

Harald Schmidt

Raspberry Pi programmieren mit C/C++ und Bash

Mehr als 50 Programme rund um
Foto, Video & Audio

HANSER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XVII
1 Die Welt des Raspberry Pi	1
1.1 Die Modelle des Raspberry Pi	1
1.1.1 Energieversorgung	5
1.1.2 Der Raspberry Pi Zero W	6
1.1.3 Raspberry Pi 2 und Pi 3	10
1.2 SD-Karten und microSD-Karten	14
1.3 Von Wheezy zu Stretch – Downloads für Raspbian	15
1.3.1 Die Release Notes als Chronik	16
1.4 Über NOOBS zur Raspbian SD-Karte	17
1.4.1 NOOBS aus dem Internet holen und entpacken	18
1.4.2 NOOBS auf die leere (micro)SD-Karte kopieren	20
1.5 NOOBS auf dem Raspberry Pi	21
1.5.1 Wohin mit dem Bild?	21
1.5.2 Energie für NOOBS	22
1.6 Der NOOBS Recovery-Modus	28
2 Der Raspberry Pi und Linux	31
2.1 Das Abbild von Raspbian für die SD-Karte	32
2.1.1 Die Abbilddatei mit einem Linux-PC übertragen	36
2.1.2 Der Win32 Disk Imager	36
2.2 Die Grundkonfiguration des Raspbian Desktops	38
2.2.1 Tastaturlayout und Spracheinstellung	39
2.2.2 Konfiguration von Autologin, Hostname und Bootmodus	47
2.2.3 Passwortänderung	48
2.2.4 Freigabe für SSH und Abfrage der IP-Adresse	49

2.3	Der Raspberry Pi Desktop als Bedienoberfläche	50
2.3.1	Die Lage der Pannelleiste ändern	51
2.3.2	Der Aufbau der Pannelleiste	51
2.3.3	Programmstart über Tastaturkürzel	52
2.3.4	Eine symbolische Desktop-Verknüpfung hinzufügen	53
2.3.5	Eine neue Desktop-Datei erzeugen	54
2.3.6	Ein Programm der Anwendungsstartleiste hinzufügen	56
2.3.7	Miniprogramme im Panel	57
2.3.8	Das Konsolenkommando lxpanelctl	59
2.4	Der Main Menu Editor Alacarte	59
2.5	Das Erscheinungsbild anpassen mit LxAppearance	60
2.6	Der Raspbian Desktop auf dem PC oder Mac	62
2.7	Nützliche Programme ohne und mit grafischer Oberfläche	64
2.8	Autostart mit und ohne GUI	71
2.8.1	Die versteckte Datei .bashrc	72
2.8.2	Die Datei rc.local	74
2.9	Die Verwendung von LXTerminal in Desktop-Dateien	76
2.10	Pakete – Installation und Verwaltung	78
2.10.1	Der vorinstallierte Paketmanager pi-packages	79
2.10.2	Der Paketmanager Synaptic	80
2.10.3	Paketverwaltung über Konsolenkommandos	81
2.11	Die Bildschirmauflösung mit und ohne den RPi-Desktop einstellen	89
2.11.1	Über HDMI zum Fernseher	93
2.11.2	Über den HDMI/VGA-Adapter zum Monitor	94
2.11.3	Einstellung der Auflösung mit raspi-config	96
2.12	Audioumschaltung und Bluetooth-Lautsprecher	99
2.13	Systembackup im laufenden Betrieb	101
3	Betriebssysteme, Partitionen, Backup und Restore	103
3.1	SD-Karte, USB-Stick, Festplatte – was erkennt der Raspberry Pi?	105
3.2	SD-Karten mit Betriebssystem	108
3.2.1	Hinein in die Box	108
3.2.2	Der passende Aufkleber	109
3.2.3	Binäre Einheiten und die Kapazität von SD-Karten	109
3.3	SD-Karten identifizieren mit sd-label.sh	110
3.4	Hinweise zu Backup und Restore	113
3.5	Formatierung von SD-Karten	115
3.6	Das USB Image Tool	117
3.7	Direktkopie der SD-Karte mit piclone	119

3.8	Der Partitionsmanager GParted	121
3.9	Eine bootfähige SD-Karte mit sd-restore.sh erzeugen	124
3.10	Backup von SD-Karten mit sd-back.sh	128
3.10.1	Nullen vor dem Backup	132
3.11	Ein Blick in das Abbild der SD-Karte	134
3.12	Festplatten am Raspberry Pi	137
3.12.1	Der Einhängepunkt und die Systemkonsole	140
3.12.2	Einhängen der Partition über /etc/fstab	141
4	Programmieren mit dem Pi	143
4.1	Dateien und Programme zum Buch	144
4.2	Paketinstallation über die Skriptdateien zum Buch	146
4.3	Die Skriptdateien zum Buch – was ist wo?	148
4.4	Die Shell als Kommandointerpreter	150
4.4.1	Umgebungsvariablen	153
4.4.2	vcgencmd	154
4.5	Strings in Bash, C und C++	156
4.6	Programmieren mit Bash	157
4.6.1	Eingabe, Ausgabe und if else	157
4.6.2	Feldtrenner und float-Werte	160
4.6.3	Formatierte Ausgabe mit printfcalc.sh	162
4.6.4	Ausgabekommandos für ASCII-Dateien	162
4.6.5	Bash-Arrays mit numerischem Index	163
4.6.6	Assoziative Bash-Arrays mit Wortindex	165
4.6.7	Funktionen, Parameter und Exit-Codes	166
4.6.8	Ausgabeumleitung und Rückgabewerte	167
4.6.9	Ein Bash-Skript mit Funktionen und Indexsuche	170
4.6.10	Indezelemente sortieren und finden mit assosort.sh	173
4.6.11	Ausgabespalten neu anordnen mit dosdir.sh	174
4.6.12	Die Ausgabe Einlesen und die IFS-Trennzeichen	176
4.6.13	Filtern mit cut und grep	179
4.6.14	Farben in der Konsolenausgabe	186
4.6.15	Zeichen entfernen mit trim.sh	188
4.6.16	Dateinamen oder Pfade extrahieren	189
4.6.17	Die Position einer Zeichengruppe oder eines Strings finden	189
4.6.18	Ein Blick in raspi-config	191
4.7	Bash in Beispielen	193
4.7.1	Wie copydesk.sh funktioniert	193
4.7.2	Farbige Listings mit colordir.sh	194

4.7.3	Analyse von Partitionsgrößen mit sd-info.sh	196
4.7.4	Feldinhalte aus Audiodateien kompakt anzeigen	199
4.7.5	EXIF-Daten anzeigen mit jhead.sh	201
4.7.6	Metadaten ermitteln mit mediainfo.sh	204
4.7.7	Diagnose der Bildschirmauflösung mit scrreso.sh	208
4.7.8	Eine Bildschirmecke zur Videowiedergabe nutzen (OMXPlayer) ...	210
4.7.9	Prozesse anzeigen mit pgrep_htop.sh	212
4.8	Skriptdateien mit ASCII-GUI (whiptail/dialog)	217
4.8.1	Vom Skript zum Kommando	221
4.8.2	Eine allgemeingültige Dateiauswahl im Skript verwenden	223
4.8.3	Programmauswahl über Checkboxes	225
4.8.4	Bilder als ASCII-Art anzeigen	228
4.8.5	Programmstart mit fotomenu.sh	234
4.8.6	Programmstart über Desktop-Dateien und ASCII-Dialoge	237
4.8.7	Dateiauswahl bei sd-mount.sh	240
4.8.8	Der Programmstarter opencvgui.sh als ASCII-GUI	243
4.9	C-Programme mit Raspbian nutzen (hello_pi/GPU)	245
4.9.1	Videoprojektion auf eine rotierende Teekanne (hello_teapot.c)	247
4.9.2	Mathematische Kunst mit hello_triangle2.c	248
4.9.3	Das Skript helloGPU.sh auf einem „großen“ Linux-PC starten	249
4.9.4	Mit make zum eigenen C-Programm	250
4.9.5	Das Skript helloGPU2.sh für weitere GPU-Programme	253
4.9.6	Programme starten mit system und popen	254
4.9.7	Zeit ist relativ	257
4.9.8	Mausklicks, Bewegungen und Scrollevents auswerten	259
4.9.9	Von der Mausbewegung zur Audioausgabe	264
4.10	Der Qt Creator als Entwicklungsumgebung	268
4.11	Die Entwicklungsumgebung Code::Blocks	273
4.12	GTK+ Programmierung	276
4.13	Die Geany-Entwicklungsumgebung	279
4.14	Python und IDLE als Entwicklungsumgebung	282
4.15	Zenity-Dialoge	286
4.16	GitHub und Raspbian	287
5	Elektronik und Programme für den GPIO-Port	289
5.1	Schaltungen aufbauen	292
5.1.1	Drähte oder Drahtbrücken	295
5.1.2	SMD-Adapter und ICs	297
5.1.3	Widerstände, Widerstandsnetzwerke und Kondensatoren	298
5.1.4	Der LED-Test	300

5.2	Eine LED per Software schalten (Ein/Aus)	301
5.3	Eine LED per Software dimmen (Pulsweitenmodulation)	304
5.4	Eine LED am Optokoppler	306
5.5	GPIO-Pins im Read-Modus (Bash)	307
5.5.1	GPIO-Pins zyklisch abfragen (Polling)	308
5.5.2	GPIO-Pins im Interrupt-Modus (Flankenerkennung)	309
5.5.3	Flankenerkennung bei mehreren Schaltern	312
5.6	WiringPi-Beispiele mit C-Quelltext	315
5.6.1	WiringPi im Interrupt-Modus	316
5.7	Experimente zur Impulswahl	317
5.7.1	Audiodateien durch Impulswahl abspielen	321
5.7.2	Impulsdiagramme mit GnuPlot	322
5.8	Von der Helligkeit zur Frequenz	325
5.8.1	Frequenzen messen mit dem Oszilloskop und mit r2f.cpp	326
5.9	Stufenschalter, Tastenfelder, Encoder und Codierschalter	331
5.10	Analog/Digital-Wandler für die SPI-Schnittstelle	333
5.10.1	Analoge Messwerte mit spiloop.c erfassen	336
5.11	Die I ² C-Schnittstelle	338
5.12	Analog/Digital-Wandler für I ² C	339
5.13	Ein LCD-Display am I ² C-Bus	344
5.13.1	Ausgaben mit sysinfo.sh	349
5.13.2	PIDs auf dem LCD-Display mit pgrep_menuctrl.sh	351
5.14	Die C-Library bcm2835 für den GPIO-Port	353
5.15	Mehr Ampere mit externen Spannungsquellen	355
5.16	Vom Schaltplan zum Layout	357
5.16.1	EAGLE Light	358
6	Sensoren und Software für Infrarot und Ultraschall	363
6.1	LIRC als Empfänger	364
6.1.1	Kommandos per IR-Fernbedienung auslösen	370
6.1.2	Ein Auswahlmenü auf dem LCD-Display	373
6.2	Entfernungsmessung per Ultraschall	376
6.3	Ein Abstandswarner mit ultraloop.c im Qt Creator	381
6.4	Entfernungsmessung mit Infrarotlicht	386
6.4.1	Distanzmessung über den MCP3426 als A/D-Wandler	388

7	Netzwerke und der Fernzugriff auf den Raspberry Pi	389
7.1	Die automatische Vergabe von IP-Adressen	392
7.2	Netzwerkkabel, Übertragungsraten und ethtool	401
7.3	Eine Direktverbindung zum Raspberry Pi	402
7.3.1	Die Link-Local-IP	406
7.4	Netzwerkkameras	407
7.4.1	Eine Direktverbindung für Netzwerkkameras	409
7.5	Der SSH-Server und ein Linux-PC als Client	410
7.5.1	SSH und die Weiterleitung des X11-Fensters	415
7.5.2	Fingerabdrücke auf (micro)SD-Karten	417
7.6	Zwei Schlüssel zum Vergleich – SSH ohne Passwort	418
7.7	PuTTY als Windows-Client	420
7.8	Remote-Zugriff mit WinSCP und Krusader als Client	424
7.9	Der SSH-Fernzugriff per ASCII-GUI	428
7.9.1	Ein Desktop-Icon auf dem Client-PC	428
7.10	Ein Remote-Desktop mit TightVNC	429
7.11	Energie sparen mit TMux	432
7.12	Die ASCII-GUI pgrep_gui.sh	437
7.13	TMux und die ASCII-GUI pgrep_gui.sh	441
7.13.1	TMux-Skripting	443
7.14	WLAN-Verbindungen und WLAN-Sticks	445
7.14.1	WLAN-Verbindungen und wpa_gui	449
7.15	Die Netzwerk-Tools arp-scan und nmap	451
7.16	Netcat – vom Chatprogramm zum Videoempfänger	453
7.17	Fünf Wege zum Raspberry Pi	454
7.18	Über Android zum Raspberry Pi	456
7.18.1	Über F-Droid zu ConnectBot	457
7.19	Über USB OTG zum Raspberry Pi Zero	460
8	Audio und Composite Video am Pi	463
8.1	Buchsen, Kabel, Signale	463
8.2	Audiowiedergabe	467
8.3	Der ALSaMixer	474
8.4	Audioaufzeichnung und ALSA-Tools	476
8.4.1	SoX mit der Webcam als Audioquelle	479
8.4.2	SoX passt auf – Reaktion auf Geräusche	485
8.4.3	Informationen zur Audiodatei mit soxi	488
8.4.4	Audioaufzeichnung im Remote-Modus	489
8.4.5	Lautsprecherdurchsagen aus sicherem Abstand (remote)	492
8.4.6	Externe USB-Soundkarten und das Programm speaker-test	493

8.5	Sprachsynthese auf dem Linux-PC	496
8.5.1	Sprachausgabe mit eSpeak	497
8.5.2	Sprachausgabe über tts.sh mit eSpeak, SVOX-Pico und Festival ...	499
9	Videodaten – Aufzeichnung und Wiedergabe	503
9.1	Der OMXPlayer	504
9.1.1	Kommandos für den OMXPlayer (DBUS-Interface)	506
9.2	Videodateien aus dem Internet holen	508
9.3	Archivierte Videos abspielen mit guiPlay.sh	512
9.4	Videoplayer und multiplay.sh	520
9.5	Wiedergabe mit videoselect.sh und avplay	524
9.6	Wo ist das Videogerät?	525
9.7	Daten zum Videogerät mit dem V4L-Treiber	528
9.8	MPEG-Spezifikationen, Codecs und Containerdateien	531
9.9	Fotografieren und Filmen mit guvcview	532
9.10	Fotografieren mit fswebcam	536
9.11	Die libav-tools und avconv (bzw. ffmpeg)	542
9.11.1	Der Webcam-Zugriff mit avconv	543
9.11.2	Vertonung mit avconv	545
9.11.3	Bildschirmvideos mit dem Raspberry Pi	546
9.11.4	Videos konvertieren mit WinFF	548
9.12	Motion auf dem Pi	550
9.12.1	Der Programmstarter motiongui.sh	553
9.12.2	Der Blick auf die Uhr	558
9.12.3	Motion-Parameter geeignet festlegen	560
9.12.4	Namen für Bilder und Videodateien	566
9.12.5	Einblendung von Zeitstempeln und Texten	567
9.12.6	Markierte Bewegungen	568
9.12.7	Bewegungsalarm auf Teilbereichen des Bildes	569
9.12.8	Automatische E-Mails bei Ereignissen	572
9.12.9	Den Videostream anzeigen und weiterleiten	573
9.12.10	Parameteränderung per ASCII-GUI und setvalue.sh	576
10	Kameramodule zum Raspberry Pi	577
10.1	Das 8-Megapixel-Kameramodul mit Sony-IMX219-Sensor	581
10.2	Fotos mit raspistill	583
10.2.1	EXIF-Daten ermitteln	588
10.2.2	Fotografieren mit fotomenu.sh	589
10.2.3	Der manuelle Belichtungsmodus	591

10.2.4	Fotografieren mit Zeit-/ISO-Automatik	593
10.2.5	Farben und Spezialeffekte	596
10.2.6	Fotos bei sehr wenig Licht und im Signalmodus	600
10.3	Konverter für Einzelbilder	604
10.4	Bilder und das FBI	605
10.5	Videos aufzeichnen mit raspivid	608
10.6	Videodateien mit MP4Box und avconv verarbeiten	611
10.7	Der UV4L-Treiber zum Kameramodul des Raspberry Pi	613
10.7.1	Fotografieren mit multicam.sh	617
10.7.2	Filmen mit dd	621
10.8	Binning bei raspistill und raspivid	622
10.9	Motion und das Kameramodul	625
11	Automatischer Datentransfer	631
11.1	SFTP-Kommandos per Skript ausführen	632
11.2	Eine RAM-Disk als Zwischenpuffer	636
11.2.1	Bilder auf der RAM-Disk	637
11.2.2	Die RAM-Disk überwachen	639
11.3	Datentransfer mit FileZilla	641
12	Audiosignale analysieren	643
12.1	Audacity	645
12.2	Die Verwendung von libsndfile	647
12.2.1	Die Abtastwerte einer Audiodatei in Textform	649
12.2.2	Ein Blick auf die Dokumentation	650
12.2.3	Ausgabeumleitung für Audiodaten mit sndout.cpp	651
12.3	Pausenerkennung und Segmentierung	655
12.3.1	Audiosegmentierung und Sprachausgabe mit audiosegm.cpp	656
12.4	Die Library tinalsa	661
12.4.1	Abtastraten mit tinypcminfo.c ermitteln	663
12.4.2	Audioaufnahmen mit capaudio.sh und tinycap.c	664
12.5	Der Pi als Papagei	668
12.6	Spektrogramme mit sndfile-tools und Audacity	670
12.7	Vokaltraining mit voxvokal.sh	679
12.8	Das Audioquiz	683

13	OpenCV und der Pi	687
13.1	Die Konfiguration von OpenCV	688
13.2	Mit dem Compiler zur ausführbaren Datei	691
13.3	OpenCV - Dokumentation und Beispielprogramme	695
13.4	OpenCV, CMakeGUI und Code::Blocks	698
13.5	Die Qt-Projektdateien zu den Beispielprogrammen	700
13.6	Das Programm fpsec.cpp auf dem Pi benutzen	703
13.6.1	Fenster und Tastaturcodes von fpsec.cpp	704
13.6.2	Konturbilder vom Webcambild	705
13.6.3	Konturbilder vom Videobild	706
13.6.4	FloodFill auf dem Videobild	707
13.7	Programmierung mit OpenCV	708
13.7.1	Grundlegende Datentypen und OpenCV-Klassen	708
13.7.2	Fenster, Steuerelemente und cv::waitKey	710
13.7.3	Optimierung von Farb- und Grauwertbildern per Tastendruck	711
13.7.4	Binarisierung von Bildern mit cv::threshold	714
13.7.5	Regionen und Beschriftungen	716
13.8	Konfiguration für die WITH_QT-Oberfläche	717
14	Objektsegmentierung mit OpenCV	719
14.1	Segmentierung von Textzeilen	719
14.2	Symbolerkennung mit iconreader.cpp	722
14.3	Symbolerkennung auf Webcambildern	725
14.3.1	Einsatzzweck, Bedienung und Tastaturcodes	727
14.3.2	Vom Graustufenbild zum Erkennungsergebnis	732
14.3.3	Der Alarm und die Statistik	738
14.4	Die sprechende Lichtschranke	740
15	Experimente	741
15.1	Booten mit Sprachausgabe	741
15.2	Ein Eingabemodul mit IR-Detektor und LCD-Display	744
15.2.1	Den Schaltungsaufbau planen	747
15.2.2	Lötarbeiten für die Elektronik zum DOGM204 LCD-Display	749
15.2.3	Das LCD-Display testen	750
15.2.4	Das Eingabemodul eichen	752
15.2.5	Die Drehung des Codierschalters auswerten	755
15.3	Ein Client/Server-Konzept für das Eingabemodul	756
15.3.1	Nur mit Maus und Display?	762

15.4	Ein Client/Server-Konzept mit menuctrl.sh	765
15.4.1	Fotos mit MenuCtrl	770
15.5	Über MenuCtrl fswebcam starten/beenden	773
15.6	Die hello_pi GPU-Programme mit MenuCtrl starten/beenden	774
15.7	MenuCtrl im Infrarotlicht	776
15.8	MenuCtrl schon beim Booten starten	781
16	Schlusswort	783
17	Übersicht der Programme und Skriptdateien zum Buch	785
	Stichwortverzeichnis	791