

Michael Kofier, Charly Kühnast,
Christoph Scherbeck

Raspberry Pi

Das umfassende Handbuch

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 35

TEIL I Den Raspberry Pi kennenlernen

1 Kauf und Inbetriebnahme 41

1.1 Kauf 42

Raspberry-Pi-Modelle 42

Von Äpfeln und Birnen, Himbeeren und Bananen 45

Anschlüsse 46

Netzteil 48

SD-Karte 49

Gehäuse 50

Tastatur und Maus 50

USB-Hub 51

Stromversorgung per USB-Hub 51

WLAN- und Bluetooth-Adapter 53

Was Sie sonst noch brauchen 53

1.2 NOOBS-Installation 54

Raspberry-Pi-Distributionen 54

SD-Karte formatieren 56

USB-SD-Card-Reader 57

NOOBS 58

NOOBS-VNC-InstaNation 61

1.3 Image-Datei auf eine SD-Karte schreiben 62

Image-Dateien herunterladen 63

Image-Datei unter Windows auf eine SD-Karte übertragen 63

Image-Datei unter OS X auf eine SD-Karte übertragen 64

Image-Datei unter Linux auf eine SD-Karte übertragen 66

Distributionspezifische Installationsprogramme 67

1.4	Installation auf einen USB-Stick (für Fortgeschrittene)	68
	Vor- und Nachteile	68
	USB-Stick vorbereiten	69
	SD-Karte vorbereiten	69
	Systempartition vergrößern	70
2	Erste Schritte in Raspbian	75
2.1	Das Konfigurationsprogramm raspi-config	75
	Expand Filesystem	76
	Change User Password	76
	Enable Boot to Desktop/Scratch	76
	Internationalisation Options	77
	Enable Camera	78
	Add to Rastrack	78
	Overclock	78
	Advanced Options	79
	Neustart	80
2.2	Ein-und Ausschalten	80
	Wenn der Raspberry Pi abstürzt	81
2.3	Die Benutzeroberfläche LXDE	81
	Icons	82
	Das Panel	83
	Programme starten	84
	Konfiguration	84
	Tastenkürzel	85
	Bildschirmschoner	87
2.4	Wichtige Programme	88
	Die Icon-Galerie des Raspbian-Desktops	88
	Der Dateimanager	90
	LXTerminal	91
	Leafpad und Cedit (Editoren)	93
	Firefox und Thunderbird, Chromium und Claws Mail	94
	Bild- und PDF-Viewer	96
	Audio- und Video-Player	97
	Textverarbeitung und Tabellenkalkulation	98
	Screenshots	99

2.5	WLAN-Konfiguration	100
2.6	Bluetooth-Konfiguration	103
2.7	USB-Sticks und-Festplatten	104
2.8	Drucker	105
3	Arbeiten im Terminal	107
3.1	Erste Experimente	107
	Dateien und Verzeichnisse	108
	Zugriff auf Systemdateien	108
	Hardware-Tests	109
	vcgencmd	110
	Software-Verwaltung	110
	Freien Speicherplatz ermitteln	111
	Online-Hilfe	112
3.2	Eingabeerleichterungen und Tastenkürzel	113
	alias-Abkürzungen definieren	115
	Textkonsolen	115
3.3	Farbspiele	116
	Den Prompt individuell einrichten	116
	ls-Farben	117
3.4	Die Bourne Again Shell (bash)	118
	Jokerzeichen	119
	Ein-und Ausgabeumleitung	120
	Kommandos im Hintergrund ausführen	121
	Mehrere Kommandos ausführen	121
	Rechnen in der bash	123
	Umgebungsverhalten	123
3.5	Arbeiten mit Administratorrechten (sudo)	124
	sudo-Anwendung	125
	sudo-Konfiguration	125
3.6	Textdateien lesen und ändern	127
	catundless	127
	tail	128
	grep	128

Texteditoren	129
nano	130
Vi	131
jmacs	132
3.7 Verzeichnisse und Dateien	133
Verzeichnisse	133
Linux-Verzeichnisbaum	134
Dateien auflisten	135
Verborgene Dateien und Verzeichnisse sichtbar machen	136
Dateien suchen	137
Textdateien inhaltlich durchsuchen	138
Dateien kopieren, verschieben und löschen	138
Links	139
3.8 Komprimierte Dateien und Archive	140
Komprimieren und dekomprimieren	141
TAR-Archive	142
ZIP-Archive	143
3.9 Prozessverwaltung	143
Liste aller laufenden Prozesse	144
Prozeshierarchie	146
Prozesse abbrechen	147
Prozesspriorität einstellen	147
Systemdienste steuern	148
3.10 Netzwerkkommandos	149
Netzwerkstatus ermitteln	149
Dateien per FTP und HTTP übertragen	151
4 Arbeitstechniken	153
4.1 Programme installieren und verwalten	154
Programme bzw. Pakete installieren	154
Programme bzw. Pakete entfernen	155
Informationen über Pakete ermitteln	155
4.2 Updates	157
Raspbian aktualisieren	157
Firmware- und Kernel-Updates	158

4.3	SSH	161
	Voraussetzungen auf dem Raspberry Pi	161
	Voraussetzungen auf Ihrem Arbeitsrechner	162
	SSH anwenden	162
	Grafikprogramme ausführen	164
	SSH-Login mit Schlüsseln statt Passwörtern	165
	SSH-Login nach einer Raspberry-Pi-Neuinstallation	165
	Dateien kopieren mit scp	167
	Zugriff auf das Raspberry-Pi-Dateisystem im Dateimanager	168
	Die Kommandos ssh und scp auf dem Raspberry Pi nutzen	168
4.4	VNC	169
	Erste Tests	169
	VNC-Viewer unter Windows	170
	VNC-Viewer unter OS X	171
	VNC-Viewer unter Linux	172
	Start des VNC-Servers automatisieren	172
	VNC über einen SSH-Tunnel	175
4.5	Netzwerkverzeichnisse nutzen	176
	Grundlagen	177
	Beispiele	179
	Verzeichnisse dauerhaft einbinden (/etc/fstab)	181
4.6	Netzwerkverzeichnisse anbieten (Samba-Server)	182
	Samba-Installation, Defaultkonfiguration	183
	Ein Verzeichnis mit Passwortschutz freigeben	185
	Freigabe testen	186
	Weitere Verzeichnisse freigeben	187
	Ein Verzeichnis ohne Passwortschutz freigeben	188
	Absicherung und Grundeinstellungen	189
4.7	Internetzugriff auf den Raspberry Pi	189
	Wo ist das Problem?	190
	Lösungsvarianten	192
	Alternativen	193
4.8	Dynamisches DNS	194
	Wozu dient und wie funktioniert dynamisches DNS?	194
	Dynamisches DNS mit noip.com einrichten	195
	Port Forwarding einrichten	196
	Test	197
	Fehlersuche	198

4.9	IPv6	199
	IPv6 aktivieren	200
	gogoc-Installation	200
	Test	202
4.10	FTP-Servereinrichten	203
	vsftpd installieren	204
	Defaultkonfiguration	204
	Eigene Konfiguration	205
	FTP ausprobieren	205
4.11	Programme beim Systemstart ausführen	206
	rc.local	206
	Autostart-Programme für den Desktop	207
	Autostart-Dateien für Openbox	207
4.12	Programme regelmäßig ausführen (Cron)	208
	/etc/cron.xxx-Verzeichnisse	208
	/etc/crontab-Datei	208
	/etc/cron.d-Verzeichnis	210
	Benutzerspezifische Crontab-Dateien	210
	Anacron	210
4.13	Backupserstellen	211
	Backups mit rsync	212
	Backups mit tar	213
	Backup einer SD-Karte unter Windows	213
	Backup einer SD-Karte unter OS X	214
	Backup einer SD-Karte unter Linux	214
4.14	Overclocking	215
	Overclocking-Parameterinconfig.txt	215
	Aktuelle Taktfrequenz und Temperatur ermitteln	217
4.15	Notfall-Tipps	217
	Stromversorgung	218
	SD-Karte	218
	Display-Probleme	219
	Status-Leuchtdioden (Modell A und B)	220
	Status-Leuchtdioden (Modell B+)	221

5	Linux-Grundlagen	223
5.1	Benutzer und Gruppen	224
	Benutzer und Passwörter	225
	Gruppen	227
	Kommandos zur Benutzer- und Gruppenverwaltung	228
	sudo	230
	Auto-Login abstellen	231
5.2	Zugriffsrechte	232
	Zugriffsrechte auf Dateien	232
	Zugriffsrechte auf Verzeichnisse	233
	Setuid-, Setgid- und Sticky-Bit	234
	Oktalschreibweise	235
	Zugriffsrechte einstellen	236
	Praxisbeispiele	238
5.3	Paketverwaltung	238
	Konfiguration	239
	Hauptpaketquelle	239
	Weitere Paketquellen	240
	Aus welcher Paketquelle stammt ein Paket?	241
5.4	Verwaltung des Dateisystems	241
	Dateisysteme	242
	Device-Dateien	242
	Das mount-Kommando	244
	Die Datei /etc/fstab	246
	Datenträger partitionieren und formatieren	247
5.5	Netzwerkconfiguration	249
	Glossar	250
	Die Datei /etc/network/interfaces	252
	Statische LAN-Konfiguration	253
	Manuelle WLAN-Konfiguration	254
	Nameserver-Konfiguration	256
	Hostname ändern	257
5.6	Bluetooth	257
	Bluetooth-Geräte erkennen	258
	Pairing	258
	Verbindungsaufbau erzwingen	259

5.7	Systemstart	259
	Ist-Stage-Bootloader	261
	2nd-Stage-Bootloader (bootcode.bin)	261
	Kernelparameter (cmdline.txt)	261
	Kernelstart	263
	Init-Systeme	263
	Die Runlevel des Init-V-Systems	264
	Systeminitialisierung	265
	Runlevel 2 aktivieren	266
	Runlevel wechseln	266
	Reboot und Halt	266
	Systemdienste manuell starten und beenden	267
	Den Start von Systemdiensten aktivieren und deaktivieren	267
	Eigene Initialisierungsarbeiten durchführen	268
	Eigene Systemdienste einrichten	269
5.8	Systemeinstellungen in config.txt	270
	HDMI-Einstellungen	271
	Overclocking	272
	Video-Decodierung	272
	Bootvorgang	273
	Hardware-Parameter	273
	Speicheraufteilung zwischen CPU und GPU	274
	Das Kommando vcgencmd	274
5.9	Grafiksystem	275
	Start des Grafiksystems	276
	Auto-Start des Grafiksystems ein-/ausschalten	276
	Auto-Login ein-/ausschalten	277
	Manueller Start des Grafiksystems	277
	Neue Grafiktreiber und Wayland	277
5.10	Kernel und Module	278
	Kernelmodule	278
	Module selbst kompilieren	280
	Den Kernel selbst kompilieren	280

TEIL II Der Raspberry Pi als Media-Center

6	Audio-Player mit Smartphone-Fernbedienung	285
6.1	MPD-Installation und-Konfiguration	285
	Kernel- und Firmware-Update	286
	Netzwerkkonfiguration	286
	MPD-Installation und-Konfiguration	287
	Erste Tests mit Xfmpc	288
	Tonausgabe zwischen HDMI und Analog-Audio umschalten	289
	MPDroid	290
6.2	MPD-Konfigurationsvarianten	291
	Audio-Dateien auf einem USB-Stick	291
	Audio-Dateien auf einem NAS	292
	PulseAudio	295
	Perfekter Klang für Audiophile	296
	CD-Cover-Abbildungen	296
	Weboberfläche zur Steuerung	298
	Musik als Audio-Stream verteilen (Icecast)	300
6.3	Volumio	302
	Installation und Konfiguration	303
	Interneta und Absicherung	304
	Probleme	304
6.4	Pi MusicBox	305
	Installation	305
	Konfiguration	306
	Bedienung	307
7	Multimedia-Center mit XBMC	309
7.1	XBian versus Raspbmc versus OpenELEC	310
	XBian	310
	Raspbmc	311
	OpenELEC	311
	Die Qual der Wahl	312

7.2	OpenELEC-Installation und -Konfiguration	313
	Standardinstallation auf eine SD-Karte	313
	Installation auf einen USB-Stick (für Fortgeschrittene)	313
	OpenELEC-Erstkonfiguration	315
	Tastatur und Bluetooth	316
	Zeitzone einstellen	316
	Netzwerk- und WLAN-Konfiguration	316
	SSH nutzen	317
	SSH absichern	318
	Samba absichern	319
	Überblick über das OpenELEC-Dateisystem	319
	Hardware-Decodierung für MPEG-2 und VC-1 aktivieren	320
	Overclocking	321
	Audio-Ausgang wählen	322
	RSS-Newsfeed abstellen	322
	XBMC-Layout (Skins)	322
	Screenshots	323
	Updates	323
7.3	Fernbedienung	324
	CEC-Fernbedienung	324
	Smartphone-Fernbedienung	324
	Infrarot-Fernbedienung	326
7.4	XBMC-Betrieb	329
	Das erste Video abspielen	329
	Video-Dateien eines USB-Sticks abspielen	331
	Zugriff auf Video-Dateien aus Netzwerkverzeichnis	332
	Videos aus dem Internet	334
	Audio-Dateien abspielen	335
	Internet-Radios und Spotify	336
	AirPlay	336
8	Multimedia-System mit Plex	339
8.1	XBMC oder Plex?	339
	Plex-Vorteile	340
	Plex-Nachteile	340
	Glossar	341
8.2	Plex-Server-Konfiguration	342

8.3	RasPlex-Installation und -Konfiguration	345
	Installation	345
	Konfigurationsprogramme	347
	Sprache, Zeitzone und Tastaturlayout	347
	WLAN-Konfiguration	349
	Plex-Login	349
	SSH und Samba	349
	Hardware-Decodierung für MPEC-2 und VC-1aktivieren	349
	Audio-Ausgang	350
	Fernbedienung	350
	Bluetooth-Geräte	351
	Bildschirmschoner	351
	Screenshots	351
8.4	Plex-Anwendung	352

TEIL III Hardware-Grundlagen

9	Hardware-Einstieg	357
9.1	Platinenaufbau	357
9.2	Der BCM2835	359
9.3	GPIO-Kontakte	360
	DerPI-Header	360
	Revision 1 versus 2	362
	Nummerierungssysteme bzw. Pin-Namen	362
	Das 50-mA-Limit	363
	Welcher Pin für welchen Zweck?	363
	Die P2-, P3-, P5- und P6-Header	364
	GPIO-Verbindungen herstellen	366
	Vorsichtsmaßnahmen	367
9.4	GPIO-Änderungen beim Modell B+	368
9.5	Stromversorgung	369
	Das Steckernetzteil	369
	Betrieb mit einer USB-Powerbank	370
	Betrieb mit AA-Batterien	372
	Der Linearregler 7805	373

Der Schaltregler LM2596S	374
Versorgung über den USB-Port	376
9.6 Gehäuse	377
The Punnet-Das kostenlose Papiergehäuse	377
Das Legogehäuse	378
ModMyPi-Standardcase	378
Rail-Case-Der Raspberry Pi auf der Schiene	378
Multi-Pi – Das stapelbare Raspberry-Pi-Gehäuse	379
Designergehäuse aus edlem Holz	379
Durchsichtiges Gehäuse mit Kamerahalterung	380
10 Elektronik	383
10.1 Strom, Spannung und das Ohmsche Gesetz	383
10.2 Grundsaltungen	385
Darstellung der Schaltpläne	385
Reihenschaltung	386
Parallelschaltung	387
Kombinierte Schaltung	387
Spannungsteiler	389
10.3 Elektronische Grundbauteile	390
Diode	390
Leuchtdiode	390
Kondensator	392
Spule	392
Transistor	393
Relais	394
10.4 Das AAultimeter	395
10.5 Breadboard oder Platine?	398
Breadboards	398
Streifen-oder Lochrasterplatinen	399
10.6 Löten	400
10.7 Breadboardadapter	402
Breadboardadapter selbst erstellen	402
DerT-Cobbler	406

11	LEDs, Motoren und Relais	407
11.1	Leuchtdioden (LEDs)	407
	LED im Dauerbetrieb	407
	LED per Python ein-und ausschalten	408
	LEDs überTransistoren schalten	410
	LEDs mit Darlington-Transistoren ansteuern	412
	LEDs mit einem Taster ein-und ausschalten	413
	LEDs mit Software-PWM dimmen	419
	LEDs mit Hardware-PWM dimmen	421
	Hardware PWM beim Modell B+	422
	RGB-LEDs	422
11.2	Optokoppler	426
11.3	Elektromotoren	427
	Der geeignete Motor	428
	Gleichstrom-und Wechselstrommotoren	429
	Die H-Brücke	430
	Der Motortreiber L298	432
	Verdrahtung und Software	434
	Motordrehzahl per Software ändern	438
11.4	Schrittmotoren	440
	Bipolare Ansteuerung	441
	UnipolareAnsteuerung	445
	Intelligente Schrittmotortreiber	447
11.5	Relais	451
	Relaistypen	451
12	Bussysteme	455
12.1	SPI	455
	SPI per raspi-config einrichten	456
	SPI manuell einrichten	457
	Das digitale Potenziometer	458
	Daten per SPI senden	459
	Daten per SPI lesen	463
	Der Analog-/Digitalwandler MCP3008	465
	Der Digital-/Analogwandler MCP4811	470
	SPI-Bauteile	475

12.2	I²C	476
	Der Portexpander MCP23017	477
12.3	UART	484
	UART aktivieren und säubern	484
	Zwei Raspberry Pi via UART verbinden	485
	Minicom	485
	UART in Python	487
	Wichtige pySerial-Funktionen	489
12.4	Der Audiobus I²S	489
	I ² S beim Modell B+	491
12.5	1-Wire	491
13	Sensoreini	493
13.1	PIR-Bewegungssensor	493
	Hardware	493
	Programmierung	495
13.2	Ultraschallsensor	497
	Hardware	497
	Programmierung	498
13.3	Wasserstandssensor	500
13.4	Temperatursensoren	501
	Temperatursensor DS1820	501
	Temperatur-und Luftfeuchtigkeitssensor DHT22/AM2302	503
13.5	Fotowiderstand	506
13.6	Wiulti-Analogsensor-Board PCF8591	508
13.7	Raspberry Pi Camera Board und PiNoIR	511
	Anschluss	512
	raspistill und raspivid	514
	Kamerasteuerung durch Python	516
	Videos und Bilder am Raspberry Pi anzeigen	517
	Videostreams und Online-Zugriff	519
	VLC-Livestream	520
	FTP-Upload	521
	PiNoIR	522
	Infrarot-Scheinwerfer für die PiNoIR	522

13.8	Reed-Kontakt	524
13.9	Hardware Real Time Clock	526
13.10	IR-Empfänger	530
13.11	Leitfaden für fremde Sensoren	532
14	Erweiterungsboards	535
14.1	OasCertboard	536
	Inbetriebnahme	537
	Die drei Taster	538
	Digitale Ein- und Ausgänge und Leuchtdioden	541
	Der Open-Collector-Treiber	543
	Der Motortreiber	544
	Der Analog/Digital-Wandler	547
	Der Digital/Analog-Wandler	549
14.2	Der ATmega auf dem Certboard	551
	Hello World!	552
	avrdude	553
	Die Arduino-IDE	554
14.3	RasPiComm	557
	Der Joystick und die 5-V-Ausgänge	558
	Die Echtzeituhr	559
	Die Schnittstellen	559
14.4	PiFace Digital	560
	Der PiFace-Emulator	561
	Die PiFace-Bibliothek	562
	Interrupts und Events in der PiFace-Bibliothek	563
	PiFace Rack und die Jumper	564
14.5	Quick2Wire Interface Board	565
	Anschlüsse	567
	Das Quick2Wire-Port-Expander-Board	568
14.6	Unterbrechungsfreie Stromversorgung mit PIUSV	569
	Inbetriebnahme	569
	Konfiguration und Steuerung	571

14.7	Andere Erweiterungen im Überblick	572
	Alamode	573
	BrickPi	574
	CrovePi	576
15	Displays	579
15.1	16x2-LC-Display	579
	Pin-Belegung	580
	Programmierung	581
15.2	RaspiLCD	584
	Der Anschluss an den Raspberry Pi	584
	Die Ansteuerung mit Python	586
	Funktionsübersicht	590
15.3	PiTFT – Der Touchscreen für den Raspberry Pi	591
	Der Zusammenbau	592
	Die Einrichtung unter Raspbian	593
	Schnellkalibrierung	596
	Genaue Kalibrierung des Touchscreens	597
	Die Konsole auf dem PiTFT	600
	Weiterführende Links	601
15.4	Kfz-Rückfahrmonitore	602
	Darstellung optimieren	604
15.5	LS-7T – Der Plug-and-Play-Touchscreen	606
	Der Anschluss	608
	Bildausschnitt anpassen	608
	Die Kalibrierung des Touchscreens	608
15.6	Weitere Display-Boards	610
	C-Berry	610
	RPi-Display von Watterott	610
	SainSmart Mini TFT Display	611
	HDMIPi	611
	Displays für den DSI-Anschluss	612

TEIL IV Programmierung

16	Python kennenlernen	615
16.1	Python ausprobieren	616
	Python in einem Terminalfenster ausführen	616
	IDLE	617
16.2	Python-Konzepte interaktiv kennenlernen	618
	Zahlen	619
	Zeichenketten	621
	Listen	623
	Tupel (Sequenzen)	625
	Sets (Mengen)	626
	Dictionaries (Assoziative Arrays)	627
16.3	Hello World!	628
	Texteditoren	629
	»Hello World« mit LeafPad verfassen und ausprobieren	629
	»Hello World« in IDLE3 verfassen und ausprobieren	632
	Noch ein Einführungsbeispiel	633
17	Python-Grundlagen	635
17.1	Elementare Syntaxregeln	635
	Anweisungen	635
	Blockelemente	636
	print	637
	print in Python 2	638
	input	638
	Module und »import«	639
	Kommentare	640
	Eingebaute Hilfe	640
17.2	Variablen und Objekte	641
	Variablen	642
	Mutable oder immutable	643
	Veränderliche Daten kopieren	644
	Datentypen	645

Typumwandlung	646
Variablen und Daten vergleichen	647
Gültigkeit von Variablen	648
Garbage Collection	649
Shared References	650
17.3 Operatoren	651
Zuweisungen	653
Extended Sequence Unpacking	654
17.4 Verzweigungen (if)	654
if-Verzweigungen	654
Bedingungen	655
if-Kurzschreibweise	655
17.5 Schleifen (for und while)	656
Schleifen über Zahlenbereiche (ränge)	657
Schleifen über die Zeichen einer Zeichenkette	658
Schleifen über Listen, Tupel und Sets	658
Schleifen über Dictionaries	659
Schleifen über alle Script-Parameter	660
Schleifen über die Zeilen einer Textdatei	661
Schleifen über alle Dateien eines Verzeichnisses	661
17.6 Zeichenketten	662
Unicode	664
raw-Zeichenketten	664
String-Konvertierung und -Formatierung	664
Reguläre Ausdrücke	667
17.7 Listen	668
map	669
reduce	670
filter	671
zip	671
17.8 Umgang mit Fehlern (Exceptions)	672
try/except	672
Fehler in Funktionen und Methoden	674
with/as	675
Selbst Exceptions auslösen	676
Programmunterbrechungen abfangen	677

17.9 Funktionen	678
Eigene Funktionen definieren	678
Lokale und globale Variablen	680
Funktionsparameter	682
Optionale Parameter	683
Variable Parameteranzahl	684
Lambda-Funktionen	685
Funktionales Programmieren	687
17.10 Objektorientiertes Programmieren	688
Eigene Klassen definieren	689
Methoden	690
Konstruktor	691
Klassenvariablen und Namensräume	692
Private Klassenvariablen	694
Getter- und Setter-Methoden	694
OperatorOverloading	695
Beispiel: Rechteck-Klasse	695
Vererbung	697
Klassen, Objekte und Instanzen	698
17.11 Systemfunktionen	700
Zugriff auf die Programmparameter	700
Zugriff auf Standardeingabe und Standardausgabe	701
Modul-Metainformationen ermitteln	701
Programm beenden	701
Andere Programme bzw. Kommandos aufrufen	702
Warten (sleep)	703
18 Programmieren mit Python	705
18.1 Programmieren lernen	705
Beispiel 1: Die Summe der Zahlen von 1 bis 1000 ausrechnen	706
Beispiel 2: Die Fakultäten von 1! bis 40! ausrechnen	707
Beispiel 3: Palindromtest	709
18.2 GPIO-Zugriff	710
GPIO-Pins lesen und verändern	710
Taster und Schalter	713
Software-PWM	715

18.3	Kamera	716
	Fotos aufnehmen	716
	Videosaufnahmen	718
	Kameraparameter steuern	719
18.4	Dateien bei Dropbox hochladen	720
18.5	E-Mails versenden	721
	Eine E-Mail mit Bitmap versenden	722
	Eine Aufnahme der Raspberry-Pi-Kamera versenden	723
18.6	Textdateien lesen und schreiben	724
	CSV-Dateien	725
	Messdaten verarbeiten	727
18.7	Crafiikprogrammierung	729
	pygame und Python 3	729
	Hello World!	730
	pygame-Zeichenmethoden	731
	Bilder speichern	733
	Grafikspielereien	734
	Temperaturkurve zeichnen	738
18.8	Grafische Benutzeroberflächen mit tkinter	740
	Steuerelemente anordnen	742
	Ereignisverarbeitung	746
	Aufräumarbeiten beim Programmende	747
	LED ein- und ausschalten	748
	Helligkeit einer Leuchtdiode mit PWM steuern	750
	Tastenzustand anzeigen	751
19	basfo-IProgrammieirwinig	755
19.1	Einführung	755
	Hello World!	755
	Noch ein Beispiel	755
	Elementare Syntaxregeln	756
	Kommandos aufrufen	757
	In andere Scripts verzweigen	758
	bash oder Python?	758

19.2 Variablen	759
Variablen mit read einlesen	760
Umgebungsvariablen	761
Vordefinierte bash-Variablen	761
Felder	762
Parametersubstitution	762
Zeichenketten bzw. Aufzählungen bilden	764
19.3 Schleifen, Bedingungen und Funktionen	764
if-Verzweigungen	765
test	767
case	768
for	769
while und until	770
break und continue	772
function	772
Umgang mit Fehlern	773
exit	774
Reaktion auf Signale (trap)	774
19.4 WiringPi	775
gpio-Kommando	776
LED ein-und ausschalten	778
LED-Helligkeit steuern (PWM)	779
LED-Temperatur-Ampel	779
20 C-Programmierung	783
20.1 Hello World!	783
DerGNU-C-Compiler	783
make	784
20.2 GPIOs steuern	787
GPIO-Steuerung mit der WiringPi-Bibliothek	787
GPIO-Steuerung mit der bcm2835-Bibliothek	789
21 Java-Programmierung	791
21.1 ErsteSchritte	791
Hello World!	791
Java 8	792