

Rüdiger Follmann

# Das Raspberry Pi Kompendium

*2. Auflage*

**EBOOK INSIDE**

 Springer Vieweg

---

# Das Raspberry Pi Kompendium

---

Rüdiger Follmann

# Das Raspberry Pi Kompendium

2., erweiterte und überarbeitete Auflage

 Springer Vieweg

Rüdiger Follmann  
Vice President  
IMST GmbH  
Kamp-Lintfort, Deutschland

Ergänzendes Material zu diesem Buch finden Sie auf  
<http://www.springer.com/978-3-662-58143-8>

ISBN 978-3-662-58143-8      ISBN 978-3-662-58144-5 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58144-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2014, 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature  
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany



# Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	<b>XI</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Embedded Systeme</b>	<b>XIII</b>
<b>Die Zielgruppe</b>	<b>XIV</b>
<b>Der Aufbau dieses Buches</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Der Raspberry Pi</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Die Qual der Wahl</b>	<b>1</b>
1.1.1 Zubehör und Kosten .....	2
1.1.2 Darf es etwas weniger sein? .....	3
1.1.3 Die Übersicht behalten .....	3
1.1.4 Quo vadis Pi? .....	4
<b>1.2 Die Raspberry Pi-Connection</b>	<b>5</b>
1.2.1 Die erste Inbetriebnahme .....	6
1.2.2 Vorbereiten der SD-Karte .....	6
1.2.3 Peripherie anschließen .....	8
<b>1.3 Einrichten des Systems</b>	<b>8</b>
1.3.1 Netzwerkeinstellungen .....	12
<b>1.4 Erstes Video und MPEG-2 Codec</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Weniger kann mehr sein</b>	<b>18</b>
1.5.1 Raspbian Lite .....	18
1.5.2 Systemstart von einem externen Laufwerk .....	18
1.5.3 Netzwerk-Boot .....	19
<b>1.6 Der Betrieb</b>	<b>25</b>
1.6.1 Firmware-Warnungen .....	25

1.6.2	Real Time Clock	25
1.6.3	Audioausgabe	26
1.6.4	Temperatur	26
<b>2</b>	<b>Die UNIX-Welt</b>	<b>27</b>
<b>2.1</b>	<b>Updates</b>	<b>27</b>
2.1.1	Updates in der Konsole	27
2.1.2	Programminstallation per Desktop	28
<b>2.2</b>	<b>Die LEDs</b>	<b>29</b>
<b>2.3</b>	<b>Fernzugriff</b>	<b>29</b>
2.3.1	SSH für Terminal-Fans	30
2.3.2	Fernzugang mit Schreibtisch	31
<b>2.4</b>	<b>Netzwerk editieren</b>	<b>32</b>
2.4.1	Dynamische IP	35
2.4.2	Statische IP	35
2.4.3	WLAN	36
<b>2.5</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>38</b>
2.5.1	Kabellose Tastatur	38
2.5.2	Kopfhörer	39
2.5.3	Dateiübertragung	39
<b>2.6</b>	<b>Init-Skripte</b>	<b>41</b>
<b>2.7</b>	<b>Wichtige Tipps</b>	<b>43</b>
2.7.1	Missglückter Start	43
2.7.2	Partition verkleinern	44
2.7.3	config.txt	45
2.7.4	SD-Schreibschutz	47
<b>2.8</b>	<b>Windows-Umsteiger</b>	<b>47</b>
2.8.1	E-Mail	47
2.8.2	Dateibrowser	47
2.8.3	Verbindung mit einem NAS	48
<b>3</b>	<b>Fernzugriff und mehr</b>	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Windows ruft „Pi“</b>	<b>51</b>
3.1.1	Remote Desktop	53
3.1.2	Heimweh	54
3.1.3	Sicheres Kopieren	55
3.1.4	Fernweh	56
3.1.5	Cisco Client	56
3.1.6	Microsoft PPTP	58
<b>3.2</b>	<b>Tanze Samba mit mir</b>	<b>61</b>
<b>3.3</b>	<b>iSCSI ist kein Apple-Device</b>	<b>63</b>
<b>3.4</b>	<b>Streng vertraulich!</b>	<b>65</b>
3.4.1	Container erstellen	67
3.4.2	Wer soll sich das denn merken?	69

<b>3.5</b>	<b>My home is my castle</b>	<b>70</b>
<b>4</b>	<b>Das erste Programm</b>	<b>73</b>
<b>4.1</b>	<b>Hallo Welt!</b>	<b>73</b>
4.1.1	Auslagerungsdatei	76
<b>4.2</b>	<b>Hallo Python!</b>	<b>77</b>
<b>4.3</b>	<b>Repositories</b>	<b>78</b>
4.3.1	mercurial, svn und git	78
<b>4.4</b>	<b>Betriebssystem hautnah</b>	<b>79</b>
4.4.1	Die Raspberry Pi Firmware	79
4.4.2	Der eigene Kernel	80
<b>4.5</b>	<b>Patches</b>	<b>83</b>
<b>5</b>	<b>Video Disc Recorder</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Fernsehen</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>DVB-Stick</b>	<b>86</b>
5.2.1	Neuere Modelle	91
<b>5.3</b>	<b>Fernbedienung</b>	<b>93</b>
<b>5.4</b>	<b>VDR</b>	<b>99</b>
<b>5.5</b>	<b>Externe Festplatte</b>	<b>106</b>
<b>5.6</b>	<b>VDRAdmin-am</b>	<b>108</b>
<b>5.7</b>	<b>Schöner fernsehen</b>	<b>109</b>
5.7.1	Stream me up!	115
<b>6</b>	<b>KODI</b>	<b>119</b>
<b>6.1</b>	<b>KODI aus dem Repository</b>	<b>120</b>
<b>6.2</b>	<b>KODI aus dem Quelltext</b>	<b>120</b>
<b>6.3</b>	<b>Übersetzungsfehler und Neuerungen</b>	<b>126</b>
<b>6.4</b>	<b>LibreELEC</b>	<b>128</b>
6.4.1	Einrichten der Fernbedienung	129
6.4.2	Der Wetterdienst	131
6.4.3	Tvheadend zum Fernsehen	131
6.4.4	DVD und Blu-ray	135
6.4.5	Amazon Prime	136
6.4.6	Mobile Helfer	139
<b>6.5</b>	<b>AirPlay und Co.</b>	<b>140</b>
<b>6.6</b>	<b>Externalplayer</b>	<b>143</b>
<b>6.7</b>	<b>MP3</b>	<b>144</b>
<b>6.8</b>	<b>Ausblick</b>	<b>145</b>

<b>7</b>	<b>Ambilight</b> .....	<b>147</b>
<b>7.1</b>	<b>Ambilight für LibreELEC</b>	<b>147</b>
7.1.1	Ambilight Hardware anschließen .....	148
7.1.2	Ambilight Software installieren .....	152
7.1.3	Ambilight Fernbedienung .....	162
7.1.4	Ambilight ein- und ausschalten .....	162
<b>7.2</b>	<b>Ambilight für jede HDMI-Quelle</b>	<b>167</b>
7.2.1	Hardware anschließen .....	169
7.2.2	Software installieren .....	171
7.2.3	LEDs konfigurieren .....	171
<b>8</b>	<b>Server und Datenbanken</b> .....	<b>175</b>
<b>8.1</b>	<b>AirPrint</b>	<b>175</b>
<b>8.2</b>	<b>Apache</b>	<b>180</b>
8.2.1	PHP .....	181
8.2.2	MySQL .....	182
<b>8.3</b>	<b>WLAN-Hotspot</b>	<b>185</b>
8.3.1	Hostapd .....	185
8.3.2	Chillispot .....	191
8.3.3	Zertifikate .....	193
8.3.4	Radius .....	196
8.3.5	Kein CGI-Freund? .....	203
8.3.6	Firewall .....	203
8.3.7	Toooooor! .....	205
<b>8.4</b>	<b>OpenVPN</b>	<b>208</b>
8.4.1	Der Klient .....	212
<b>8.5</b>	<b>CMS</b>	<b>214</b>
<b>8.6</b>	<b>Mach' mich nicht NAS!</b>	<b>219</b>
<b>9</b>	<b>Erweiterungen</b> .....	<b>223</b>
<b>9.1</b>	<b>Erweiterungs-Anschlüsse</b>	<b>224</b>
<b>9.2</b>	<b>Servieren à la Python</b>	<b>227</b>
9.2.1	Ein minimalistischer Webserver .....	227
9.2.2	GPIO-Ansteuerung .....	228
9.2.3	SPI .....	233
9.2.4	Von C nach Python .....	237
9.2.5	Ansteuerung per Webserver .....	241
9.2.6	Sage mir, wie Du heißt .....	243
9.2.7	Messtechnik .....	246
<b>9.3</b>	<b>Zeige mir, was Du kannst</b>	<b>247</b>
9.3.1	Ausgabe .....	249

<b>9.4</b>	<b>Kamera und Anwendungen</b>	<b>254</b>
9.4.1	Installation .....	255
9.4.2	Betrieb .....	256
9.4.3	Python .....	259
<b>10</b>	<b>Hausautomatisierung .....</b>	<b>261</b>
<b>10.1</b>	<b>Busware 868 MHz Transceiver</b>	<b>262</b>
10.1.1	<i>Real Time Clock</i> .....	262
<b>10.2</b>	<b>FHEM</b>	<b>264</b>
10.2.1	Absicherung .....	265
10.2.2	Hinzufügen von Geräten .....	267
10.2.3	Alternative Sender .....	271
10.2.4	Firmware aktualisieren .....	272
10.2.5	Vergleich der Systeme .....	273
10.2.6	Erweiterungen .....	274
<b>10.3</b>	<b>Alarmanlage</b>	<b>276</b>
10.3.1	Ruf' mich an .....	279
<b>11</b>	<b>Schreiben mit dem Raspberry Pi .....</b>	<b>287</b>
<b>11.1</b>	<b>LibreOffice</b>	<b>287</b>
11.1.1	<i>LibreWriter</i> .....	289
<b>11.2</b>	<b>TEX</b>	<b>290</b>
11.2.1	TEX-Beispiel .....	291
11.2.2	Bewerbungen schreiben .....	294
11.2.3	Rechtschreib-Prüfung .....	298
11.2.4	Ein Buch schreiben .....	299
<b>12</b>	<b>Software-Perlen .....</b>	<b>301</b>
<b>12.1</b>	<b>N64-Emulator</b>	<b>301</b>
12.1.1	Konfiguration und Gamepad .....	302
<b>12.2</b>	<b>RetroPie</b>	<b>304</b>
<b>12.3</b>	<b>Noch mehr Spiele</b>	<b>306</b>
<b>12.4</b>	<b>Minecraft</b>	<b>307</b>
<b>12.5</b>	<b>Mathematik-Software</b>	<b>308</b>
<b>12.6</b>	<b>Fourier-Transformation</b>	<b>310</b>
<b>12.7</b>	<b>WLAN-Radio</b>	<b>310</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>313</b>
	<b>Fehlersuche</b>	<b>313</b>
	<b>Die wichtigsten LINUX-Befehle</b>	<b>315</b>

<b>Literatur</b> .....	<b>319</b>
<b>Bücher</b>	<b>319</b>
<b>Artikel</b>	<b>319</b>
<b>Verschiedenes</b>	<b>319</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>321</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>327</b>
<b>Index</b> .....	<b>329</b>



## Geleitwort

Seit nunmehr vier Jahren setze ich erfolgreich den Raspberry Pi ein. Waren es anfangs nur VDRs, die ich damit realisiert habe, so kam inzwischen auch das Thema Hausautomation hinzu. Ein in einem passenden Hutschienengehäuse in der Unterverteilung montierter Raspberry Pi sorgt jetzt für die Verbindung zwischen einer Wetterstation und dem digitalSTROM-System. So werden jetzt bei Sonnenschein die Rollläden der jeweiligen Hausseite automatisch geschlossen, oder bei Wind bzw. Regen die Markisen eingefahren. Auch die Überwachung der Fensterkontakte und die Anzeige auf einem kleinen LED-Display neben der Haustüre schafft der Pi dank seiner vielen GPIO-Pins mit Leichtigkeit. Und wenn ich mal vergesse, das Gargentor zu schließen, schickt mir der Pi eine Email, um mich daran zu erinnern. Aber der Raspberry Pi eignet sich nicht nur für VDRs und Haussteuerung. Die Möglichkeiten sind schier endlos, wie allein schon ein Blick in das Inhaltsverzeichnis dieses Buches zeigt: Multimedia, Server und Datenbanken, alle möglichen Arten von Steuerungen und Regelungen, ja sogar Textverarbeitung und Spiele sind damit möglich. Und Rüdiger Follmann hält sich erfreulicherweise nicht lange mit theoretischen Abhandlungen auf, sondern es geht sehr schnell mit der praktischen Anwendung los! Halten Sie also am besten ihren Raspberry Pi griffbereit, wenn Sie anfangen, dieses Buch zu lesen, denn Sie werden sicher, genau wie ich, das Gelesene sofort in die Tat umsetzen wollen.

Taufkirchen, Juli 2018  
Klaus Schmidinger



## Einleitung

### Embedded Systeme

Embedded Systeme sind aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Sie sind Rechner oder Computer, die in einem technischen Gerät eingebunden (embedded) sind und nach außen unsichtbar die Steuerung dieser Geräte durchführen. Viele benutzen sie, ohne es überhaupt zu wissen, beispielsweise in Form eines mobilen Telefons, als DSL-Modem oder für die Hausautomatisierung. Da diese Systeme unter Umständen Tag und Nacht 24 Stunden am Tag laufen, zeichnet sie vor allem ein geringer Leistungsverbrauch aus. Die sparsamsten Systeme haben eine Leistungsaufnahme von gerade einmal 2,5 W während sie arbeiten. Bei einem Betrieb rund um die Uhr bedeutet das Kosten von weniger als 5 € pro Jahr.

Herz der Systeme bildet der Prozessor, der meist als ARM-Architektur (Advanced RISC<sup>1</sup> Machines) ausgelegt ist. Ihm zur Seite gestellt arbeitet die GPU (Graphics Processing Unit). Sie ist für die Grafikausgabe, also unter anderem für die beschleunigte und damit flüssige Videowiedergabe zuständig. Hier gibt es große Unterschiede nicht nur bezüglich der Leistungsfähigkeit, sondern auch bezüglich der Software-Unterstützung durch den Hersteller. Während Broadcom Beispiele für die Programmierung seiner BCM2837-Einheit zur Verfügung stellt (Raspberry Pi), müssen andere Treiber als Binärdatei aus Android-Systemen extrahiert werden, damit sie unter anderen Betriebssystemen mit mehr oder weniger großem Erfolg verwendet werden können (Cubieboard). Dies ist darin begründet, dass viele Embedded Boards als Entwickler-Boards für Mobilgerätehersteller gedacht sind und nicht als Endanwendergeräte konzipiert worden sind.

Dieses Buch beschreibt die Anschluss- und Verwendungsmöglichkeiten gängiger Embedded Systeme am Beispiel des Raspberry Pi, welcher als Ersatz für einen kleinen, sparsamen PC mit einem Linux-Betriebssystem verwendet werden kann. Ein erster Start vermittelt schnelle Erfolgserlebnisse z. B. durch das Abspielen von Videos oder Filmen. Windows-Umsteiger erhalten wertvolle Tipps zur Nutzung der Linux-Konsole oder der graphischen Oberfläche(n).

Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit der Fernbedienbarkeit der Systeme, sowohl von einer Konsole als auch vom einem Windows PC aus. Bevor es dann zu den ersten Projekten geht, lernt der Leser, wie das System aktuell gehalten werden kann, wie Programmpakete installiert werden können oder wie man Quelltext „auscheckt“ und kompiliert, also in ein ausführbares Programm verwandelt. Dazu gehört auch die Installation eines eigenen Kernels.

---

<sup>1</sup>Reduced Instruction Set Computer

Ein großes Kapitel ist dem Thema Multimedia gewidmet. Lernen Sie, wie man ein Embedded Board als Satellitenreceiver oder Mediacenter einrichtet und verwendet, streamen Sie das TV-Programm auf Ihr Handy oder zeigen Sie Ihre mit dem Handy gemachten Urlaubsfotos kabellos auf dem Fernseher an. Ersetzen Sie teure Audio-Streaming-Lösungen durch ein Embedded Board und hören Sie die Musik Ihres iPhones auf der Stereoanlage. Statten Sie Ihren Fernseher mit einem Ambientlight-System aus.

Auch das Thema Netzwerk kommt nicht zu kurz. In wenigen Schritten wird erklärt, wie jeder Drucker in das heimische Netzwerk integriert werden kann, um ihn dann auch vom Mobiltelefon aus zu benutzen. Sie wollen einen verschlüsselten Zugang zu Ihrem Heimnetz, um unterwegs auf Ihren PC zu Hause zugreifen zu können? Kein Problem, das `openvpn`-Tutorial zeigt Ihnen, wie es geht. Realisieren Sie einen gesicherten WLAN-Zugang für Gäste oder Kunden, verschleiern Sie Ihre Identität im Netz durch TOR (The Onion Routing). Weiterhin lernen Sie, wie man einen Webserver mit Datenbankanbindung einrichtet oder sogar Content Management Systeme auf Embedded Boards nutzt.

Das Kapitel „Erweiterungen“ zeigt, wie Zusatzhardware verwendet werden kann. Dazu zählen Displays oder Kameras, aber auch Platinen, die über serielle Protokolle programmiert werden können.

Sie möchten Ihr Zuhause automatisieren? Kein Problem. Schalten Sie Steckdosen, lesen Sie Temperaturen oder Wasserstände ab und lassen Sie das Embedded Board im Falle eines Alarms bei Ihnen anrufen. Das Kapitel „Hausautomatisierung“ zeigt, wie das mit einfachen Mitteln realisiert werden kann.

Lust auf ein Spiel? Das Kapitel „Software-Perlen“ demonstriert, was man alles aus den kleinen Embedded Boards herausholen kann. Nutzen Sie Office-Pakete oder schreiben Sie Ihre Bewerbung. Selbst auf einem Embedded Board ist das kein Problem.

## Die Zielgruppe

Dieses Buch richtet sich sowohl an Anfänger als auch an fortgeschrittene Nutzer. Alle vorgestellten Programme und Skripte finden Sie im Download-Bereich dieses Buches unter <https://www.springer.com/de/book/978-3-662-58143-8>. Damit können alle besprochenen Anwendungen sofort ausprobiert werden. Schritt für Schritt wird erklärt, wie die Programme benutzt, installiert und angepasst werden können. Fortgeschrittene Benutzer können dabei die ersten Kapitel zur Inbetriebnahme und Erklärung des Linux-Betriebssystems überspringen.

Sie erhalten in den folgenden Kapiteln ausführliche Informationen über das „Auschecken“ von Quelltext oder das Übersetzen und Konfigurieren der Programme.

## Der Aufbau dieses Buches

Wegen der besseren Übersichtlichkeit sind wichtige Hinweise in diesem Buch besonders markiert, ebenso wie Quelltexte. Im Buch wird dabei folgendes Schema verwendet:



Wichtige Hinweise stehen in einer Info-Box. Sie weisen den Benutzer auf mögliche Probleme hin oder geben wichtige Anhaltspunkte.



Hinweise zu Dateien oder Verzeichnissen auf dem Download-Server <https://www.springer.com/de/book/978-3-662-58143-8> befinden sich in der Download-Box. Hier finden Sie die im Buch beschriebenen Dateien, Skripte oder Programme. Alle Dateien sind mit dem Programm `tar` eingepackt und mit dem Programm `bzip2` komprimiert. Zum Entpacken der jeweiligen Datei laden Sie diese herunter und entpacken sie mit dem Befehl `tar xvfj dateiname.tar.bz2`.

---

Quelltext steht ebenfalls in einer eigenen Box. Die Zeilen sind nummeriert.

#### Code-Ausschnitt

```
1  for i:=maxint to 0 do
2    begin
3      j:=square(root(i));
4    end;
```

Am Ende jedes Kapitels gibt es eine Zusammenfassung. Diese beschreibt noch einmal die wichtigsten Themen, die in dem jeweiligen Kapitel behandelt worden sind.

**Zusammenfassung** Dieses Kapitel war die Einleitung zum Buch „Das Raspberry Pi Kompendium“. Ich hoffe, Sie haben beim Lesen und Ausprobieren des Buches denselben Spaß, den ich beim Basteln, Programmieren und beim Schreiben dieses Buches hatte. ■

# 1 — Der Raspberry Pi

## 1.1 Die Qual der Wahl

Embedded Systeme gibt es wie Sand am Meer [Döl14], angefangen bei Spielekonsolen wie der OUYA (<http://www.ouya.tv>) bis hin zu Mehrkernboliden wie dem Amlogic S912 (<http://www.amlogic.com>). Da mit wenigen Einschränkungen alle hier vorgestellten Projekte auf allen Boards umgesetzt werden können, habe ich mich dazu entschieden, das über 17 Millionen mal verkaufte und damit beliebteste Embedded Board zu nutzen, den Raspberry Pi. Der Raspberry Pi (Abb. 1.1) ist ein Einplatinencomputer im Kreditkartenformat, der in der aktuellen 3B+-Variante alle benötigten Schnittstellen mitbringt: 1 GB Arbeitsspeicher, 4 USB 2.0 Anschlüsse, HDMI- und FBAS-Ausgänge zum Anschluss eines Monitors oder eines Fernsehers, eine 3,5 mm Klinkenbuchse zur analogen Tonausgabe (die digitale Tonausgabe erfolgt über HDMI) oder eine 10/100/300 Mbit/s Ethernet-Buchse, die in der A-Variante nicht vorhanden ist. Die Spannungsversorgung erfolgt über eine Micro-USB Buchse (min. 5.1 V, 2.5 A).



Abbildung 1.1: Der Raspberry Pi (Model 3B+) ist ein vollwertiger Rechner im Kreditkartenformat (Quelle: Reichelt).

### Info

Während die USB-Anschlüsse der älteren Raspberry Pi-Modelle maximal 100 mA liefern, liefert das 3B+-Modell bis zu 1.2 A für alle USB-Ports. Das reicht auf jeden Fall, um eine Tastatur oder Maus zu betreiben, muss aber nicht ausreichend für den Betrieb einer Festplatte sein. Sollten Sie darüber hinaus weitere Geräte an den Raspberry Pi anschließen wollen, empfiehlt sich die Verwendung eines aktiven USB-Hubs oder einer externen Spannungsversorgung für das USB-Gerät. Gleichzeitig empfehle ich die Verwendung eines Netztes mit mindestens 2.5 A. Sollten Sie unerklärliche Abstürze haben, ist die häufigste Ursache ein zu schwach dimensioniertes Netzteil.

Der Raspberry Pi stellt verschiedene weitere Anschlüsse zur Verfügung, über die beispielsweise eine Kamera oder ein Display angeschlossen werden können. Diese Anschlüsse lernen Sie in den folgenden Kapiteln näher kennen.



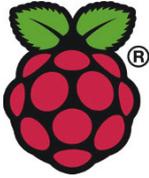


Abbildung 1.2:  
Foundation

Logo (Quelle:  
raspberrypi.org).

Als GPU kommt Broadcoms „VideoCore IV“ Grafikprozessor zum Einsatz, der Filme in Full-HD-Auflösung unterstützt (1080p30 H.264 high-profile). Lizenzen für das in Hardware beschleunigte Wiedergeben von MPEG-2- und VC1-kodierten Filmen können bei der Raspberry Pi Foundation für einen geringen Betrag (ca. 3 €) bestellt werden (<http://www.raspberrypi.org>). Die Installation des Codecs ist in Kapitel 1.4 beschrieben. Als Datenspeicher dient ein Micro-SD-Kartenschacht, der die Formate SDHC und SDXC nutzen kann.



Der Raspberry Pi kann nicht mit allen SD-Karten umgehen. Die Seite [http://elinux.org/RPi\\_SD\\_cards](http://elinux.org/RPi_SD_cards) gibt Auskunft darüber, welche SD-Karten geeignet sind und welche nicht.

Der Micro-SD-Karteneinschub befindet sich auf der Rückseite der Platine. Der Raspberry Pi 3B+ verfügt über 4 LEDs, von denen zwei in die Ethernetbuchse integriert sind. Die anderen beiden befinden sich auf der Hauptplatine. Sie sind wie folgt belegt:

- Zugriffe auf die SD-Karte werden durch die grüne ACT-LED angezeigt. Die LED kann durch Software gesteuert werden und flackert beispielsweise, wenn Daten von oder zu der SD-Karte übertragen werden.
- Die rote PWR-LED signalisiert eine angeschlossene 5 V Spannungsversorgung. Auch diese LED kann durch Software gesteuert werden.
- Erfolgen Zugriffe auf die Ethernet-Schnittstelle, wird das durch Blinken der orange-farbenen LNK-LED angezeigt.
- Die grüne Ethernet-LED zeigt an, ob eine hardwareseitige Verbindung besteht.

Beide Ethernet-LEDs lassen sich nicht ohne Weiteres manipulieren.

### 1.1.1 Zubehör und Kosten

Der Raspberry Pi kostet in der 3B+-Version 35 €. Unbedingt erforderlich ist ein Micro-USB-Netzteil, welches ca. 12 € kostet. Als SD-Karte empfiehlt sich minimal eine 16 GB Karte für 7 €. Möchte man alle Beispiele dieses Buches inklusive der zugehörigen Entwicklungsumgebungen installieren, empfiehlt sich eine 32 GB SD-Karte, die mit ca. 12 € zu Buche schlägt. Wenn man bereits USB-Tastatur und -Maus sowie einen Monitor besitzt, fehlen nur noch Netzwerkkabel, HDMI-Kabel (A-Typ) und gegebenenfalls Lautsprecher und ein 3,5 mm Klinkenkabel. Die Raspberry Pi Platine kann ohne Probleme ohne Gehäuse und Kühlkörper betrieben werden. Letzterer ist nur bei großer Übertaktung zu empfehlen, da er die Temperatur der Platine dann um ein paar Grad senkt. Vorausgesetzt, Kabel, USB-Geräte und Monitor sind bereits vorhanden, liegen die Kosten für einen Pi ohne Gehäuse bei ca. 59 €. Bei den Gehäusen kann man auf eine enorme Vielfalt zurückgreifen. Diese reicht von selbst gebauten Lego-Gehäusen bis zum gefrästen Aluminium oder gefaltetem Papier. Der Fantasie sind hier keine Grenzen gesetzt, die Preise liegen zwischen 8 € und 30 €. Das Pi 3B+-Modell passt dabei ohne Probleme in das Gehäuse des Vorgängers.

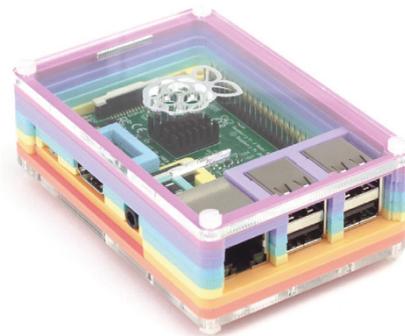


Abbildung 1.3: Das Pibow Gehäuse sieht aus wie ein Regenbogen (Quelle: Pimoroni).

### 1.1.2 Darf es etwas weniger sein?



Abbildung 1.4: Der Raspberry Pi Zero W (Quelle: Pimoroni).

Wem das aktuelle Pi-Schlachtschiff zu teuer ist, der wird vielleicht mit dem Raspberry Pi Zero liebäugeln. Für nur 5 € erhält man den kleinen 1-kernigen Pi inklusive einer freien Micro-USB-Buchse, 512 MB Arbeitsspeicher und einem Mini-HDMI-Port. Die zweite Micro-USB-Buchse wird zur Spannungsversorgung benötigt. Die 40-polige Steckerleiste - die man übrigens (außer in der H-Version) selbst anlöten muss - weist volle Kompatibilität mit dem größeren Bruder auf.

Ein Kameraanschluss ist ebenfalls vorhanden. Dieser ist allerdings nicht mit dem des 3B+-Modells kompatibel. Für einen Aufpreis von weiteren 10 € gibt es den Pi Zero in der W-Variante mit WLAN und Bluetooth - ein Muss, wenn die kleine Platine eine Netzwerkver-

bindung benötigt. Für den Zero W gibt es ebenfalls eine Fülle an Zubehör. Der Energiebedarf des Winzlings liegt bei nur 0,5 bis 0,7 W. Dafür bringt er nicht ganz die Leistung des großen Bruders, weil noch der alte Broadcom SoC (*System-on-Chip*) verbaut ist.

Damit eignet sich der Pi Zero (WH) besonders für Projekte, die wenig Einbauraum zulassen und höchstens eine WLAN-Verbindung benötigen. Für viele Anwendungen werden Adapter benötigt (Micro-USB auf USB, Mini-HDMI auf HDMI, USB-Hub), so dass der Preisvorteil schnell verfliegen ist, vom Kabelsalat einmal abgesehen.

### 1.1.3 Die Übersicht behalten

Tabelle 1.1 fasst alle aktuellen Raspberry Pi-Modelle zusammen und gibt einen Überblick über deren Eigenschaften. Neben den Boards für den Heimbedarf gibt es auch ein sogenanntes „Compute Modul“ (Abb. 1.5). Das Modul stellt einen Standard-DDR2-SODIMM-Konnektor für die Außenwelt zur Verfügung. Dieser Konnektor wird ebenfalls dazu verwendet, Speicherbausteine in einem PC mit dem Mainboard zu verbinden. Kommen Sie aber bitte nicht auf die Idee, das Raspberry Pi Compute Modul in einem PC Mainboard zu betreiben. Das wird nicht funktionieren und mit großer Wahrscheinlichkeit werden Sie nicht nur das Modul dabei zerstören. Es gibt auch hier zum Testen passende Boards mit einem entsprechenden Sockel, der das Compute Modul aufnehmen kann. Während das Compute Modul ca. 30 € kostet, ist die Compute Modul E/A-Platine mit 120 € deutlich teurer.



Abbildung 1.5: Das Raspberry Pi Compute Modul ist hauptsächlich für Firmen gedacht, die ihr eigenes PCB entwickeln (Quelle: raspberrypi.org).



Bitte betreiben Sie das Raspberry Pi Compute Modul auf keinen Fall im Speichersockel eines PC Mainboards. Dafür ist es nicht gedacht und Sie werden mit hoher Wahrscheinlichkeit sowohl das Mainboard als auch den Sockel dabei zerstören.

Wie aber wählt man nun den für die benötigten Einsatzzwecke optimalen Raspberry Pi aus? Für alle Anwendungsfälle, die maximale Leistung benötigen, ist der Raspberry Pi 3 B+ die erste Wahl: Er bietet die schnellste Netzverbindung und hat den höchsten CPU Takt.

Der hier verbaute WLAN-Chip unterstützt nicht nur das 2,4 GHz Band, sondern funkt auch bei 5 GHz, und das deutlich schneller als die älteren Modelle. Darüber hinaus unterstützt er PoE (*Power over Ethernet*). Die CPU ist mit 1,4 GHz getaktet und damit theoretisch 17% schneller als sein älterer Bruder. Wenn jedoch alle 4 Kerne der CPU ausgelastet werden, reduziert der Pi 3B+ aus Wärme­gründen seinen Takt, so dass vom Geschwindigkeitsvorteil wenig übrig bleibt [Sto18].

Der Raspberry Pi 3B hat nicht ganz die halbe Leistungsaufnahme des 3B+ und ist daher zu empfehlen, wenn es auf hohe CPU-Leistung und geringe Leistungsaufnahme ankommt. Den Raspberry Pi 2 empfehle ich nicht mehr, da es keine Vorteile gegenüber dem Pi 3 gibt.

Der Raspberry Pi Zero (W) empfiehlt sich überall da, wo Einbauraum knapp ist und es nicht auf hohe Leistung ankommt.

	RPi 3B+	RPi 3B	RPi 2B	RPi Zero (W)
<b>Größe</b>	85,6 × 56 mm <sup>2</sup>	85,6 × 56 mm <sup>2</sup>	85,6 × 56 mm <sup>2</sup>	65 × 30 mm <sup>2</sup>
<b>SOC</b>	BCM2837	BCM2837	BCM2836	BCM2835
<b>CPU</b>	ARM Cortex-A53 (ARMv8-A)	ARM Cortex-A53 (ARMv8-A)	ARM Cortex-A7 (ARMv7)	ARM1176JZF-S (ARMv6)
<b>CPU-Kerne</b>	4	4	4	1
<b>CPU-Takt</b>	4 × 1400 MHz	4 × 1200 MHz	4 × 900 MHz	1000 MHz
<b>RAM</b>	1024 MB	1024 MB	1024 MB	512 MB
<b>USB</b>	4 × USB2.0	4 × USB2.0	4 × USB2.0	1 × USB2.0
<b>Audio</b>	HDMI (digital) 3,5 mm Klinke	HDMI (digital) 3,5 mm Klinke	HDMI (digital) 3,5 mm Klinke	HDMI (digital)
<b>Netzwerk</b>	10/100/1000 <sup>1</sup> Mbit/s	10/100 Mbit/s	10/100 Mbit/s	–
<b>WLAN</b>	2,4/5 GHz WLAN ac	2,4 GHz WLAN b/g/n	nein	ja (Zero W) nein (Zero)
<b>Bluetooth</b>	4.2	4.1	nein	ja (Zero W) nein (Zero)
<b>GPIO</b>	40 Pins	40 Pins	40 Pins	optional
<b>Leistungs-aufnahme</b>	max. 7 W	max. 4 W	max. 4 W	0,5–0,7 W
<b>Netzteil</b>	5 V Micro USB min. 2,5 A	5 V Micro USB min 2,5 A	5 V Micro USB min. 2 A	5 V Micro USB min. 1 A
<b>Preis</b>	ca. 35 €	ca. 35 €	ca. 32 €	ca. 26 € (Set)

Tabelle 1.1: Übersicht aller aktuellen Raspberry Pi-Modelle (Quelle: datenreise.de).

#### 1.1.4 Quo vadis Pi?

Der c't-Artikel [Sto18] ist mit „Der letzte seiner Art“ überschrieben. Eben Upton, der Gründer der Raspberry Pi Stiftung, hat dort wohl bekanntgegeben, dass 2019 ein neuer Raspberry Pi erscheinen könnte, jedoch hat er nichts über dessen Eigenschaften gesagt.

<sup>1</sup>Da der Ethernet-Controller über USB2.0 angebunden ist, stehen effektiv nur 300 Mbit/s zur Verfügung.

Schaut man sich die zugegebenermaßen schlechter unterstützte Konkurrenz an, so wird relativ schnell deutlich, wo die Reise hingehen kann: Echtes GBit Ethernet und UHD (*Ultra High Density*) Grafikauflösung.

## 1.2 Die Raspberry Pi-Connection

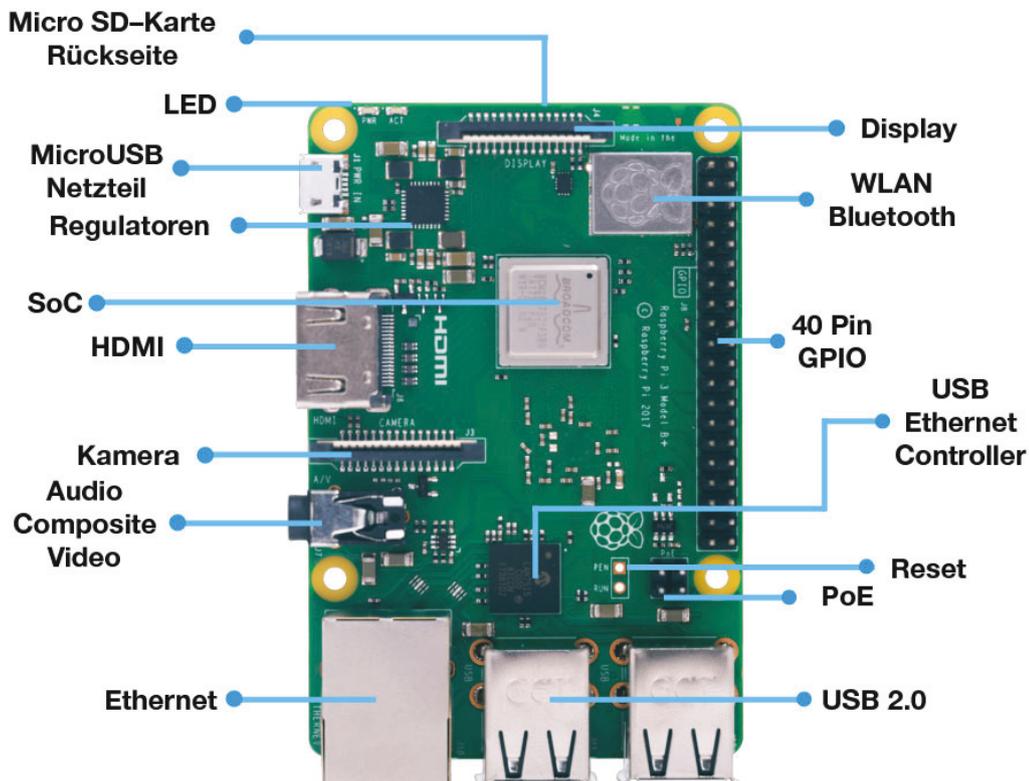


Abbildung 1.6: Die Anschlüsse des Raspberry Pi 3B+.

Abbildung 1.6 zeigt den Raspberry Pi 3B+ mit allen Anschlüssen und wichtigen Bestandteilen der Platine. Der Micro-SD-Kartenslot befindet sich auf der Rückseite der Platine. Die Micro-SD-Karte wird mit den Kontakten zur Platine hin in den Slot eingeführt. Der Raspberry Pi 3B+ hat hier im Gegensatz zum Pi 3B keinen Federkontakt. Insgesamt stehen 4 USB2.0-Ports zur Verfügung sowie eine Ethernet-Buchse. Der Ethernet-Controller ist über USB2.0 angeschlossen. Der BCM2837-SoC steckt nun unter einem Blechdeckel.

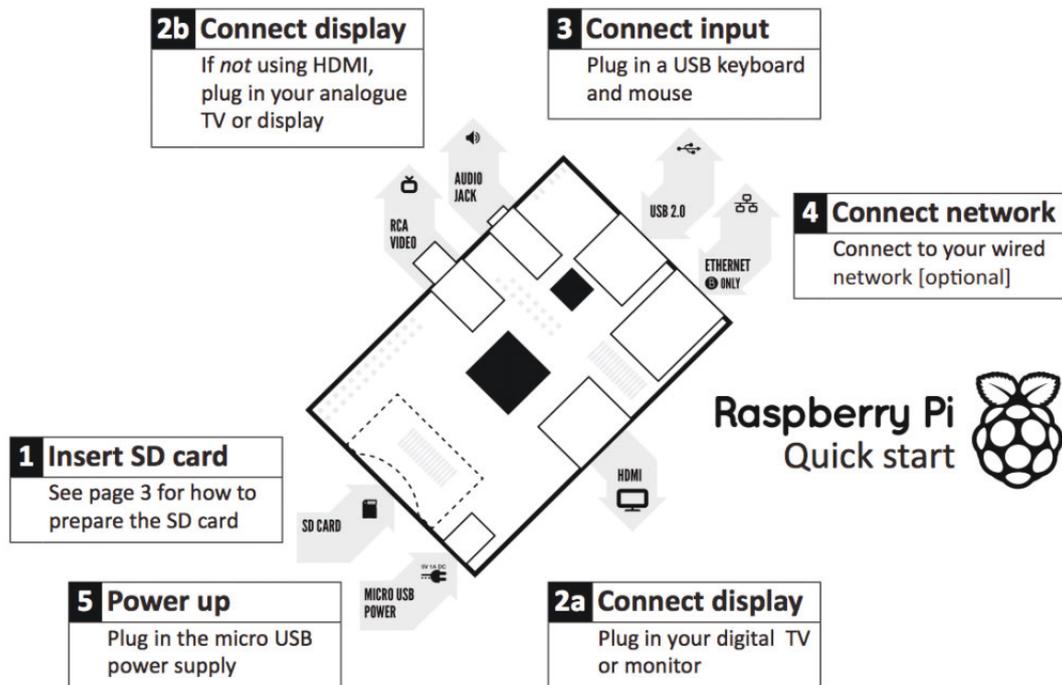
Kamera und externe Displays können mit Hilfe eines Flachbandkabels angeschlossen werden. Hierzu muss die weiße Klemme geöffnet werden, das Flachbandkabel eingesteckt und die weiße Klemme wieder geschlossen werden. Kleinere Displays können über GPIO (*General Purpose Input Output*) angeschlossen werden. Der Pi hat insgesamt 40 Pins, die beispielsweise SPI, I2C, PWM und andere Busse/Signale bereit stellen.

Der HDMI Anschluss vom Typ A erlaubt die Verbindung zu einem Fernseher oder einem Monitor. Die Micro-USB-Buchse nimmt ein Netzteil auf (minimum 5.1 V, 2.5 A). Ein PoE Modul kann alternativ verwendet werden.

Das WLAN/Bluetooth-Modul steckt ebenfalls unter einem Blechdeckel. Es gibt weiterhin vier Bohrlöcher, mit denen der Pi beispielsweise an einer VESA-Halterung befestigt werden kann. Es stehen 2 Pins zur Verfügung, um den Pi zu resetten.

### 1.2.1 Die erste Inbetriebnahme

Die erste Inbetriebnahme gestaltet sich einfach. Den meisten Raspberry Pi liegt eine englische Schnellstart-Anleitung bei (Abb. 1.7). Gemäß dieser Anleitung schließen wir nun unser Embedded Board an.



1

Abbildung 1.7: Die Schnellstart-Anleitung zeigt, was wo am Raspberry Pi angeschlossen werden muss (Quelle: raspberrypi.org).

### 1.2.2 Vorbereiten der SD-Karte

Im ersten Schritt bereiten wir die Speicherkarte für den Betrieb vor. Diese sollte mindestens eine Class 6 Karte sein. Führen Sie die SD-Karte mit den Kontakten zum Raspberry Pi hin in den Kartenslot ein.

Dieses Buch geht davon aus, dass die *Raspbian*-Desktop-Distribution auf der SD-Karte installiert wird/ist. Zur Installation sind die folgenden Schritte erforderlich:

1. Laden Sie sich die *Raspbian*-Desktop-Distribution von der Webseite <http://www.raspberrypi.org/downloads>. Das ist die wohl bekannteste Distribution für den Raspberry Pi. Mit ihr werden wir im weiteren Verlauf dieses Buches arbeiten.
2. Entpacken Sie die meist mit dem Programm zip komprimierte Datei auf Ihrem Rechner.
3. Transferieren Sie die entpackte Datei auf Ihre Speicherkarte. Unter Windows können Sie dazu das Programm *Win32DiskImager* verwenden, welches unter <http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/> kostenlos angeboten wird.

**Info** Bitte achten Sie darauf, dass die SD-Karte mindestens die Speicherkapazität des ausgepackten Images hat. Fehlt auch nur ein Byte, kann die Datei nicht auf die Speicherkarte geschrieben werden. Im nächsten Kapitel erfahren Sie, wie man Images - beispielsweise nach einem Backup - verkleinern kann.

Die Oberfläche des Programms Win32 Disk Imager sehen Sie in Abbildung 1.8.

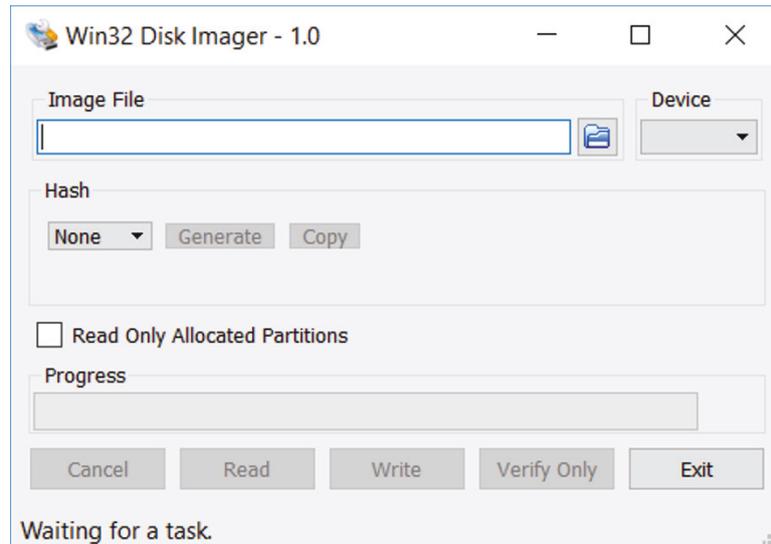


Abbildung 1.8: Win32 Disk Imager kann zum Überspielen des Betriebssystems auf die SD-Karte genutzt werden.

**Info** Bitte achten Sie darauf, unter *Device* den Laufwerksbuchstaben Ihrer SD-Karte anzugeben. Schreiben auf den falschen Laufwerksbuchstaben, löscht das alle Daten des Laufwerks unwiederbringlich.

Wählen Sie das Image durch einen Klick auf den Ordner aus. Bestimmen Sie danach das *Device* (also den Laufwerksbuchstaben der SD-Karte), auf das Sie das Image schreiben möchten. Starten Sie dann den Schreibvorgang durch einen Klick auf *Write*. Sie können dieses Tool auch benutzen, um Backups Ihrer SD-Karte zu erstellen. Die Image-Datei ist in diesem Fall Ihre Backup-Datei. Ein Klick auf *Read* startet den Lesevorgang und schreibt alle Daten der SD-Karte unter dem ausgewählten Image-Namen.

Unter UNIX Betriebssystemen nutzen Sie bitte die Befehle

#### Code-Ausschnitt 1.2.1

```
1 umount /dev/sdd1
2 dd bs=4M if=imagename.img of=/dev/sdd
```

zum Transfer der Image-Datei. Bitte beachten Sie dabei, *sdd* mit dem Namen der Partition der SD-Karte zu ersetzen. Es ist erforderlich, dass Sie als Benutzer *root* eingeloggt sind. Der Befehl *dd* (disk dump) überprüft nicht, ob der Speicherplatz auf der Karte ausreichend zum Speichern des Images ist. Er bricht ab, wenn entweder das Image übertragen wurde oder das Ende des Speicherplatzes erreicht ist. Ein inkonsistentes Dateisystem kann dann die Folge sein. Raspberry Pi Images bestehen aus zwei Partitionen. Die erste Partition ist eine FAT32-Partition. Der Bootloader des Raspberry Pi lädt die Startdatei, das sogenannte „Kernel-Image“ immer von dieser Partition. Der Rest des Betriebssystems befindet sich in einer weiteren Partition. Diese Partition ist üblicherweise eine *ext*-Partition.

Sie muss sich nicht zwangsläufig auf der SD-Karte befinden, sondern kann beispielsweise auch auf einer USB-Festplatte liegen. Die Pi Modelle 3B und 3B+ können auch von einem externen Laufwerk oder einem Netzwerk booten. Mehr hierzu finden Sie in Kapitel 1.5.2 und dem darauf folgenden.

### 1.2.3 Peripherie anschließen

Nachdem sich die SD-Karte im Kartenslot befindet, stellen Sie nun alle weiteren Verbindungen her:

1. Schließen Sie Ihren Monitor oder Fernseher je nach Pi-Modell mit Hilfe des HDMI- oder Cinch-Kabels an und schalten Sie das Gerät an.

**Info** Je nachdem, wie der Raspberry Pi eingestellt ist (siehe nächstes Kapitel), muss der Monitor vor dem Starten des Raspberry Pi eingeschaltet sein, damit dieser ein Bild ausgibt.

2. Schließen Sie als Nächstes die USB-Geräte an.
3. Verbinden Sie die Ethernet-Buchse mittels eines Twisted-Pair-Kabels mit Ihrem Router oder Ihrer Netzwerkdose. Die Pi-Modelle Zero, 1 und 2 beinhaltet kein WLAN-Modul. Sie können dieses bei Bedarf über die USB-Schnittstelle nachrüsten. Mehr dazu erfahren Sie im Kapitel 2.4.3.
4. Verbinden Sie als Letztes das Netzteil mit der Micro-USB-Buchse.

Der Raspberry Pi signalisiert durch die Power-LED, dass er betriebsbereit ist und beginnt nun mit dem sogenannten Boot-Vorgang: Die LED, welche die SD-Karten-Aktivität anzeigt, beginnt zu leuchten und die Boot-Meldungen erscheinen auf dem Bildschirm.

## 1.3 Einrichten des Systems

Nach dem ersten Starten des Raspberry Pi geht es erst einmal an das Einrichten des Systems. Dies kann entweder mit dem grafischen Setup-Tool oder in der Kommandozeile geschehen. Das grafische Tool finden Sie in der Startleiste unter Settings (Einstellungen, Abb. 1.9). Das

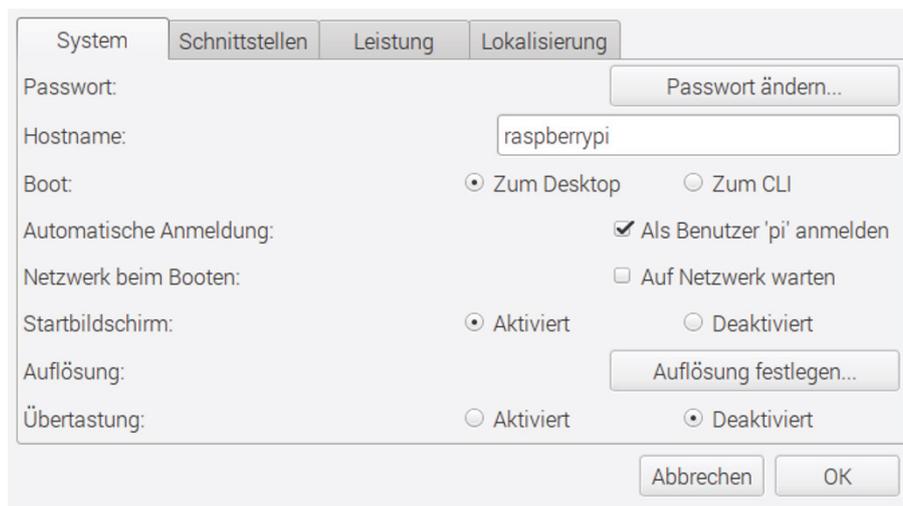


Abbildung 1.9: Das grafische Konfigurationsprogramm für den Raspberry Pi.

Konfigurationsprogramm kann mit der Maus bedient werden. Schauen Sie sich in Ruhe alle Einstellungen an. Keine Angst, sollten Sie etwas vergessen haben oder doch eine andere Einstellung wünschen, können Sie das Konfigurationsprogramm jederzeit wieder aufrufen.

Alternativ zum grafischen Konfigurationsprogramm können Sie die Einstellungen auch in einem Terminal vornehmen. Rufen Sie hierzu ein Terminal (Kapitel 1.4) auf und geben Sie den Befehl

### Code-Ausschnitt 1.3.1

```
1 sudo raspi-config
```

ein. Daraufhin öffnet sich das Konfigurationsprogramm im Textmodus (Abb. 1.10). Führen Sie

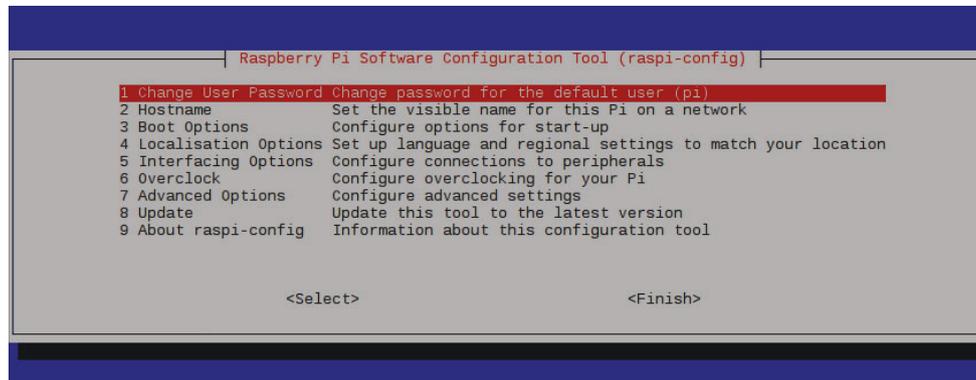


Abbildung 1.10: Der erste Startbildschirm des Raspbian-Betriebssystems und seine Einstellmöglichkeiten.

auch hier alle Einstellungen der Reihe nach durch. Sie können sich dabei mit Hilfe der Pfeiltasten  $\uparrow$  und  $\downarrow$  durch das Menü bewegen. Die *TAB*-Taste wechselt zwischen dem Menü und *Select* und *Finish*. *RETURN* wählt *Select*, *Finish* oder den entsprechenden Menüpunkt aus. Im Folgenden werden alle Einträge der Einstellungen erklärt.

#### 1. Das Benutzerkennwort ändern (*Change User Password*):

- Geben Sie hier Ihr Benutzerkennwort ein oder ändern Sie Ihr Benutzerkennwort für den Hauptbenutzer mit dem Namen *pi* hier.



Das Benutzerkennwort sollte sicher sein, wenn Sie Ihr System - wie wir es später machen werden - ins Internet einbinden. Sichere Kennwörter sollten Groß- und Kleinbuchstaben, Sonderzeichen und Zahlen enthalten und nicht im Lexikon zu finden sein (z. B. *45!#l@1jH*).

Der Standard-Benutzer in Raspbian heißt *pi* und hat das Standard-Kennwort *raspberry*.

#### 2. Netzwerk-Optionen (*Network Options*):

In diesem Untermenü können Sie den Rechnernamen des Raspebrry Pi festlegen (*hostname*), den Namen und das Kennwort einer WLAN-Verbindung (*WIFI SSID*) angeben, sowie Netzwerk-Interfaces (de)aktivieren.

- **Hostname:** Der Hostname ist der Name des Raspberry Pi. Unter diesem Namen wird Ihr Embedded Board später neben seiner IP-Adresse in Ihrem Netzwerk erreichbar sein.

#### 3. Boot-Einstellungen (*Boot Options*):

- Diese Einstellung entscheidet darüber, ob Ihr System Sie nach dem Start zukünftig mit einer nackten Konsole oder dem X-Windows-System, einer grafischen Oberfläche, begrüßt.

Der Start in die Konsole empfiehlt sich, falls das System als Server läuft oder Sie alle Reserven (beispielsweise zum Start eines Medienzentrums) benötigen. Von der Konsole aus können Sie jederzeit die grafische Oberfläche mit dem Befehl

### Code-Ausschnitt 1.3.2

```
1 startx
```

starten. Sollten Sie sich für die graphische Oberfläche als Startpunkt entscheiden, können Sie diese jederzeit durch Drücken der Tastenkombination *CTRL-ALT-BACKSPACE* beenden, sofern Sie das unter dieser Einstellung erlaubt haben. Sie sehen also: Egal, wie Sie sich entscheiden, ein Wechsel ist jederzeit möglich.

Weiterhin können Sie auswählen, ob beim Starten des Betriebssystems auf das Netzwerk gewartet wird oder nicht und ob der Plymouth Splash-Screen angezeigt wird oder nicht.

#### 4. Lokalisierungs-Optionen (*Localisation Options*):

Das Lokalisierungs-Untermenü erlaubt Ihnen, das Tastaturlayout zu ändern, die Zeitzone und die Sprache zu ändern oder den WIFI Ländercode einzustellen. Die Default-Einstellungen stehen auf *British* bzw. auf *GB*. Ändern Sie das auf *German* bzw. *DE* oder auf ein Land und einen Ländercode Ihrer Wahl.

- Ändern der Lokale (*Change locale*): Wählen Sie für Deutschland die Einstellung *de\_DE.UTF8*.
- Ändern der Zeitzone (*Change Time Zone*): Wählen Sie für Deutschland *Europe* → *Berlin*.
- Ändern des Tastatur-Layouts (*Change Keyboard Layout*): Wählen Sie für eine deutsche Tastatur *de\_DE*. Unter Umständen ist ein Neustart erforderlich, bevor die Änderungen greifen.
- Ändern der WIFI-Länderkennung (*Change WiFi Country*): Diese Option erlaubt das Setzen der WIFI-Länderkennung. Wählen Sie hier *DE* für Deutschland.

#### 5. Interface-Optionen (*Interfacing Options*):

In diesem Untermenü können Sie folgende Dinge (de)aktivieren: Kamera, ssh-Zugang, VNC-Server, I2C-Bus, serielle Konsole, 1-wire-Interface und die GPIO-Pins, beispielsweise zum Anschluss eines Infrarotempfängers.

- Kamera (*Camera*): Wenn Sie eine Raspberry Pi Kamera als Zubehör besitzen, können Sie hier das Kamera-CSI-Interface aktivieren. Näheres zum Thema Raspberry Pi und Kamera finden Sie im Kapitel 9.4.
- SSH: Aktivieren Sie bitte den Secure Shell Zugang. Hierdurch können Sie bequem von außen auf Ihren Raspberry Pi zugreifen (Kapitel 2.3.1).
- VNC: Dieser Eintrag (de)aktiviert den RealVNC Virtual Network Computing Server.
- SPI: Das Serial Peripheral Interface dient dem Anbinden externer Komponenten, wie beispielsweise eines Displays. Aktivieren Sie diesen Eintrag, wird das entsprechende Kernel-Modul geladen und damit zur Verfügung gestellt. Bitte aktivieren Sie diesen Eintrag, falls Sie einen IR-Empfänger an Ihrem Raspberry Pi nutzen möchten.
- I2C: Dieser Eintrag (de)aktiviert das I2C-Bus Kernel-Modul.
- Serial: Dieser Eintrag (de)aktiviert die Konsolen- und Kernel-Ausgabe über eine serielle Verbindung. Die Aktivierung ist beispielsweise für Debugging-Zwecke erforderlich.
- 1-wire: Dieser Eintrag (de)aktiviert das Dalles 1-wire-Interface. Dieses wird z. B. für den DS18B20 Temperatursensor benötigt.

## 6. Übertakten (*Overclock*):

- Die alten Raspberry Pi kommen standardmäßig mit einer mageren 700 MHz Taktfrequenz daher. Das ist auf der einen Seite sehr stromsparend, sorgt aber beispielsweise dafür, dass Programme relativ langsam ausgeführt werden. Diese Rubrik lädt zum Spielen und Experimentieren ein. Nachdem Sie den Hinweis bestätigt haben, dass eine zu große Übertaktung die Lebenserwartung Ihres Pi reduzieren kann, stehen Ihnen die Optionen *Keine Übertaktung (None)*, *Leichte Übertaktung (Modest)*, *Mittlere Übertaktung (Medium)*, *Hohe Übertaktung (High)* und *Turbo* zur Verfügung. Eine mittlere Übertaktung sollte auf jeden Fall funktionieren.

**Info** Bei der *Turbo*-Übertaktung habe ich häufig Lesefehler auf der SD-Karte beobachtet. Im Internet wird je nach Karte und Gerät (englische oder chinesische Produktion) von unterschiedlichen Erfolgen berichtet. Seit Ende 2013 gibt es einen neueren Kernel, der das SD-Kartenproblem nicht mehr haben soll. Die Einstellungen, die Sie hier vornehmen, können Sie später in der Datei `/boot/config.txt` für alle Einstellungsmöglichkeiten separat vornehmen. Rufen Sie hierzu das Kommando

### Code-Ausschnitt 1.3.3

```
1 sudo vi /boot/config.txt
```

auf und ändern Sie die entsprechenden Einträge (Kapitel 2.7.3).

Sollte es während des Boot-Vorganges zu Problemen kommen, die auf eine zu große Übertaktung zurückzuführen sind, können Sie die *Shift*-Taste Ihrer Tastatur während des Bootens gedrückt halten. Damit wird vorübergehend die Übertaktung ausgeschaltet. Die Seite [http://elinux.org/RPi\\_Overclocking](http://elinux.org/RPi_Overclocking) hat dazu weitere Informationen.

## 7. Advanced Options

- Das Dateisystem erweitern (*Expand Filesystem*): Wählen Sie diesen Menüpunkt aus, um die volle Kapazität der Speicherkarte für das Dateisystem zur Verfügung zu stellen. Das Raspbian-Image hat eine Größe von ca. 1,7 GB und belegt damit auch auf der SD-Karte nur 1,7 GB. Auf einer 8 GB SD-Karte würden Sie damit 6,3 GB verschenken, die nicht für das Dateisystem zur Verfügung stünden. Nachdem Sie diesen Menüpunkt aufgerufen haben, vergrößert das Betriebssystem die 1,7 GB-Partition auf die volle Größe Ihrer SD-Karte. Diese steht Ihnen nach einem Neustart des Systems, dem sog. *reboot* zur Verfügung.

**Info** Starten Sie Ihr System auf keinen Fall durch Ziehen des Netzkabels neu. Dies kann einen Schaden auf dem Dateisystem und damit Datenverlust verursachen. Von der Konsole aus können Sie das System durch den folgenden Aufruf neu starten:

### Code-Ausschnitt 1.3.4

```
1 sudo reboot
```

In Kapitel 3 lernen Sie, wie man von außen auf das System zugreifen kann. Dieser Zugriff kann ebenfalls dazu benutzt werden, das System neu zu starten.

- Overscan: Hier können Sie einen Overscan einstellen und somit den sichtbaren Bereich des Bildes ändern. Diese Option ist vor allem bei Fernsehern sinnvoll.
- Aufteilung des Speichers (*Memory Split*): Der neue Raspberry Pi besitzt 1 GB Hauptspeicher. Diesen können Sie zwischen Prozessor und GPU aufteilen. Nutzen Sie keine grafischen Anwendungen, können Sie den Speicher fast ausschließlich der CPU zuweisen.

Möchten Sie jedoch den Pi als Mediacenter benutzen, empfiehlt sich eine Aufteilung von 128-256 MB für die GPU und der Rest für die CPU. Mit dieser Einstellung funktionieren alle Projekte, die in diesem Buch vorgestellt werden.

- Audio: Hier können Sie einstellen, ob die Audioausgabe digital über HDMI oder analog (3,5 mm Buchse) erfolgen soll.
  - Auslösung (*Resolution*): Dieser Eintrag legt die Standardauflösung für HDMI/DVI fest, wenn der Raspberry Pi ohne angeschlossenen Monitor bootet. Diese Einstellung kann Einfluss auf RealVNC haben, wenn die VNC-Option aktiviert ist.
  - Verdopplung der Pixel (*Pixel Doubling*): Dieser Eintrag (de)aktiviert das 2x2 Pixel Mapping. Wenn dieses Mapping eingeschaltet ist, wird das ausgegebene Bild in doppelter Größe dargestellt. Das kann beispielsweise bei hochauflösenden Fernsehern hilfreich sein, wenn diese als Monitor genutzt werden.
  - GL Treiber (*GL Driver*): Dieser Eintrag (de)aktiviert den experimentellen OpenGL (Open Graphics Library) Desktop Grafiktreiber.
  - GL (Full KMS): Dieser Eintrag (de)aktiviert den experimentellen OpenGL Full KMS (kernel mode setting) Desktop Grafiktreiber.
  - GL (Fake KMS): Dieser Eintrag (de)aktiviert den experimentellen OpenGL Fake KMS (kernel mode setting) Desktop Grafiktreiber.
  - Legacy: Dieser Eintrag (de)aktiviert den originalen nicht OpenGL Videocore Desktop Grafiktreiber.
8. Update: Dieser Eintrag bringt das hier besprochene Konfigurations-Tool auf den neuesten Stand.
  9. Über dieses Tool (*About raspi-config*): Dieser Eintrag listet lediglich einige Informationen bezüglich des hier besprochenen Konfigurations-Tools auf.

Quittieren Sie Änderungen innerhalb des *raspi-config*-Tools bitte mit Abbrechen (*Cancel*), wenn Sie nicht möchten, dass Ihre Änderungen übernommen werden. Andernfalls verlassen Sie das Programm bitte mit *OK*. Je nach ausgewählter Änderung kann ein Neustart notwendig sein.

### 1.3.1 Netzwerkeinstellungen

Die neuen Raspberry Pi verfügen über eine Ethernet-Buchse und über einen kombinierten WLAN/Bluetooth-Chip. Kabelgebunden nimmt der Raspberry Pi seine Netzwerk-IP per DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) entgegen. Im Kapitel 2.4.1 zeige ich Ihnen, wie Sie den Pi auf eine feste IP-Adresse einstellen können.

Möchten Sie Ihren Raspberry Pi per WLAN ins Netz hängen, muss zuvor der Wifi Ländercode eingegeben worden sein (DE). Klicken Sie zur Auswahl des WLAN-Netzes auf das Netzwerk-Symbol, das sich zwischen Bluetooth-Symbol und Lautsprecher-Symbol in der oberen Leiste des Desktops befindet. Zwei rote Kreuze  zeigen an, dass zunächst weder eine ausgehende noch eine eingehende Netzwerkverbindung existieren. Der Klick mit der Maus öffnet eine Liste mit WLAN-Netzwerken, die zur Verfügung stehen. Wählen Sie das Netzwerk aus, mit dem Sie Ihren Pi verbinden möchten und geben Sie gegebenenfalls das erforderliche Kennwort ein.



Falls Ihre Tastatur noch nicht auf Deutsch umgestellt ist, kann es sein, dass Sie Zeichen eintippen, die nicht dem gewünschten Kennwort entsprechen.

Der Raspberry Pi signalisiert eine erfolgreiche WLAN-Verbindung mit einem blauen WLAN Icon . Falls Sie eine minimale Betriebssystem-Version ohne Desktop bevorzugen, zeige ich Ihnen in Kapitel 1.5, wie Sie WLAN-Einstellungen ohne grafische Oberfläche vornehmen können.

## 1.4 Erstes Video und MPEG-2 Codec

Nachdem Sie alle Einstellungen vorgenommen haben und den Raspberry Pi neu gestartet haben, ist es nun an der Zeit, dem Board ein erstes Video zu entlocken um zu zeigen, welches Potenzial in der kleinen Platine steckt. Von Hause aus kann der Raspberry Pi H264-kodiertes Material ohne zusätzlichen Codec abspielen. Später beschreibe ich, wie Sie eine MPEG-2-Lizenz für ca. 3 € erwerben und einbinden können.

Aber zunächst einmal schauen wir uns die grafische Oberfläche an. Nach einem Neustart sehen Sie diese bereits (sofern Sie unter Einstellungen angegeben haben, dass der Pi in diese Oberfläche starten soll), oder Sie rufen sie mit dem `startx`-Befehl auf. Sollte der Pi die Konsole anzeigen, müssen Sie sich zuvor noch am System anmelden. Dazu geben Sie bitte den Benutzernamen `pi` ein und das Kennwort, das Sie im letzten Abschnitt dieses Buches vergeben haben. Dieser Abschnitt geht davon aus, dass Ihr Pi bereits mit einem Netzwerk verbunden ist. Die Netzwerkoptionen werden im nächsten Kapitel detailliert beschrieben.

**Info** Falls Sie in die Konsole gebootet haben, können Sie die Konsole mit `ALT-Fx` wechseln, wobei `x` für `1`, `2` usw. steht. Mit `ALT-F2` wechseln Sie also in die zweite Konsole, mit `ALT-F1` zurück in die erste.

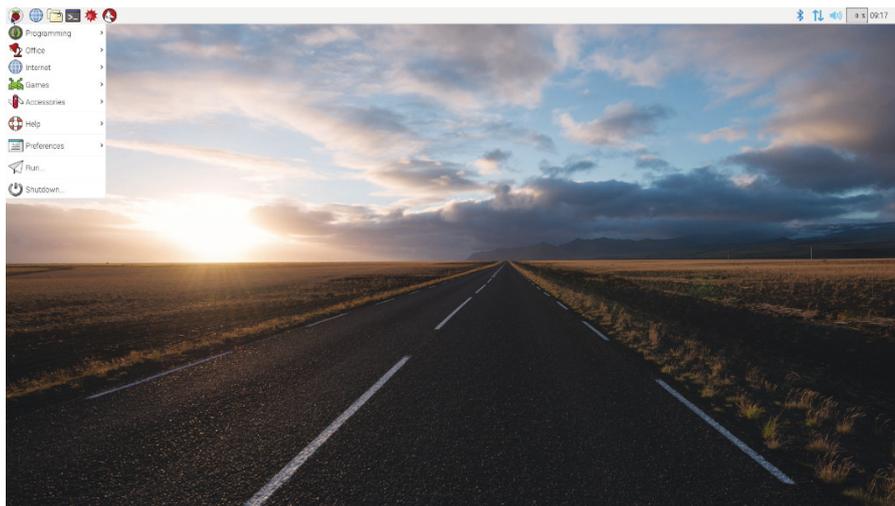


Abbildung 1.11: Die Raspbian X11-Oberfläche.

Ihr Bildschirm sollte nun so ähnlich aussehen wie in der Abb. 1.11. Der Schreibtisch „Pixel (Pi Improved Xwindow Environment Lightweight)“ (auf Englisch *Desktop*) beinhaltet am oberen linken Rand einen Programmstarter ähnlich dem von Microsoft Windows™, mit dem Sie Programme verschiedener Kategorien starten können. Weiterhin befinden sich in der oberen Leiste einige Icons einiger Programme, die durch einen einfachen Mausklick gestartet werden können. An dieser Stelle seien der Webbrowser *Chromium* und das Eingabeterminal *LXTerminal* erwähnt. Beides benötigen wir gleich, um ein Video aus dem Netz zu laden und wiederzugeben. Weitere Icons zeigen beispielsweise Uhrzeit oder CPU Aktivität und erlauben das Einstellen von Netzwerk- oder Bluetoothverbindungen.

Starten Sie nun den Chromium-Webbrowser durch einen Klick auf das blaue Webbrowser-Icon. Danach benötigen Sie ein wenig Zeit, bis sich das Browserfenster öffnet. Denken Sie daran, 700 MHz-1,4 GHz sind kein Düsenjäger. Es dauert eine Weile, bis sich das Browserfenster geöffnet hat und Sie die Websuche nach einem Video starten können. Navigieren Sie zur Seite <http://www.h264info.com/clips.html>.

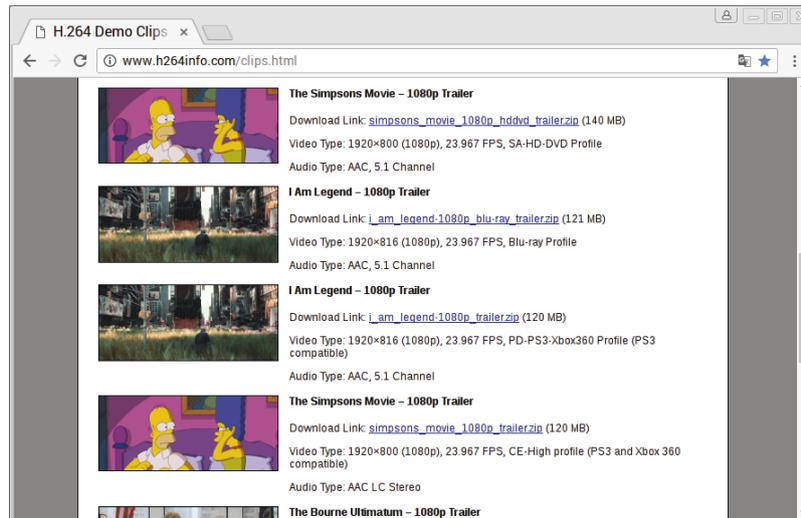


Abbildung 1.12: Mit dem Chromium-Webbrowser kann man im Internet surfen.

Sie enthält einige in H264-kodierte Full-HD Videos. Suchen Sie sich eines aus und starten sie den Download. Wie wäre es mit `i_am_legend-1080p_trailer.zip` (Abb. 1.12)? Falls Sie kein an-



Abbildung 1.13: Das LXTerminal ist eine Konsole zur Kommandoeingabe

deres Verzeichnis angeben (*Speichern unter*), wird die Datei im sogenannten *Home*-Verzeichnis des Benutzers `pi` gespeichert. Die Datei ist noch mit dem Programm `zip` gepackt. Diese Art der Dateien kennen Sie sicher von Windows-Systemen. Bevor wir den Film starten können, packen wir ihn aus. Dazu öffnen Sie bitte das *LXTerminal* mit einem Mausklick (Abb. 1.13), installieren das Programm `unzip` und packen die Datei aus.

#### Code-Ausschnitt 1.4.1

```
1 sudo apt-get update
2 sudo apt-get install unzip
3 unzip i_am_legend-1080p_blu-ray_trailer.zip
```

Danach befinden sich die Dateien *I Am Legend - Trailer.mp4* und *readme.txt* in Ihrem *home*-Verzeichnis.



Unter UNIX-Systemen können Sie übrigens viel Tipp-Arbeit sparen. Die **TAB**-Taste hilft Ihnen dabei. Geben Sie im oberen Beispiel einfach einmal *unzip i* ein und drücken Sie dann die **TAB**-Taste. Der Rest des Dateinamens wird automatisch ergänzt. Gibt es mehrere Möglichkeiten zur Ergänzung, zeigt ein wiederholtes Drücken der **TAB**-Taste alle Möglichkeiten an. Tippen Sie weitere Buchstaben ein, bis das Wort eindeutig ist. **TAB** wird es dann vervollständigen.

Nun wird es aber Zeit, unseren Film zu starten. Der Abspieler auf dem Raspberry Pi heißt *omxplayer* und ist bereits standardmäßig installiert. Rufen Sie ihn auf und hängen Sie den Namen des Films als Parameter an:

### Code-Ausschnitt 1.4.2

```
1 omxplayer I\ Am\ Legend\ -\ Trailer.mp4
```

Erinnern Sie sich? *omxplayer I* gefolgt von der **TAB**-Taste reicht aus. Beachten Sie, dass die Leerzeichen im Dateinamen mit einem Backslash (\) maskiert sind. Bestätigen Sie mit **RETURN** - Voilà. Der Film sollte wiedergegeben werden. Beeindruckend, oder? Ruckelfreies, hochauflösendes HD-Video auf einem Mini-Board, für das auf manchem PC noch ein 2 GHz Dual-Core-Prozessor erforderlich wäre.

Sollten Sie kein Audio hören, ist es evtl. erforderlich, das Audio-Ausgabe-Device beim Aufruf festzulegen. Der Aufruf von *omxplayer -h* zeigt alle Einstellmöglichkeiten:

### Code-Ausschnitt 1.4.3

```
1  -h --help          Print this help
2  -v --version      Print version info
3  -k --keys         Print key bindings
4  -n --aidx index  Audio stream index : e.g. 1
5  -o --adev device Audio out device   : e.g. hdmi/local/both/alsa[:device]
6  -i --info         Dump stream format and exit
7  -I --with-info   dump stream format before playback
8  -s --stats       Pts and buffer stats
9  -p --passthrough Audio passthrough
10 -d --deinterlace Force deinterlacing
11     --nodeinterlace Force no deinterlacing
12     --nativedeinterlace let display handle interlace
13     --anaglyph type  convert 3d to anaglyph
14     --advanced[=0]  Enable/disable advanced deinterlace for HD videos (default ←
    enabled)
15 -w --hw           Hw audio decoding
16 -3 --3d mode     Switch tv into 3d mode (e.g. SBS/TB)
17 -M --allow-mvc   Allow decoding of both views of MVC stereo stream
18 -y --hdmiclocksyc Display refresh rate to match video (default)
19 -z --nohdmiclocksyc Do not adjust display refresh rate to match video
20 -t --sid index   Show subtitle with index
21 -r --refresh     Adjust framerate/resolution to video
22 -g --genlog      Generate log file
23 -l --pos n       Start position (hh:mm:ss)
24 -b --blank[=0xAARRGGBB] Set the video background color to black (or optional ARGB ←
    value)
25     --loop         Loop file. Ignored if file not seekable
26     --no-boost-on-downmix Don't boost volume when downmixing
27     --vol n        set initial volume in millibels (default 0)
28     --amp n        set initial amplification in millibels (default 0)
29     --no-osd       Do not display status information on screen
30     --no-keys      Disable keyboard input (prevents hangs for certain TTYs)
31     --subtitles path External subtitles in UTF-8 srt format
32     --font path    Default: /usr/share/fonts/truetype/freefont/FreeSans.ttf
33     --italic-font path Default: /usr/share/fonts/truetype/freefont/FreeSansOblique. ←
    ttf
34     --font-size size Font size in 1/1000 screen height (default: 55)
35     --align left/center Subtitle alignment (default: left)
```

```

36     --no-ghost-box          No semitransparent boxes behind subtitles
37     --lines n              Number of lines in the subtitle buffer (default: 3)
38     --win 'x1 y1 x2 y2'    Set position of video window
39     --win x1,y1,x2,y2      Set position of video window
40     --crop 'x1 y1 x2 y2'   Set crop area for input video
41     --crop x1,y1,x2,y2     Set crop area for input video
42     --aspect-mode type     Letterbox, fill, stretch. Default: stretch if win is ←
                             specified, letterbox otherwise
43     --audio_fifo n         Size of audio output fifo in seconds
44     --video_fifo n         Size of video output fifo in MB
45     --audio_queue n        Size of audio input queue in MB
46     --video_queue n        Size of video input queue in MB
47     --threshold n          Amount of buffered data required to finish buffering [s]
48     --timeout n            Timeout for stalled file/network operations (default 10s)
49     --orientation n        Set orientation of video (0, 90, 180 or 270)
50     --fps n                Set fps of video where timestamps are not present
51     --live                  Set for live tv or vod type stream
52     --layout                Set output speaker layout (e.g. 5.1)
53     --dbus_name name       default: org.mpris.MediaPlayer2.omxplayer
54     --key-config <file>    Uses key bindings in <file> instead of the default
55     --alpha                 Set video transparency (0..255)
56     --layer n              Set video render layer number (higher numbers are on top)
57     --display n            Set display to output to
58     --cookie 'cookie'      Send specified cookie as part of HTTP requests
59     --user-agent 'ua'      Send specified User-Agent as part of HTTP requests
60     --lavfdopts 'opts'     Options passed to libavformat, e.g. 'probesize:250000,...'
61     --avdict 'opts'        Options passed to demuxer, e.g., 'rtsp_transport:tcp,...'

63 For example:

65     ./omxplayer -p -o hdmi test.mkv

```

Der von uns gesuchte Aufruf lautet also

#### Code-Ausschnitt 1.4.4

```
1 omxplayer -o local I\ Am\ Legend\ -\ Trailer.mp4
```

für die analoge Audioausgabe oder

#### Code-Ausschnitt 1.4.5

```
1 omxplayer -o hdmi I\ Am\ Legend\ -\ Trailer.mp4
```

für die digitale Audioausgabe über HDMI.

Als Nächstes machen wir uns daran, den Pi mit einer MPEG-2 Lizenz auszustatten. Die ist erforderlich, wenn Sie DVDs schauen möchten oder den Pi als Mediacenter einrichten, um fernzusehen. Da die CPU des alten Pi zu schwach ist, um MPEG-2 in Software zu dekodieren, stellt die Raspberry Pi Foundation für ca. 3 € einen Schlüssel zur Verfügung, der die Hardware-Beschleunigung für MPEG-2 aktiviert. Gut angelegtes Geld, wenn man den Pi als Mediacenter betreiben möchte. Für den Kauf rufen Sie bitte in einem Browser Ihrer Wahl die Seite <http://www.raspberrypi.com/mpeg-2-license-key/> auf. In das Browserfeld Seriennummer (*Serial number*) tragen Sie bitte die Seriennummer Ihres Raspberry Pi ein. Diese erhalten Sie, indem Sie ein LXTerminal öffnen und folgenden Befehl eingeben:

#### Code-Ausschnitt 1.4.6

```
1 cat /proc/cpuinfo
```

Dieser Befehl zeigt alles an, was auf die CPU des Raspberry Pi bezogen ist. Bei mir sieht die Ausgabe wie folgt aus: