

PC-Netzwerke

Das umfassende Handbuch

DAS INHALTS- VERZEICHNIS

» Hier geht's
direkt
zum Buch

Inhalt

Vorwort	33
1 Einleitung	35
<hr/>	
1.1 Aufbau des Buches	35
1.2 Formatierungen und Auszeichnungen	36
1.3 Listings	38
1.4 Das Material zum Buch	38
2 Schnelleinstieg: für Praktiker	41
<hr/>	
2.1 Planung: Welche Komponenten benötigen Sie?	41
2.2 Kabel – wenn ja, welches?	42
2.2.1 Twisted Pair	42
2.2.2 Wireless LAN	43
2.2.3 Powerline mit HomePlug	44
2.3 Beispiel: Familie Müller	44
2.4 Einkaufen	46
2.5 Multifunktionsgeräte	47
2.6 Hardware ein- und aufbauen	47
2.6.1 PCI-/PCIe-Netzwerkkarten	48
2.6.2 PC-Card	48
2.6.3 USB-Adapter	48
2.6.4 WLAN-Karten	48
2.6.5 LAN-Verschaltung	48
2.7 IP konfigurieren	49
2.8 Funktionstest	50

TEIL I Netzwerk-Grundwissen

3 Grundlagen der Kommunikation 53

3.1	Kommunikation im Alltag	53
3.2	Kommunikation zwischen Computern	54
3.3	Was ist nun ein Netzwerk?	55

4 Netzwerktopologien 57

4.1	Bustopologie	57
4.2	Ringtopologie	58
4.3	Sterntopologie	59

5 Kommunikationsmodelle 61

5.1	DoD-Modell	62
5.2	ISO/OSI-Modell	63
5.3	Ablauf der Kommunikation	64

TEIL II Lokale Netze

6 Ethernet 71

6.1	Ursprung von Ethernet	71
6.2	Fast Ethernet	73
6.3	Gigabit-Ethernet	74
6.4	NBase-T	75
6.5	IEEE 802.3ae – 10GBASE	75
6.6	IEEE 802.3an – 10GBASE-T	76
6.7	IEEE 802.3ba/j/m – 40- und 100-Gigabit-Ethernet	76
6.8	IEEE 802.3bs – 200- und 400-Gigabit-Ethernet	77

6.9	Hub	77
6.10	Switch	78
6.10.1	Ethernet Broadcast	80
6.10.2	Ethernet-Multicast	80
6.10.3	Ausblick	81
6.11	Virtual LAN	82
6.11.1	Portbasierte VLANs	82
6.11.2	Tagged VLANs	83
6.12	Das Ethernet-Datagramm	83
7	Wireless LAN	85

7.1	IEEE 802.11	86
7.2	IEEE 802.11b	90
7.3	IEEE 802.11a/h	91
7.4	IEEE 802.11g	91
7.5	IEEE 802.11n – WiFi 4	92
7.6	IEEE 802.11ac – WiFi 5	92
7.7	IEEE 802.11ax – WiFi 6	93
7.8	IEEE 802.11be – WiFi 7	93
7.9	IEEE 802.11ad	94
7.10	IEEE 802.11ay	94
7.11	IEEE 802.11e	94
7.12	Wi-Fi Alliance	95
7.13	Beschleunigertechniken	95
7.13.1	Channel Bonding	96
7.13.2	Frame Bursting	97
7.13.3	Frame Aggregation	97
7.13.4	Beamforming	97
7.13.5	Multiple Input, Multiple Output	98
7.13.6	Multi-User MIMO	99
7.13.7	Quadratur-Amplituden-Modulation	99

7.14	Kanalwahl	100
7.14.1	2,4-GHz-Band	100
7.14.2	5-GHz-Band	102
7.15	Sendeleistung	104
7.16	Antennenausrichtung und Position	105
7.17	Sicherheit von WLANs	105
7.18	Hot Spots	106
7.18.1	FON	106
7.18.2	Freifunk	106
7.19	WLAN-Direktverbindungen	108
7.20	WLAN-Mesh	108
7.21	Abgrenzung zu anderer drahtloser Kommunikation	111
7.21.1	Bluetooth	111
7.21.2	Near-Field Communication	112
7.21.3	Long Range Wide Area Network	114
7.22	Ausblick	114

8 Netzwerk ohne neue Kabel 117

8.1	Daten über Stromkabel	117
8.1.1	HomePlug 1.0	119
8.1.2	HomePlug AV	119
8.1.3	HomePlug AV2	119
8.1.4	HomePlug GreenPHY	120
8.1.5	HomeGrid	120
8.2	Powerline Telecommunication	120
8.3	Sicherheit	121

9 Glasfasertechnik 123

9.1	Kabel	124
9.2	Stecker	125
9.3	SFP-Module	127

TEIL III Weitverkehrsnetze

10 Kabelinternetzugang 131

10.1 Aufbau 132

10.2 Marktsituation 133

11 DSL 135

11.1 ADSL 135

11.2 SDSL 137

11.3 VDSL 138

11.4 VDSL2 139

11.5 VDSL2-Vectoring 139

11.6 Supervectoring 140

11.7 G.fast 140

11.8 TV über das Telefonkabel 141

12 Fibre-Internet 143

TEIL IV Höhere Protokollschichten

13 Kabelloser Internetzugang 147

13.1 Vertragsarten und Anwendung 148

13.2 Verbindungsaufbau mit MWconn und ixconn 148

13.3 Verbindungsaufbau mit Huawei HiLink 149

13.4 Messen der Signalstärke 150

13.5 Signalverstärkung 152

13.6 GPRS 154

13.7 EDGE 155

13.8 UMTS	155
13.9 LTE	156
13.10 5G	161
13.11 WiMAX	162

14 Das Internetprotokoll 165

14.1 IP-Broadcast	169
14.2 IPv4-Multicast	170
14.3 Routing	172
14.4 Private IP-Adressen	175
14.5 Network Address Translation	176
14.6 Carrier-grade NAT	178
14.7 IP-Version 6	178
14.7.1 IPv6-Adressen	179
14.7.2 Privacy Extension	180
14.7.3 IPv6-Multicast	180
14.7.4 Migration	181
14.7.5 Dual Stack	182
14.7.6 DS-Lite	182
14.8 IPv6 ausprobieren	183
14.8.1 IPv6-Tunnel mit Endpunkt FRITZ!Box	183
14.8.2 Das Firefox-Add-on »IP Address and Domain Information«	184
14.9 IPv6-only	185
14.10 Das IPv4-Datagramm	185
14.11 Das IPv6-Datagramm	187

15	Address Resolution Protocol und Neighbor Discovery Protocol	191
<hr/>		
15.1	Address Resolution Protocol	191
15.2	Neighbor Discovery Protocol	192
15.3	Das ARP-Datagramm	193
15.4	Das NDP-Datagramm	194
16	Internet Control Message Protocol	195
<hr/>		
16.1	Paketlaufzeiten	195
16.2	Das ICMP-Datagramm	196
16.3	Das ICMPv6-Datagramm	197
17	Transmission Control Protocol	199
<hr/>		
17.1	Der Ablauf einer TCP-Verbindung	199
17.2	Multipath-TCP	202
17.3	Das TCP-Datagramm	203
18	User Datagram Protocol	207
<hr/>		
18.1	Der Ablauf einer UDP-Verbindung	207
18.2	Das UDP-Datagramm	207

19 DHCP 209

19.1 Die einzelnen Pakete 210

19.2 Der DHCP-Ablauf 212

 19.2.1 Initialisierung 212

 19.2.2 Gebundenheit 213

 19.2.3 Erneuerung 213

19.3 IPv6-Konfiguration 214

 19.3.1 IPv6-Autokonfiguration mit SLAAC 214

 19.3.2 DHCPv6 215

19.4 Das DHCP-Datagramm 217

19.5 Das DHCPv6-Datagramm 219

20 Namensauflösung 221

20.1 Die »hosts«-Datei 221

20.2 NetBIOS 222

20.3 WINS 222

20.4 DNS 222

 20.4.1 Resource Records 224

 20.4.2 DNS als Filter 225

 20.4.3 DNS und Datenschutz 226

 20.4.4 DNSSEC 227

 20.4.5 DNS over TLS/HTTPS 227

20.5 Multicast DNS 227

20.6 LLMNR 228

20.7 systemd-resolved 228

21 Simple Network Management Protocol (SNMP) 229

TEIL V Praxiswissen

22 Service Discovery 233

22.1	Universal Plug and Play	233
22.2	Zeroconf	234
22.2.1	Windows	235
22.2.2	macOS	236
22.2.3	Avahi unter Linux	237

23 Netzwerkkabel 239

23.1	Kategorien	239
23.2	Linkklassen	240
23.3	Schirmung	241
23.4	Netzwerkstecker anbringen	244
23.5	Kabeltest	247
23.6	Patchpanel und Netzwerkdosen anschließen	248
23.7	Cross-Kabel	250

24 Netzwerkkarten 251

24.1	Kaufhilfe für kabelgebundene Netzwerkkarten	251
24.2	PCI-Express-Netzwerkkarten	252
24.3	PCI Express Mini Card	253
24.4	Next Generation Form Factor oder M.2	254
24.5	PC-Card/Cardbus/ExpressCard	254
24.6	USB-Adapter	254
24.7	WLAN-Netzwerkkarten	256
24.8	Sonderfunktionen	257
24.8.1	Half-/Fullduplex	257
24.8.2	Autonegotiation	257
24.8.3	Autosensing	257

24.8.4	Trunking	258
24.8.5	Wake-on-LAN	258
24.8.6	Auto MDI-X	258

25 Switches 259

25.1	Einsteiger: Mini-Switches	259
25.2	Webmanaged Switches	261
25.3	Fachbegriffe für den Switch-Kauf	263
25.3.1	Fazit und Empfehlung	265
25.4	Ein eigenes VLAN und WLAN für Gäste	265

26 Windows einrichten 269

26.1	Windows-Versionen und -Editionen	269
26.1.1	Windows 11	269
26.1.2	Windows 10	270
26.1.3	Windows 8	273
26.2	Hardwareerkennung	274
26.3	IPv4-Konfiguration	274
26.4	IPv6-Konfiguration	278
26.5	Windows-Firewall	280
26.6	Jugendschutz	283
26.7	File History	285
26.7.1	Ein Laufwerk auswählen	286
26.7.2	Erweiterte Einstellungen	286
26.7.3	Restore	287
26.8	Windows Defender	288
26.9	Microsoft-Konto	289
26.10	Einstellungen synchronisieren	289
26.11	Bildcode	291
26.12	Client HyperV	291

26.13 Netzwerk- und Freigabecenter	292
26.13.1 Öffentliches oder privates Netzwerk	293
26.13.2 Netzwerkerkennung und Freigabeoptionen	294
26.13.3 Dateifreigaben einrichten	295
26.13.4 Öffentlicher Ordner	296
26.13.5 Netzlaufwerke	297
26.13.6 Druckerfreigabe	298
26.13.7 Medienstreaming	299
26.13.8 Versteckte Freigabe	299
26.13.9 Häufige Probleme	299
26.14 Microsoft-Konto verknüpfen	300
26.15 Windows in verschiedenen Netzwerken	300
26.16 Microsoft Edge	301
26.17 Windows-Subsystem für Linux	302
26.18 Smartphone mit Windows verknüpfen	303

27 Linux einrichten 305

27.1 Dokumentation	306
27.2 Administration	307
27.3 Predictable Interface Names	308
27.4 Auswahl des Netzwerkmanagers	309
27.5 NetworkManager	310
27.6 Wicd	311
27.7 Das systemd-Projekt	311
27.7.1 systemd-networkd	311
27.7.2 Migration zum systemd-networkd	311
27.8 Netzwerkkarte unter SUSE einrichten	313
27.9 IPv4-Konfiguration	314
27.10 IPv6-Konfiguration	317
27.11 Firewalld	318
27.12 WLAN unter Linux	320
27.12.1 Flugzeugmodus mit RFkill	321
27.12.2 WLAN unter SUSE einrichten	321

28 macOS einrichten 323

28.1 Netzwerkumgebungen 323

28.2 Schnittstellen verwalten 325

28.3 Schnittstellen konfigurieren 326

28.4 WLAN-Karte konfigurieren 328

28.5 Die Firewalls von macOS 330

28.6 »networksetup« am Terminal 333

28.7 Freigaben für Windows unter macOS 334

 28.7.1 Ordner freigeben 334

 28.7.2 Freigabe aktivieren 335

29 Troubleshooting 337

29.1 Problemursachen finden 338

29.2 Fehlersuche Schritt für Schritt 340

 29.2.1 Kabel 341

 29.2.2 Netzwerkkartentreiber 342

 29.2.3 IP-Konfiguration 342

29.3 Checkliste 343

29.4 Windows-Bordmittel 345

 29.4.1 IP-Konfiguration auslesen 346

 29.4.2 MAC-Adressen und IP-Adressen 346

 29.4.3 DHCP erneuern 346

 29.4.4 »ping« 347

 29.4.5 »tracert« 348

 29.4.6 »route« 349

 29.4.7 TCP-/UDP-Verbindungen 351

 29.4.8 NetBIOS 352

 29.4.9 Der Windows-Ressourcenmonitor 352

 29.4.10 Network Diagnostics Framework 353

29.5 Linux-Bordmittel 354

 29.5.1 Ethernet-Konfiguration: »ethtool« 354

 29.5.2 IP-Konfiguration auslesen 355

 29.5.3 MAC-Adressen und IP-Adressen 357

29.5.4	»ping«	357
29.5.5	»bing«	359
29.5.6	»traceroute«	360
29.5.7	»ip route«	360
29.5.8	MTU: »tracpath«	362
29.5.9	TCP-/UDP-Verbindungen	362
29.5.10	Portscanner: »nmap«	362
29.6	Bordmittel von macOS	363
29.6.1	IP-Konfiguration auslesen	364
29.6.2	»ping« und »ping6«	365
29.6.3	»traceroute«	365
29.6.4	Routingtabelle mit »netstat« einsehen	366
29.6.5	TCP-/UDP-Verbindungen mit »netstat«	366
29.6.6	Portscan mit »stroke«	367
29.6.7	Drahtlose Netzwerke mit »airportd« überblicken	368
29.6.8	Geschwindigkeiten mit »networkQuality« ermitteln	368
30	Zusatzprogramme	369
30.1	Wireshark	369
30.1.1	Umgang mit Filtern	371
30.1.2	Auswertung des Mitschnittes	372
30.1.3	Paketmitschnitt am Router	373
30.1.4	Wireshark und Oracle VM VirtualBox	375
30.1.5	Beispiel: Mit Wireshark auf der Spur von IPv6	375
30.2	Zusatzprogramme für Windows	379
30.2.1	CurrPorts	379
30.2.2	WifiInfoView	380
30.2.3	Tftpd64	380
30.2.4	SlimFTPD	381
30.2.5	FileZilla	381
30.2.6	Microsoft Message Analyser	382
30.3	Zusatzprogramme für Linux	384
30.3.1	Performanceüberblick mit xosview	384
30.3.2	Pakete mitschneiden mit IPTraf	384

31	Netzwerkgeschwindigkeit ermitteln	387
<hr/>		
31.1	Performancemessung mit NetIO	389
31.1.1	Windows	389
31.1.2	Linux	391
31.2	Performancemessung mit iPerf	391
31.3	Intel NAS Performance Toolkit	392
32	Fernadministration und Zusammenarbeit	395
<hr/>		
32.1	Telnet	396
32.2	Secure Shell (SSH)	397
32.2.1	Passwortgeschützte Verbindung mit Serverschlüssel	398
32.2.2	Passphrasegeschützte Verbindung mit Clientschlüssel	399
32.2.3	SSH Single Sign-On	400
32.2.4	Erweiterte Konfiguration des Servers	402
32.2.5	SSH unter macOS nutzen	403
32.2.6	SSH-Client-App	404
32.3	X11, das grafische System unter Linux	404
32.3.1	X11-Client	405
32.3.2	X11-Server	405
32.3.3	Getunneltes X11	406
32.3.4	Xming, X11 für Windows	407
32.3.5	X11 unter macOS	407
32.4	Remotedesktop	408
32.4.1	RDP für Linux	410
32.4.2	Remotedesktop-Verbindung für macOS	410
32.5	Windows Admin Center	411
32.6	Windows-Remoteunterstützung Easy Connect	412
32.7	Quick Assist	416
32.8	TeamViewer	418

32.9 Virtual Network Computing (VNC)	419
32.9.1 VNC-Client und VNC-Server	419
32.9.2 Getunneltes VNC	421
32.9.3 Bildschirmfreigabe unter macOS	423
32.10 Zusammenarbeit im Internet – Kollaboration	426
32.10.1 WebEx und Apache OpenMeetings	426
32.10.2 Mikogo	428

33 Sicherheit und Datenschutz im LAN und im Internet 431

33.1 Mögliche Sicherheitsprobleme	433
33.1.1 Authentifizierung und Autorisierung	433
33.1.2 Datenintegrität	434
33.1.3 Schadprogramme	434
33.1.4 Sicherheitslücken	434
33.1.5 Exploit	435
33.1.6 Fallbeispiele	435
33.1.7 Der Hackerparagraph	436
33.2 Angriffsarten: Übersicht	437
33.3 ARP- und NDP-Missbrauch	438
33.4 Sicherheitslösungen im Überblick	440
33.4.1 Firewall	441
33.4.2 Virens Scanner	443
33.4.3 Network Intrusion Detection System	444
33.4.4 Unsichere Passwörter	445
33.4.5 Multi-Faktor-Authentifizierung	446

34 Programme zur Netzwerksicherheit 447

34.1 Firewalls für Windows	447
34.2 IPTables, Firewall für Linux	448
34.3 Firewalls testen	449

35	WLAN und Sicherheit	451
<hr/>		
35.1	WEP	452
35.2	WPA	452
35.3	WPA2	453
35.4	WPA3	453
35.5	Access List	454
35.6	Wi-Fi Protected Setup	454
35.7	WLAN-Konfiguration per QR-Code	455
35.8	WLAN-Sicherheit analysieren	457
36	Verschlüsselung	461
<hr/>		
36.1	Symmetrische Verschlüsselung	461
36.2	Asymmetrische Verschlüsselung	462
36.3	Hybride Verschlüsselung	462
36.4	Signaturen	463
36.5	(Un-)Sicherheitsfaktoren der Verschlüsselung	463
36.6	GNU Privacy Guard (GnuPG)	464
36.6.1	Schlüsselgenerierung	464
36.6.2	Export	466
36.6.3	Import	467
36.6.4	Überprüfung	467
36.6.5	Signierung	467
36.6.6	Verschlüsselung	468
36.6.7	Entschlüsselung	469
36.6.8	Vertrauen	469
36.6.9	Keyserver	470
36.6.10	Keysigning-Partys	471
36.6.11	KGpg	471
36.7	E-Mails mit Thunderbird und OpenPGP verschlüsseln	472
36.7.1	S/MIME, PGP/MIME und PGP/INLINE	474
36.7.2	Autocrypt und p=p	475
36.8	Volkverschlüsselung	476

36.9	GPGTools für macOS	477
36.10	Verschlüsselte Kommunikation mit Servern	479

37 Virtual Private Network 483

37.1	PPTP	483
37.2	L2TP	484
37.3	IPsec	484
37.4	SSL-VPN	486
37.5	WireGuard VPN	486
37.6	End-to-Site-VPN	488
37.7	Site-to-Site-VPN	489
37.8	VPN zwischen Netzwerken	490
37.9	FRITZ!Box-VPN	491

38 Internetzugang 493

38.1	Hardware-Router	493
38.1.1	Router für die Internetanbindung	494
38.1.2	Kriterien für den Routerkauf	495
38.1.3	Stand der Dinge	497
38.1.4	Mobiler Internetzugang	498
38.1.5	Hybridrouter	499
38.1.6	FRITZ!Box hinter dem Hybridrouter	500
38.1.7	Alternative Firmware	501
38.2	OpenWrt – ein freies Betriebssystem für Router	502
38.2.1	Warum OpenWrt?	503
38.2.2	Los geht's	503
38.3	Proxy	504

39 DynDNS-Dienste 505

39.1 Anbieter 505

 39.1.1 Aktualisierung der IP-Adresse 505

 39.1.2 Router 506

 39.1.3 MyFRITZ! 507

 39.1.4 Software 507

 39.1.5 Update Clients für macOS 507

40 Netzwerkspeicher 509

40.1 EasyNAS, FreeNAS, OpenMediaVault und Co. 510

40.2 Router mit externer USB-Platte 510

 40.2.1 DSL-Router 511

40.3 Hardware-NAS 511

 40.3.1 Art und Anzahl der Festplatten 513

 40.3.2 Fallstricke bei der Auswahl 514

 40.3.3 Einbindung ins Netzwerk 516

41 Virtualisierung 519

41.1 Hardwarevoraussetzungen 520

41.2 Oracle VM VirtualBox 521

41.3 Virtuelle Netzwerke 523

41.4 VMware Workstation Player 524

41.5 Anpassungen des Gastbetriebssystems 525

41.6 Tuning 526

41.7 Windows Sandbox 526

42 Virtuelle Appliances 527

42.1 IP-Adressen der virtuellen Maschinen	527
42.2 Web Proxy Appliance	528
42.2.1 Einbinden der virtuellen Maschine	528
42.2.2 Den Proxy Squid verwenden	529
42.2.3 Proxy unter macOS konfigurieren	532
42.2.4 Webfilter	533
42.3 Incredible PBX Asterisk Appliance	535
42.3.1 Einbinden der virtuellen Maschine	535
42.3.2 Incredible PBX konfigurieren	535
42.3.3 Telefone konfigurieren	537
42.3.4 SIP-Provider konfigurieren	539

43 siegfried6 – ein vielseitiger Server 541

43.1 Motivation – oder: Warum ausgerechnet Linux?	541
43.2 Aufgaben Ihres Netzwerkservers	543
43.3 Einbinden der virtuellen Maschine	544
43.4 Das B-Tree-Dateisystem	544
43.5 Webmin	546
43.6 DHCP-Server	546
43.7 Samba als Fileserver	551
43.7.1 Samba-Benutzer	552
43.7.2 Freigaben	554
43.7.3 Linux-Rechte	556
43.7.4 Samba-Berechtigungen	557
43.8 Windows als Client	558
43.8.1 Einfacher Zugriff	558
43.8.2 Netzlaufwerke	558
43.9 Linux als Client	559
43.9.1 Dolphin	559
43.9.2 Samba-Filesystem	560
43.10 macOS als Client	562
43.11 Windows und macOS als Server	563

43.12 Drucken im Netzwerk	564
43.12.1 Drucker am Server einrichten	564
43.12.2 PDF-Drucker	566
43.13 Netzwerkdrucker am Client einrichten	567
43.13.1 Windows	567
43.13.2 Linux	567
43.13.3 macOS	567
43.13.4 Druckertreiber für den PDF-Drucker	568
43.14 Mailserver	568
43.14.1 Mails mit Postfix verschicken	569
43.14.2 Mails mit Postfix empfangen	571
43.14.3 Test des SMTP-Servers	571
43.14.4 Maildir-Format	572
43.14.5 Mails mit Postfix über einen Provider verschicken	573
43.14.6 Authentifizierung	574
43.15 Postfachinhalte aus dem Internet holen	575
43.15.1 »fetchmailrc«	576
43.15.2 Konfiguration	576
43.15.3 Zugriffstest	577
43.16 Regelmäßiges Abholen der Post	578
43.16.1 Automatisches Abholen	578
43.16.2 Automatischer Start von Fetchmail	578
43.16.3 Regelmäßiges Abholen per Cronjob	578
43.17 IMAP-Server für Clients im LAN vorbereiten	579
43.18 IMAP-Clients im LAN an den Server anbinden	581
43.18.1 Mozilla Thunderbird	581
43.18.2 Apple Mail	581
43.19 Shared Folders	582
43.20 Time-Server	583
43.20.1 Zeitserver aufsetzen	584
43.20.2 Linux-Client an den Zeitserver anbinden	586
43.20.3 systemd-timesyncd	586
43.20.4 Windows-Client an den Zeitserver anbinden	587
43.20.5 macOS-Client an den Zeitserver anbinden	587
43.20.6 Systemzeit virtueller Maschinen	587

44 Containertechnologie 589

44.1 Docker Client	590
44.2 Dockerfile	591
44.3 Docker Cloud	593
44.4 CI/CD	595

45 Netzwerkbackup 597

45.1 Wozu Backup?	597
45.1.1 Backup	598
45.1.2 Restore	599
45.1.3 Disaster Recovery	599
45.2 Clonezilla	599
45.2.1 Backup mit Clonezilla	600
45.2.2 Restore mit Clonezilla	601
45.3 Windows-Bordmittel	601
45.3.1 Robocopy	601
45.3.2 SyncToy	603
45.3.3 Offlinedateien	603
45.3.4 Systemabbild	604
45.3.5 Windows File History	605
45.4 Linux »rsync«	605
45.5 macOS Time Machine	605
45.6 Cloud-Backup	608
45.6.1 Amazon S3	608
45.6.2 File History mit Synchronisation in die Cloud	609

46 Medienstreaming 611

46.1 Protokolle und Codecs	613
46.1.1 Audio-Codecs	614
46.1.2 Video-Codecs	615
46.1.3 Streamingdienste	616

46.2	Streaminghardware	616
46.2.1	Netzwerkamera	616
46.2.2	Digitaler Bilderrahmen	617
46.2.3	Internetradio	617
46.2.4	TV Media Player	618
46.2.5	TV-Geräte	620
46.2.6	Sat-over-IP	621
46.2.7	Linux Receiver	621
46.2.8	Spielekonsolen	622
46.2.9	Smartphones	622
46.2.10	Router	622
46.2.11	NAS-Speicher	622
46.2.12	Raspberry Pi	622
46.3	Streamingsoftware	623
46.3.1	Betriebssysteme	623
46.3.2	Videostreaming mit dem VLC Media Player	624
46.3.3	Apps für mobile Endgeräte	627
46.4	Kodi Home Theater	627
46.4.1	Internetdienste einbinden	629
46.4.2	Mobilgeräte als Fernsteuerung	630
46.4.3	Medienverwaltung	631
46.5	Plex	631

47 Voice over IP 633

47.1	Grundlagen zu VoIP	635
47.1.1	Protokolle	635
47.1.2	ENUM	637
47.1.3	Audio-Codex	639
47.2	Voraussetzungen für VoIP im Netzwerk	640
47.2.1	Quality of Service	641
47.2.2	NAT und Firewall	642
47.3	HD Voice	645
47.4	VoLTE	646
47.5	WiFi calling	646
47.6	SIP-Provider im Internet	646

47.7	Softphones	648
47.7.1	Skype: Einfacher geht es nicht	648
47.7.2	PhonerLite	648
47.8	VoIP-Hardware	650
47.8.1	FRITZ!Box Fon	650
47.8.2	IP-Telefon	652
47.8.3	TK-Anlagen	654
47.9	Headsets	654
47.9.1	USB	654
47.9.2	Bluetooth	655
47.9.3	DECT	656

48 Cloud-Computing 657

48.1	Infrastrukturen	658
48.1.1	Public Cloud	658
48.1.2	Private Cloud	658
48.1.3	Hybrid Cloud	658
48.2	Everything as a Service	658
48.2.1	Infrastructure as a Service	659
48.2.2	Platform as a Service	659
48.2.3	Software as a Service	659
48.3	Beispiele aus der Cloud	660
48.3.1	Microsoft Office Online und Microsoft 365	660
48.3.2	Microsoft OneDrive	661
48.3.3	Amazon S3	662
48.3.4	Dropbox	662
48.3.5	Google Drive	662
48.3.6	Amazon EC2	663
48.3.7	QNAP MyCloudNAS	664
48.3.8	Apple iCloud	664
48.3.9	Der Passwort-Safe KeePass	666
48.3.10	Drucker in der Cloud	667
48.3.11	IFTTT	668
48.3.12	Projektmanagement	668
48.4	Windows Cloud Clipboard	669

49	Hausautomation	671
49.1	Kabel und Funk im Vergleich	674
49.2	Sensoren und Aktoren	677
49.3	Zentrale oder dezentrale Steuerung?	678
50	FHEM-Steuerzentrale	681
50.1	FHEM auf dem Raspberry Pi installieren	681
50.2	Zugriff auf FHEM	682
50.3	Erste Schritte in FHEM	683
50.3.1	Internals	684
50.3.2	Readings	684
50.3.3	Attribute	684
50.4	Das CUL flashen und einbinden	685
50.5	Die grundlegende Konfiguration des CUL	687
50.6	Ein HomeMatic-Funkmodul für den Raspberry Pi	687
50.7	Weitere FHEM-Module	687
50.7.1	Aktuelle Wetterdaten	688
50.7.2	FRITZ!DECT-Steckdosen	690
50.7.3	Kodi Media Center	691
50.7.4	FHEM verschickt Benachrichtigungen	692
50.8	Zugriff auf FHEM mit Apps	693
50.9	Zugriff auf FHEM aus dem Internet	694
50.9.1	Ein neues FHEMWEB	694
50.9.2	Reverse Proxy	695
50.10	Einen Sprachassistenten einbinden	696
51	Eine FS20-Hausautomation mit FHEM	699
51.1	Kommunikation im FS20-Netzwerk	699
51.1.1	Der Hauscode	700
51.1.2	Der Gerätecode	700

51.1.3	Die Funktionsgruppe	700
51.1.4	Die lokale und globale Master-Adresse	702
51.2	Eine Zeitsteuerung für die Markise	703
51.3	Der Dimmer der Terrassenüberdachung	704
51.4	Sensoren anlernen	706

52 Eine HomeMatic-Hausautomation mit FHEM 709

52.1	Funkschnittstelle	709
52.2	Kommunikation im HomeMatic-Netzwerk	711
52.2.1	VCCU	711
52.2.2	Pairing von Komponenten	713
52.2.3	Peering von Komponenten	713
52.3	Steuern des Garagentorantriebes	714
52.4	Relais zum Brandmelder	714
52.5	Firmware	715
52.6	Sicherheit	715

53 Selbstgebaute Geräte mit dem ESP8266 717

53.1	Hardware	717
53.1.1	ESP-01	717
53.1.2	D1 Mini	719
53.1.3	Sensoren	720
53.2	Firmware flashen	721
53.2.1	Windows	722
53.2.2	Linux	722
53.2.3	macOS	723
53.3	Tasmota für WLAN konfigurieren	723
53.4	FHEM als MQTT Broker	724
53.5	MH-RD	724
53.6	DHT22	726
53.7	Tasmota als MQTT Publisher	727

53.8	Überwachung der Sensoren	728
53.9	Taupunktberechnung mit Dewpoint	729
53.10	Plot erzeugen	729

54 Raspberry Pi 731

54.1	Hardware im Vergleich	731
54.2	LAN-Performance in der Praxis	733
54.3	Stromversorgung	733
54.4	Firmwareeinstellungen	734
54.5	Auswahl des Betriebssystems für den Raspberry Pi	735
54.6	Eine bootfähige SD-Karte erstellen	736
54.7	Erste Schritte mit Raspberry Pi OS	737
54.7.1	IP-Konfiguration	738
54.7.2	WLAN-Konfiguration	739

55 Projekte mit dem Raspberry Pi 741

55.1	Raspberry Pi als Media Center	741
55.1.1	Raspberry Pi OS, OSMC, XBian oder LibreELEC?	742
55.1.2	Aufbau der Hardware	742
55.1.3	Erste Schritte mit LibreELEC	743
55.1.4	Zusätzliche Video-Codecs	745
55.2	Ihr eigener Router für unterwegs	746
55.2.1	Eine Bridge zwischen LAN und WLAN	746
55.2.2	Der Raspberry Pi als Access Point	747
55.2.3	Einrichten des Modems	748
55.2.4	Aufbau der Verbindung	749
55.2.5	Firewall und NAT	750
55.2.6	DHCP	751
55.2.7	Signalstärke	752
55.3	Der Raspberry-Pi-Radiowecker	752
55.3.1	Voraussetzungen	752
55.3.2	Music Player Daemon	754

55.3.3	Eine Fernbedienung für das Radio	755
55.3.4	Das Radio als Wecker nutzen	757
55.3.5	Alternative Fernbedienungen	760
55.4	Raspberry NAS	760
55.4.1	Hardware	761
55.4.2	Installation	761
55.4.3	Speicherplatzverwaltung	761
55.4.4	Netzwerkfreigaben	762
55.4.5	Backupsteuerung mit FHEM	763
55.5	Pi-hole als schwarzes Loch für Werbung	764
55.5.1	Installation	764
55.5.2	Konfiguration	765
55.5.3	Update	766
55.5.4	unbound als rekursiver DNS	766

Anhang

A	Linux-Werkzeuge	767
A.1	Vorbemerkung	767
A.2	Grundbefehle	768
A.3	Der Editor vi	778
A.4	Shell-Skripte	781
B	Glossar	783
Index	805