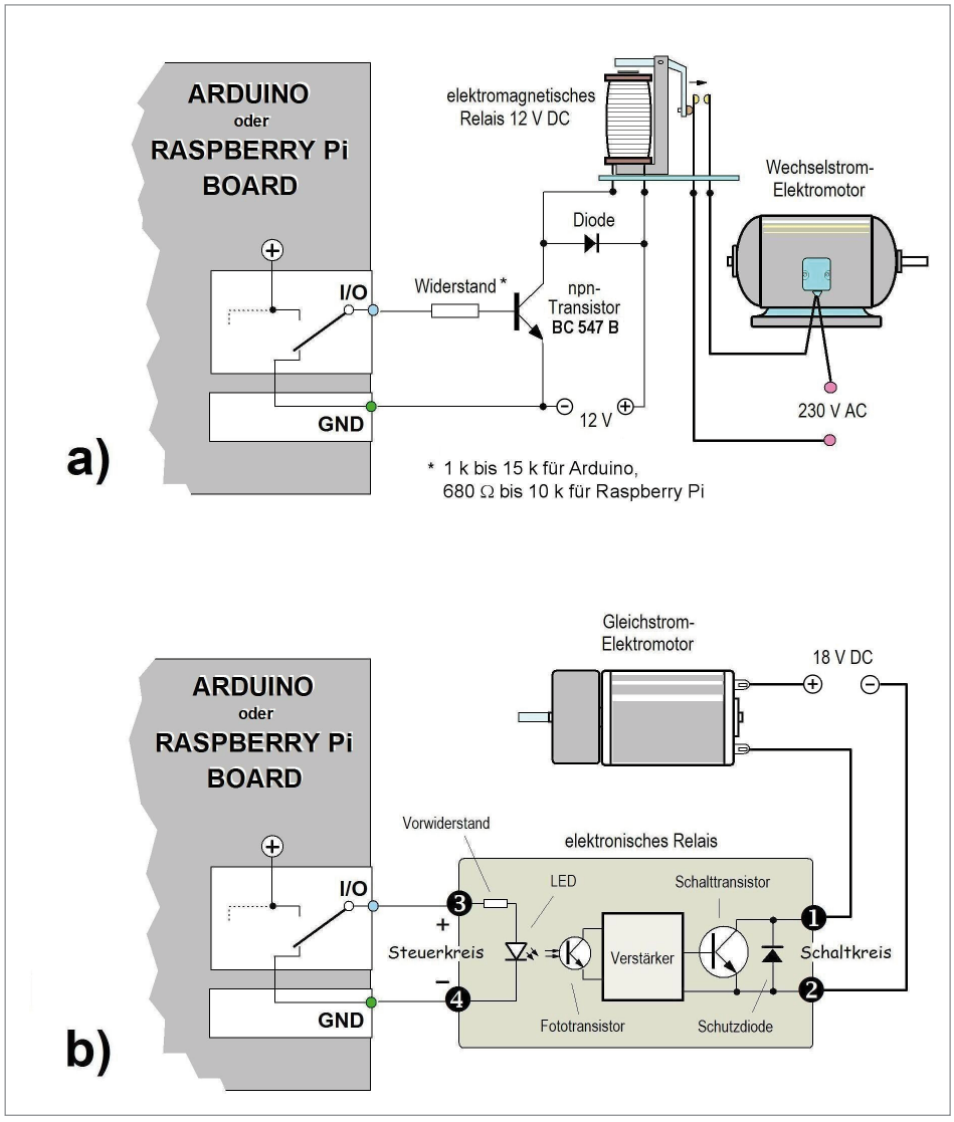


Abb. 1.3: a) Ein elektromagnetisches Relais kann einen Wechselstrommotor auf die gleiche Weise schalten wie einen Gleichstrommotor, aber der Schaltkontakt muss für die vorgesehene Schaltspannung (z. B. 230 V AC) ausgelegt sein; b) Ein elektronisches Relais kann direkt vom I/O-Port aus geschaltet werden.

Auf »Probieren geht über Studieren« darf man sich hier (leider) nicht verlassen: Versucht man von einem schaltenden I/O-Ausgang (= auf Schalten programmierten Anschluss) einen höheren Strom als die 40 bzw. 50 mA zu beziehen, zerstört man ihn – bzw. das ganze Board. Zum Glück gibt es unzählige Hilfsbausteine, die an einen solchen schwachen I/O-Ausgang quasi als externe Gehilfen angeschlossen werden können, um das Schalten von beliebig kräftigen Stromfressern zu übernehmen.

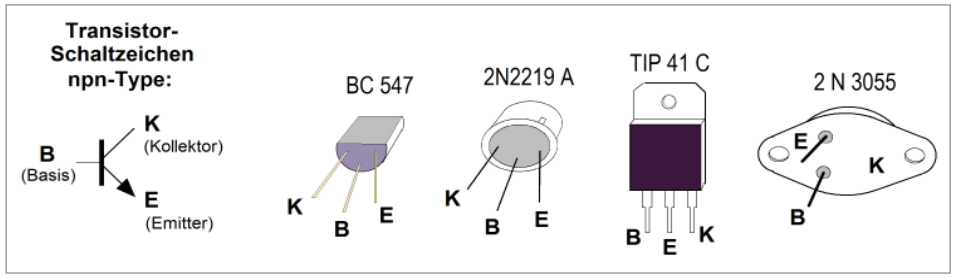


Abb. 1.4: Die Anordnung der Anschlüsse (Kollektor/Basis/Emitter) ist bei Transistoren unterschiedlich; beim Transistor *2 N 3055* bildet sein ganzes Metallgehäuse den Kollektoranschluss.

Einige dieser Hilfsbausteine sind zwar als Fertigprodukte erhältlich, aber meist nur für ein genau vorgegebenes Vorhaben gedacht, so dass sie nur im spielerischen Bereich genutzt werden können oder bausatzorientiert ausgelegt sind. Wer kreative Vorhaben realisieren möchte, der kann sich aus der riesigen Menge der handelsüblichen Transistoren, Relais oder IC-Bausteine das Passende aussuchen und ein solches Element als kostengünstigen externen Schalter einsetzen.

Wir zeigen Ihnen später, dass alles eigentlich ein Kinderspiel ist, wenn man weiß, wie, was und warum. Damit Sie sich eine konkrete Vorstellung von dem »Wie« machen können, zeigen Abb. 1.2 und Abb. 1.3, welche externen Schaltbausteine zu diesem Zweck zur Verfügung stehen und wie man sie anschließt.

Zwei der einfachsten Lösungen zeigen unsere Beispiele in Abb. 1.1b und 1.2: An den schaltenden Anschluss **I/O** ist ein Transistor angeschlossen, der quasi als ein zusätzlicher kräftigerer Schalter z. B. mehrere superhelle LEDs (alternativ auch mehrere 12-V-Lampen) nach Abb. 1.1b oder einen Gleichstrom-Elektromotor nach Abb. 1.1c schaltet. Da der Output-**I/O** die LED-Ketten oder den Motor nicht direkt schalten kann, benötigt er – wie eingezeichnet – einen externen Transistor als »Gehilfen«, der sein schwaches Ausgangssignal nur als einen Schaltbefehl wahrnimmt. Als der eigentliche elektronische Schalter der angeschlossenen Last dient in diesem Fall also der externe Transistor. Da der ganze Strom der angeschlossenen Last durch den Transistor fließt, muss seine Größe (Leistung) für diese Belastung dimensioniert sein (darauf kommen wir noch später zurück).

Bemerkung
In Abb. 1.2b ist parallel zu den Anschlüssen der Relais-Magnetspule eine Schutzdiode eingezeichnet. Dafür eignet sich z. B. eine Gleichrichterdiode der Type 1N4001 bis 1N4004. Sie schützt den Transistor (alternativ auch einen beliebigen integrierten Baustein) davor, dass beim Abschalten der Relais-Magnetspule die kurz entstehende Spannungsspitze den angeschlossenen Halbleiter vernichtet. Bei Verwendung von kräftigeren Transistoren (wie in Abb. 1.2a) darf diese Diode entfallen. Vorsicht bitte beim Einlöten der Diode: Die Polarität darf nicht versehentlich verwechselt werden, das würde den Transistor (bei etwas Pech auch das Board) blitzschnell zerstören!

Anstelle eines Transistors kann auch ein elektromagnetisches oder elektronisches Relais nach Abb. 1.2b bzw. Abb. 1.3a als externer schaltender Baustein verwendet werden.

Wie Abb. 1.2b bzw. Abb. 1.3a zeigen, darf die Magnetspule eines elektromagnetischen Relais nicht direkt von einem I/O-Anschluss des Arduino- oder Raspberry-Pi-Boards geschaltet werden, der nur für einen max. Strom von 40 mA ausgelegt ist. Der Einschalt-Stromstoß der Relais-Magnetspule könnte den I/O-Port vernichten. Daher muss auch hier ein kleiner Transistor (100-mA-Type) als zusätzlicher »Gehilfe« dazwischen sitzen.

Verwendet man anstelle eines elektromagnetischen Relais ein elektronisches Relais nach Abb. 1.3b, kann dieses direkt vom I/O-Anschluss geschaltet werden: Der Anschluss betreut in diesem Fall nur eine kleine LED, die im Relais intern als optischer Sender einen Fotohalbleiter beleuchtet, der dann über einen internen Verstärker seinen elektronischen Schalter aktiviert. Das sieht zwar ganz gut aus und lässt sich problemlos anwenden, ist aber ziemlich kostspielig und kann nicht so universell angewendet werden wie ein elektromagnetisches Relais. Ein elektronisches Relais ist entweder nur für das Schalten einer Gleichspannung oder nur für das Schalten einer Wechselspannung ausgelegt – was von der Type des Halbleiters abhängt, der dafür im Relais zuständig ist.

Hinweis
Um Fehlexperimenten mit elektronischen Relais vorzubeugen: Nicht bei allen elektronischen Relais ist herstellerseitig ein LED-Vorwiderstand im Steuerkreis verbaut, dann muss zusätzlich zwischen dem I/O-Port und dem Relais-Steueranschluss **3** ein Vorwiderstand (nach Hinweisen des Herstellers) angebracht werden. Ansonsten würde die LED durchbrennen, womit das Relais unbrauchbar würde.

Elektronische Wechselstrom-Relais (Wechselstrom-Last-Relais) haben im Vergleich zu allen anderen Schalter-Bausteinen den Vorteil, dass sie teilweise mit einem internen Nullspannungs-Schalter ausgelegt sind. Wie in Abb. 1.5 unten zeichnerisch dargestellt, schaltet der Nullspannungs-Schalter den Strom exakt in dem Augenblick zu, in dem die sinusförmige Wechselspannung die Null-Achse passiert und eine Null-Spannung hat. Somit erfolgt das Einschalten des (der) Verbraucher(s) ohne einen Stromstoß.

Um die Übersicht über die Lösungen zu vervollständigen, zeigen Abb. 1.6 und 1.7, wie Gleichstrom- und Wechselstrommotoren einfach geschaltet werden können, wenn ein Betrieb in beiden Drehrichtungen (Linkslauf/Rechtslauf) vorgesehen ist.

Beim Betrieb eines Elektromotors in zwei Drehrichtungen muss grundsätzlich ein gleichzeitiges Einschalten beider Drehrichtungen verhindert werden, das durch Programmierungs- oder Bedienungsfehler vorkommen könnte. Dies ist eine wichtige Maßnahme, die Kurzschlüssen vorbeugt. Bei dem in Abb. 1.6 eingezeichneten Motor-Umpol-Relais wird dies durch die Anordnung der Kontakte automatisch verhindert. Bei dem Beispiel in Abb. 1.7 müssen die Magnetspulen der Relais aus dem erwähnten Grund gegenseitig (über die Kontakte **K1b** und **K2b**) so blockiert werden, dass ein aktiviertes Relais die Stromzuleitung zu der Magnetspule des anderen Relais immer automatisch unterbricht. Wir haben hier – der besseren Übersicht wegen – das Relais bildlich dargestellt. Die Funktionsweise der Relaiskontakte zeigt Abb. 1.6: Die obere Anordnung der Relais-Magnetspule und der Relais-Kontakte ist leicht nachvollziehbar und wird bei vielen Relais so vorgenommen. Oft jedoch mit dem Unterschied, dass die meisten Hersteller

die beiden eingezeichneten Umschaltkontakte (Wechsler) im Relais nicht hintereinander, sondern nebeneinander unterbringen. Bei sehr vielen Relais ist das Innere nicht sichtbar, und die mechanische Verbindung zwischen der Magnetspule und den Schaltkontakten löst jeder Hersteller individuell. Meist wird dabei angestrebt, dass das Relais möglichst klein bleibt.

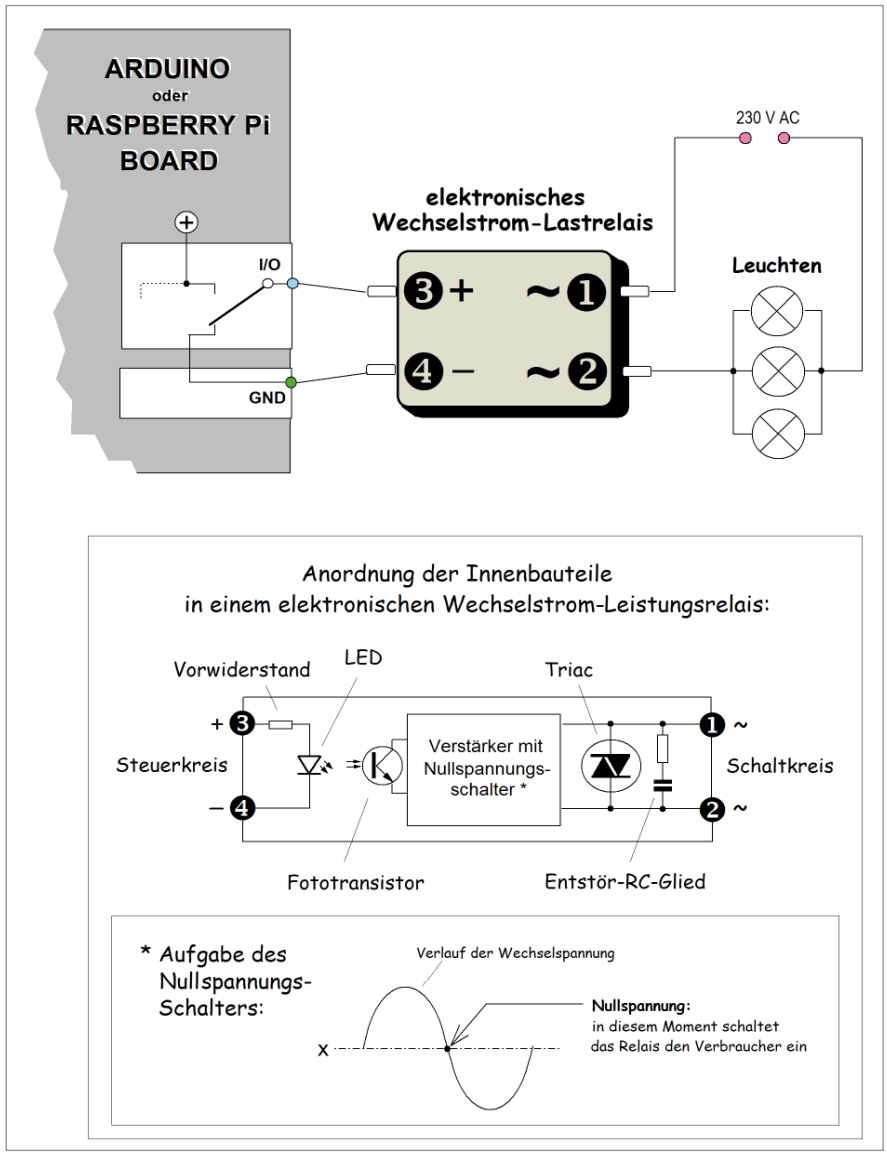


Abb. 1.5: Anschluss- und Ausführungsbeispiel eines elektronischen Wechselstrom-Last-Relais.

Bei kleineren Printrelais wird oft eine Anordnung der Magnetspule und der Schaltkontakte nach Abb. 1.8 unten links gewählt. Für den Anwender ist in der Hinsicht nur wichtig zu wissen, wie die Anschlüsse bei dem einen oder anderen Relais belegt sind.

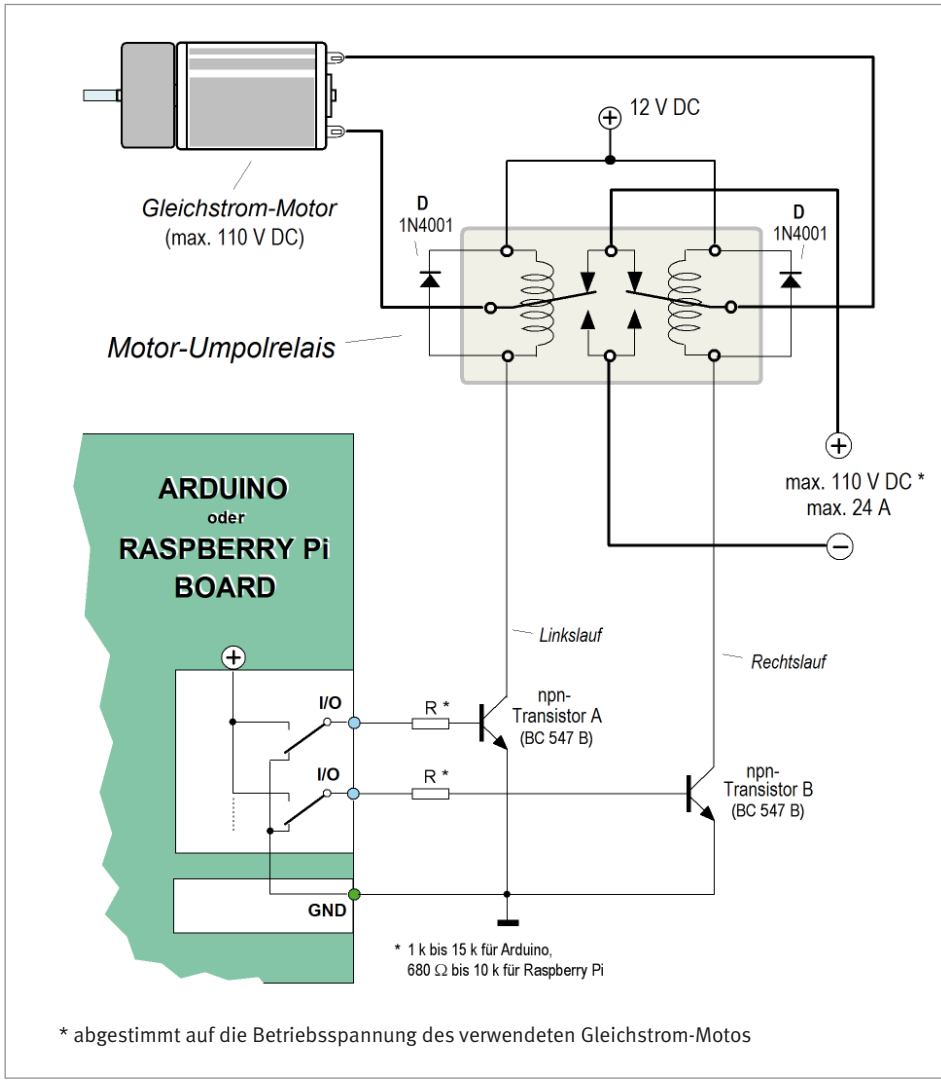


Abb. 1.6: Mittels eines speziellen Motor-Umpol-Relais kann ein Gleichstrom-Elektromotor in beiden Drehrichtungen problemlos geschaltet werden.

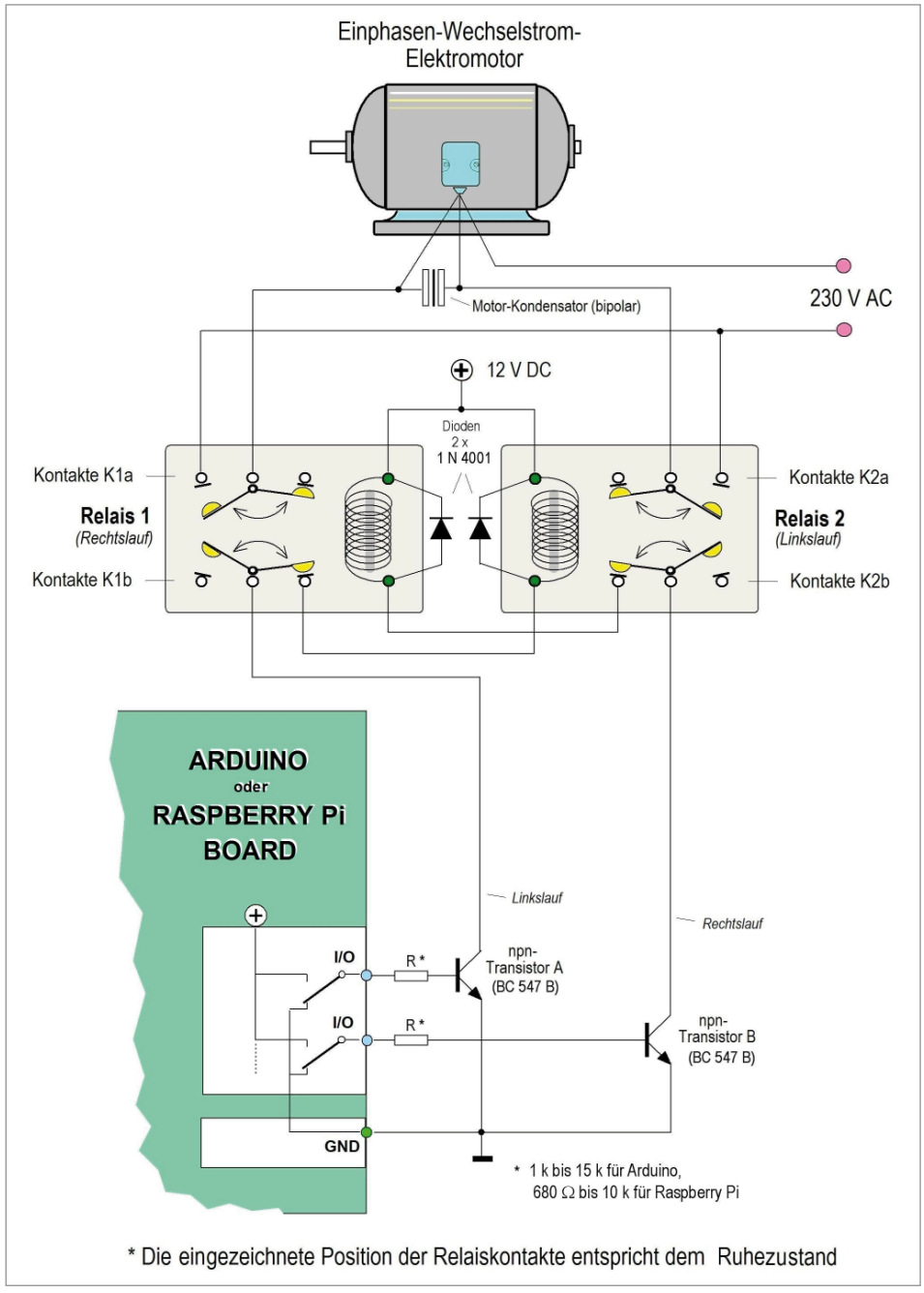


Abb. 1.7: Ein Wechselstrommotor kann mithilfe von zwei einfachen elektromagnetischen Relais (2 x UM) in zwei Drehrichtungen betrieben werden.

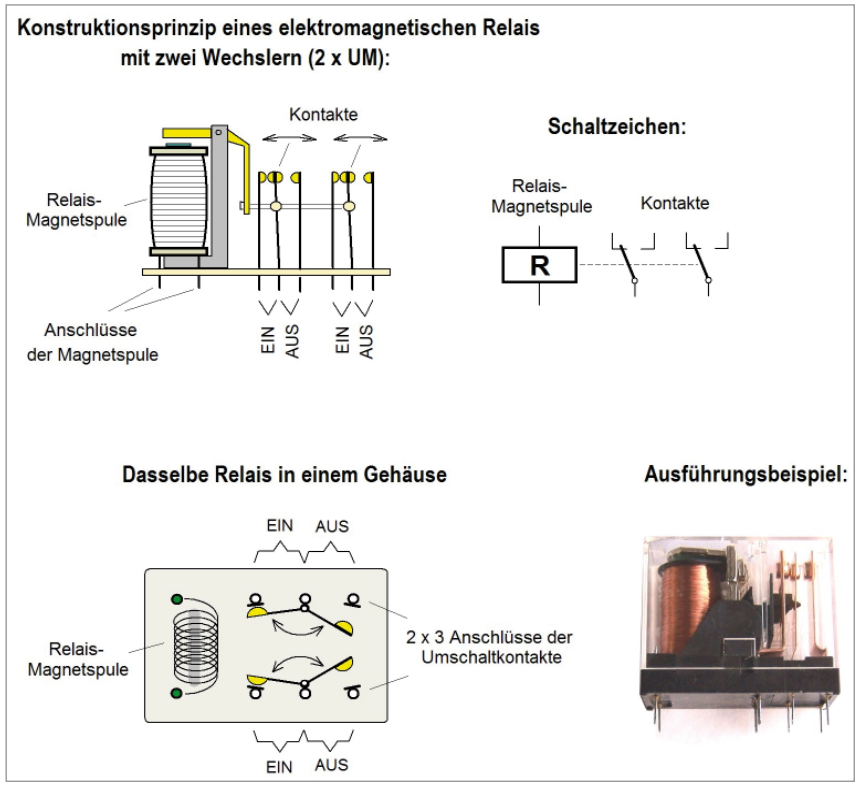


Abb. 1.8: Viele elektromagnetische Relais sind mit zwei Wechselkontakten ausgelegt; die Anordnung der Anschlüsse des unten links bildlich dargestellten Relais entspricht der gängigen Anordnung der meisten handelsüblichen Printrelais.

Wichtige Hinweise

Die hier aufgeführten Beispiele dienen nur einer schnellen Orientierung, nicht alle sind als Bauanleitungen gedacht. Für diejenigen, die sich bereits an dieser Stelle ein etwas genaueres Bild von den Anwendungsmöglichkeiten machen möchten, haben wir zwar einiges etwas genauer spezifiziert, nähere Informationen und konkrete Anwendungsbeispiele zu jedem Thema werden Sie aber erst in weiteren Kapiteln finden. Einige der in diesem Buch aufgeführten anspruchsvolleren Beispiele sind nur für Fachleute geeignet, die sich mit der Materie auskennen. Gemeint ist Folgendes: Nicht jeder, der sich gut mit der Software auskennt, hat schon einmal Elektromotoren oder Deckenleuchten installiert. Und nicht jeder, der sich gut mit der Installation von Elektromotoren oder mit der Konstruktion komplexer Geräte auskennt, hat schon einmal ein Softwareprogramm geschrieben oder modifiziert. Entscheidend ist, womit einer umgehen kann und was er sich dagegen nicht unbedingt zumuten sollte. Wer über keine ausreichende Fachkompetenz verfügt, sollte nur die Experimente mit den harmlosen elektronischen Schaltungen in Angriff nehmen.

Wenn aber größere Elektromotoren oder 230-Volt-Beleuchtungen geschaltet werden, sollte dies nur in Zusammenarbeit oder unter Aufsicht eines erfahrenen Profis erfolgen.

1.1 So schützen Sie Ihren Arduino oder Raspberry Pi

Um zu verhindern, dass eine fehlerhafte externe Schaltung das Arduino- oder Raspberry-Pi-Board beschädigt oder zerstört, bietet der Handel schützende Shields an, die zwischen die I/O-Ports und die externen Komponenten geschaltet werden. Ein zerstörerischer Defekt in der angeschlossenen Schaltung vernichtet dann nur das Shield, aber nicht das eigentliche Board.

Das ist eine praktische, aber etwas teure Maßnahme. Eine viel einfachere Lösung bietet z. B. ein sogenanntes Buffer-, Puffer- oder Treiber-IC (es kostet nur einige Cent), das wie in Abb. 1.9 gezeigt als Schutzschild angeschlossen werden kann und denselben Schutz bietet. Ein solcher Puffer (*SN 7407*) kann zwar pro Port nur einen Strom von maximal 40 mA liefern, er bezieht aber vom Arduino oder Raspberry Pi nur einen sehr geringen Strom, und wenn es an seinem Ausgang zu einem Kurzschluss oder einer Überspannung kommt, wird nur der Puffer selbst zerstört. Die Anwendung einer IC-Fassung (DIL 14) ist hier angeraten, da sie schnelles Ersetzen ermöglicht.

Als eine vorteilhafte Alternative zu einem echten Buffer-IC bietet sich das Schalt-IC 4066 an. Es verkraftet pro Einzelschalter zwar nur einen Ausgangstrom von max. 20 mA, aber wenn zumindest zwei seiner Schalter parallel verbunden werden, erhöht sich sein Ausgangstrom auf dieselben 40 mA, die z. B. das in Abb. 1.9 gezeigte IC *SN 7407* maximal liefern kann. Abgesehen davon: Werden alle vier Einzelschalter des 4066 wie in Abb. 1.10 gezeigt parallel miteinander verbunden, erhöht sich die maximal mögliche Stromabnahme auf stolze 80 mA. Das steigert seine Strapazierfähigkeit z. B. bei Verwendung von elektromagnetischen Relais, deren Magnetspule einen relativ niedrigen ohmschen Widerstand hat und das *IC 4066* beim Einschalten mit einem kräftigeren Stromstoß belastet. Wie Abb. 1.10 zeigt, darf man bei dieser Lösung das elektromagnetische Relais direkt an das *IC 4066* anschließen – vorausgesetzt, sein ohmscher Widerstand ist ausreichend hoch. Wenn nur zwei der Schalter – wie abgebildet – parallel miteinander verbunden sind, sollte der ohmsche Widerstand der Magnetspule bevorzugt oberhalb von ca. 700 Ω (besser noch oberhalb von 1000 Ω) liegen.

Wer bereits gewisse handwerkliche Erfahrung in der Elektronik hat und mit dem Löten gut zurechtkommt, kann sich darauf verlassen, dass beim Anschluss eines Transistors über einen Widerstand (nach Abb. 1.1b und 1.2 a/b) keine Notwendigkeit für einen zusätzlichen Schutz besteht. Sobald der ohmsche Wert dieses Basis-Widerstands über ca. 1 kΩ liegt (was ohnehin in der Regel zutreffen wird), kann ein Kurzschluss am oder hin-

ter dem Transistor den I/O-Port[1] des Arduino- oder Raspberry Pi-Boards nicht beschädigen. Wenn jedoch Anschlüsse anderer Art vorgesehen sind, die den I/O-Anschluss nicht vergleichbar schützen, lohnt sich z. B. ein zusätzlicher kostengünstiger Schutz nach den Beispielen aus Abb. 1.9 bzw. Abb. 1.10.

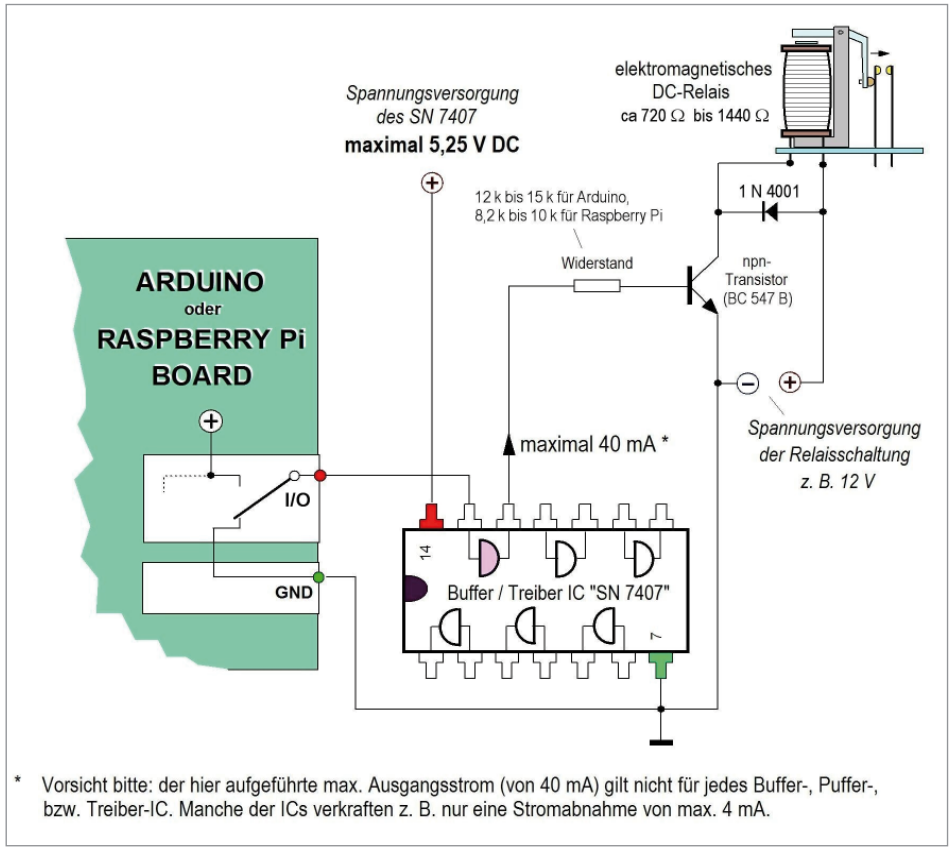


Abb. 1.9: Einen preiswerten Schutz vor Zerstörung des Arduino- oder Raspberry-Pi-Boards bietet ein Puffer-, Buffer- oder Treiber-IC (viele Namen für das gleiche IC).

1 Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, werden die I/O-Ports beim Raspberry Pi als GPIO-Ports bezeichnet – was aus technischer Sicht keinen tieferen Sinn ergibt. Wir bleiben daher in diesem Buch bei der einheitlichen Bezeichnung I/O-Ports (Input/Output-Ports), denn es handelt sich schließlich um dieselben Eingang/Ausgang-Ports mit derselben Funktionsweise. Wenn die I/O-Ports nur als schaltende Ausgänge genutzt werden, bitte nicht vergessen: Arduino-Boards liefern an ihren I/O-Ports eine schaltende Spannung von 5 V DC, Raspberry-Pi-Boards dagegen nur von 3,3 V DC. Auf diesen Spannungsunterschied müssen die Anschlüsse der externen schaltenden Bausteine (z. B. die Basiswiderstände der an die Ports angeschlossenen Transistoren) jeweils abgestimmt sein. Achten Sie darauf beim Nachbau unserer Schaltungen, bei denen wir aufführen, welche Basiswiderstände sich am besten für Arduino oder für Raspberry Pi eignen.