

# Auf einen Blick

## TEIL I

Netzwerk-Grundwissen .....	51
----------------------------	----

## TEIL II

Lokale Netze .....	69
--------------------	----

## TEIL III

Weitverkehrsnetze.....	129
------------------------	-----

## TEIL IV

Höhere Protokollschichten .....	145
---------------------------------	-----

## TEIL V

Praxiswissen .....	231
--------------------	-----

# Inhalt

Vorwort .....	33
---------------	----

## **1 Einleitung** 35

---

<b>1.1 Aufbau des Buches</b> .....	35
<b>1.2 Formatierungen und Auszeichnungen</b> .....	36
<b>1.3 Listings</b> .....	38
<b>1.4 Das Material zum Buch</b> .....	38

## **2 Schnelleinstieg: für Praktiker** 41

---

<b>2.1 Planung: Welche Komponenten benötigen Sie?</b> .....	41
<b>2.2 Kabel – wenn ja, welches?</b> .....	42
2.2.1 Twisted Pair .....	42
2.2.2 Wireless LAN .....	43
2.2.3 Powerline mit HomePlug .....	44
<b>2.3 Beispiel: Familie Müller</b> .....	44
<b>2.4 Einkaufen</b> .....	46
<b>2.5 Multifunktionsgeräte</b> .....	47
<b>2.6 Hardware ein- und aufbauen</b> .....	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
<b>2.7 IP konfigurieren</b> .....	49
<b>2.8 Funktionstest</b> .....	50

**TEIL I    Netzwerk-Grundwissen**

**3       Grundlagen der Kommunikation** 53

---

<b>3.1</b>	<b>Kommunikation im Alltag .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2</b>	<b>Kommunikation zwischen Computern .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3</b>	<b>Was ist nun ein Netzwerk? .....</b>	<b>55</b>

**4       Netzwerktopologien** 57

---

<b>4.1</b>	<b>Bustopologie .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Ringtopologie .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3</b>	<b>Sterntopologie .....</b>	<b>59</b>

**5       Kommunikationsmodelle** 61

---

<b>5.1</b>	<b>DoD-Modell .....</b>	<b>62</b>
<b>5.2</b>	<b>ISO/OSI-Modell .....</b>	<b>63</b>
<b>5.3</b>	<b>Ablauf der Kommunikation .....</b>	<b>64</b>

**TEIL II    Lokale Netze**

**6       Ethernet** 71

---

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

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

## **7 Wireless LAN** 85

---

<b>7.1</b>	<b>IEEE 802.11</b>	86
<b>7.2</b>	<b>IEEE 802.11b</b>	90
<b>7.3</b>	<b>IEEE 802.11a/h</b>	91
<b>7.4</b>	<b>IEEE 802.11g</b>	91
<b>7.5</b>	<b>IEEE 802.11n – WiFi 4</b>	92
<b>7.6</b>	<b>IEEE 802.11ac – WiFi 5</b>	92
<b>7.7</b>	<b>IEEE 802.11ax – WiFi 6</b>	93
<b>7.8</b>	<b>IEEE 802.11be – WiFi 7</b>	93
<b>7.9</b>	<b>IEEE 802.11ad</b>	94
<b>7.10</b>	<b>IEEE 802.11ay</b>	94
<b>7.11</b>	<b>IEEE 802.11e</b>	94
<b>7.12</b>	<b>Wi-Fi Alliance</b>	95
<b>7.13</b>	<b>Beschleunigertechniken</b>	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

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

## **8 Netzwerk ohne neue Kabel** 117

---

<b>8.1</b>	<b>Daten über Stromkabel</b>	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
<b>8.2</b>	<b>Powerline Telecommunication</b>	120
<b>8.3</b>	<b>Sicherheit</b>	121

## **9 Glasfasertechnik** 123

---

<b>9.1</b>	<b>Kabel</b>	124
<b>9.2</b>	<b>Stecker</b>	125
<b>9.3</b>	<b>SFP-Module</b>	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

<b>13.8</b>	<b>UMTS</b> .....	155
<b>13.9</b>	<b>LTE</b> .....	156
<b>13.10</b>	<b>5G</b> .....	161
<b>13.11</b>	<b>WiMAX</b> .....	162

## **14 Das Internetprotokoll** 165

---

<b>14.1</b>	<b>IP-Broadcast</b> .....	169
<b>14.2</b>	<b>IPv4-Multicast</b> .....	170
<b>14.3</b>	<b>Routing</b> .....	172
<b>14.4</b>	<b>Private IP-Adressen</b> .....	175
<b>14.5</b>	<b>Network Address Translation</b> .....	176
<b>14.6</b>	<b>Carrier-grade NAT</b> .....	178
<b>14.7</b>	<b>IP-Version 6</b> .....	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
<b>14.8</b>	<b>IPv6 ausprobieren</b> .....	183
14.8.1	IPv6-Tunnel mit Endpunkt FRITZ!Box .....	183
14.8.2	Das Firefox-Add-on »IP Address and Domain Information« .....	184
<b>14.9</b>	<b>IPv6-only</b> .....	185
<b>14.10</b>	<b>Das IPv4-Datagramm</b> .....	185
<b>14.11</b>	<b>Das IPv6-Datagramm</b> .....	187

## **15 Address Resolution Protocol und Neighbor Discovery Protocol** 191

---

<b>15.1</b>	<b>Address Resolution Protocol .....</b>	<b>191</b>
<b>15.2</b>	<b>Neighbor Discovery Protocol .....</b>	<b>192</b>
<b>15.3</b>	<b>Das ARP-Datagramm .....</b>	<b>193</b>
<b>15.4</b>	<b>Das NDP-Datagramm .....</b>	<b>194</b>

## **16 Internet Control Message Protocol** 195

---

<b>16.1</b>	<b>Paketlaufzeiten .....</b>	<b>195</b>
<b>16.2</b>	<b>Das ICMP-Datagramm .....</b>	<b>196</b>
<b>16.3</b>	<b>Das ICMPv6-Datagramm .....</b>	<b>197</b>

## **17 Transmission Control Protocol** 199

---

<b>17.1</b>	<b>Der Ablauf einer TCP-Verbindung .....</b>	<b>199</b>
<b>17.2</b>	<b>Multipath-TCP .....</b>	<b>202</b>
<b>17.3</b>	<b>Das TCP-Datagramm .....</b>	<b>203</b>

## **18 User Datagram Protocol** 207

---

<b>18.1</b>	<b>Der Ablauf einer UDP-Verbindung .....</b>	<b>207</b>
<b>18.2</b>	<b>Das UDP-Datagramm .....</b>	<b>207</b>



<b>19</b>	<b>DHCP</b>	209
<hr/>		
<b>19.1</b>	<b>Die einzelnen Pakete</b>	210
<b>19.2</b>	<b>Der DHCP-Ablauf</b>	212
19.2.1	Initialisierung	212
19.2.2	Gebundenheit	213
19.2.3	Erneuerung	213
<b>19.3</b>	<b>IPv6-Konfiguration</b>	214
19.3.1	IPv6-Autokonfiguration mit SLAAC	214
19.3.2	DHCPv6	215
<b>19.4</b>	<b>Das DHCP-Datagramm</b>	217
<b>19.5</b>	<b>Das DHCPv6-Datagramm</b>	219

<b>20</b>	<b>Namensauflösung</b>	221
<hr/>		

<b>20.1</b>	<b>Die »hosts«-Datei</b>	221
<b>20.2</b>	<b>NetBIOS</b>	222
<b>20.3</b>	<b>WINS</b>	222
<b>20.4</b>	<b>DNS</b>	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
<b>20.5</b>	<b>Multicast DNS</b>	227
<b>20.6</b>	<b>LLMNR</b>	228
<b>20.7</b>	<b>systemd-resolved</b>	228

<b>21</b>	<b>Simple Network Management Protocol (SNMP)</b>	229
<hr/>		

TEIL V   Praxiswissen

**22   Service Discovery** 233

---

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

**23   Netzwerkkabel** 239

---

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

**24   Netzwerkkarten** 251

---

<b>24.1</b>	<b>Kaufhilfe für kabelgebundene Netzwerkkarten</b>	251
<b>24.2</b>	<b>PCI-Express-Netzwerkkarten</b>	252
<b>24.3</b>	<b>PCI Express Mini Card</b>	253
<b>24.4</b>	<b>Next Generation Form Factor oder M.2</b>	254
<b>24.5</b>	<b>PC-Card/Cardbus/ExpressCard</b>	254
<b>24.6</b>	<b>USB-Adapter</b>	254
<b>24.7</b>	<b>WLAN-Netzwerkkarten</b>	256
<b>24.8</b>	<b>Sonderfunktionen</b>	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
<b>25</b>	<b>Switches</b> .....	<b>259</b>
<b>25.1</b>	<b>Einsteiger: Mini-Switches</b> .....	<b>259</b>
<b>25.2</b>	<b>Webmanaged Switches</b> .....	<b>261</b>
<b>25.3</b>	<b>Fachbegriffe für den Switch-Kauf</b> .....	<b>263</b>
25.3.1	Fazit und Empfehlung .....	265
<b>25.4</b>	<b>Ein eigenes VLAN und WLAN für Gäste</b> .....	<b>265</b>
<b>26</b>	<b>Windows einrichten</b> .....	<b>269</b>
<b>26.1</b>	<b>Windows-Versionen und -Editionen</b> .....	<b>269</b>
26.1.1	Windows 11 .....	269
26.1.2	Windows 10 .....	270
26.1.3	Windows 8 .....	273
<b>26.2</b>	<b>Hardwareerkennung</b> .....	<b>274</b>
<b>26.3</b>	<b>IPv4-Konfiguration</b> .....	<b>274</b>
<b>26.4</b>	<b>IPv6-Konfiguration</b> .....	<b>278</b>
<b>26.5</b>	<b>Windows-Firewall</b> .....	<b>280</b>
<b>26.6</b>	<b>Jugendschutz</b> .....	<b>283</b>
<b>26.7</b>	<b>File History</b> .....	<b>285</b>
26.7.1	Ein Laufwerk auswählen .....	286
26.7.2	Erweiterte Einstellungen .....	286
26.7.3	Restore .....	287
<b>26.8</b>	<b>Windows Defender</b> .....	<b>288</b>
<b>26.9</b>	<b>Microsoft-Konto</b> .....	<b>289</b>
<b>26.10</b>	<b>Einstellungen synchronisieren</b> .....	<b>289</b>
<b>26.11</b>	<b>Bildcode</b> .....	<b>291</b>
<b>26.12</b>	<b>Client HyperV</b> .....	<b>291</b>

<b>26.13 Netzwerk- und Freigabecenter</b>	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
<b>26.14 Microsoft-Konto verknüpfen</b>	300
<b>26.15 Windows in verschiedenen Netzwerken</b>	300
<b>26.16 Microsoft Edge</b>	301
<b>26.17 Windows-Subsystem für Linux</b>	302
<b>26.18 Smartphone mit Windows verknüpfen</b>	303

## **27 Linux einrichten** 305

---

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

<b>28</b>	<b>macOS einrichten</b>	323
<hr/>		
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
<b>29</b>	<b>Troubleshooting</b>	337
<hr/>		
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	»tracert« .....	360
29.5.7	»ip route« .....	360
29.5.8	MTU: »tracert« .....	362
29.5.9	TCP-/UDP-Verbindungen .....	362
29.5.10	Portscanner: »nmap« .....	362
<b>29.6</b>	<b>Bordmittel von macOS</b> .....	363
29.6.1	IP-Konfiguration auslesen .....	364
29.6.2	»ping« und »ping6« .....	365
29.6.3	»tracert« .....	365
29.6.4	Routingtabelle mit »netstat« einsehen .....	366
29.6.5	TCP-/UDP-Verbindungen mit »netstat« .....	366
29.6.6	Portscan mit »ss« .....	367
29.6.7	Drahtlose Netzwerke mit »airport« überblicken .....	368
29.6.8	Geschwindigkeiten mit »networkQuality« ermitteln .....	368
<b>30</b>	<b>Zusatzprogramme</b> .....	369
<b>30.1</b>	<b>Wireshark</b> .....	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
<b>30.2</b>	<b>Zusatzprogramme für Windows</b> .....	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
<b>30.3</b>	<b>Zusatzprogramme für Linux</b> .....	384
30.3.1	Performanceüberblick mit xosview .....	384
30.3.2	Pakete mitschneiden mit IPTraf .....	384

<b>31</b>	<b>Netzwerkgeschwindigkeit ermitteln</b>	387
<b>31.1</b>	<b>Performancemessung mit NetIO</b>	389
31.1.1	Windows	389
31.1.2	Linux	391
<b>31.2</b>	<b>Performancemessung mit iPerf</b>	391
<b>31.3</b>	<b>Intel NAS Performance Toolkit</b>	392
<b>32</b>	<b>Fernadministration und Zusammenarbeit</b>	395
<b>32.1</b>	<b>Telnet</b>	396
<b>32.2</b>	<b>Secure Shell (SSH)</b>	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
<b>32.3</b>	<b>X11, das grafische System unter Linux</b>	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
<b>32.4</b>	<b>Remotedesktop</b>	408
32.4.1	RDP für Linux	410
32.4.2	Remotedesktop-Verbindung für macOS	410
<b>32.5</b>	<b>Windows Admin Center</b>	411
<b>32.6</b>	<b>Windows-Remoteunterstützung Easy Connect</b>	412
<b>32.7</b>	<b>Quick Assist</b>	416
<b>32.8</b>	<b>TeamViewer</b>	418

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

## 33 Sicherheit und Datenschutz im LAN und im Internet 431

---

<b>33.1</b>	<b>Mögliche Sicherheitsprobleme</b>	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
<b>33.2</b>	<b>Angriffsarten: Übersicht</b>	437
<b>33.3</b>	<b>ARP- und NDP-Missbrauch</b>	438
<b>33.4</b>	<b>Sicherheitslösungen im Überblick</b>	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

---

<b>34.1</b>	<b>Firewalls für Windows</b>	447
<b>34.2</b>	<b>IPTables, Firewall für Linux</b>	448
<b>34.3</b>	<b>Firewalls testen</b>	449



<b>35</b>	<b>WLAN und Sicherheit</b>	451
<b>35.1</b>	<b>WEP</b>	452
<b>35.2</b>	<b>WPA</b>	452
<b>35.3</b>	<b>WPA2</b>	453
<b>35.4</b>	<b>WPA3</b>	453
<b>35.5</b>	<b>Access List</b>	454
<b>35.6</b>	<b>Wi-Fi Protected Setup</b>	454
<b>35.7</b>	<b>WLAN-Konfiguration per QR-Code</b>	455
<b>35.8</b>	<b>WLAN-Sicherheit analysieren</b>	457
<b>36</b>	<b>Verschlüsselung</b>	461
<b>36.1</b>	<b>Symmetrische Verschlüsselung</b>	461
<b>36.2</b>	<b>Asymmetrische Verschlüsselung</b>	462
<b>36.3</b>	<b>Hybride Verschlüsselung</b>	462
<b>36.4</b>	<b>Signaturen</b>	463
<b>36.5</b>	<b>(Un-)Sicherheitsfaktoren der Verschlüsselung</b>	463
<b>36.6</b>	<b>GNU Privacy Guard (GnuPG)</b>	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
<b>36.7</b>	<b>E-Mails mit Thunderbird und OpenPGP verschlüsseln</b>	472
36.7.1	S/MIME, PGP/MIME und PGP/INLINE	474
36.7.2	Autocrypt und p=	475
<b>36.8</b>	<b>Volksverschlüsselung</b>	476

<b>36.9</b>	<b>GPGTools für macOS .....</b>	<b>477</b>
<b>36.10</b>	<b>Verschlüsselte Kommunikation mit Servern .....</b>	<b>479</b>

**37**

**Virtual Private Network**

483

---

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

**38**

**Internetzugang**

493

---

<b>38.1</b>	<b>Hardware-Router .....</b>	<b>493</b>
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
<b>38.2</b>	<b>OpenWrt – ein freies Betriebssystem für Router .....</b>	<b>502</b>
38.2.1	Warum OpenWrt? .....	503
38.2.2	Los geht's .....	503
<b>38.3</b>	<b>Proxy .....</b>	<b>504</b>

## **39 DynDNS-Dienste** 505

---

<b>39.1 Anbieter</b> .....	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

---

<b>40.1 EasyNAS, FreeNAS, OpenMediaVault und Co.</b> .....	510
<b>40.2 Router mit externer USB-Platte</b> .....	510
40.2.1 DSL-Router .....	511
<b>40.3 Hardware-NAS</b> .....	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

---

<b>41.1 Hardwarevoraussetzungen</b> .....	520
<b>41.2 Oracle VM VirtualBox</b> .....	521
<b>41.3 Virtuelle Netzwerke</b> .....	523
<b>41.4 VMware Workstation Player</b> .....	524
<b>41.5 Anpassungen des Gastbetriebssystems</b> .....	525
<b>41.6 Tuning</b> .....	526
<b>41.7 Windows Sandbox</b> .....	526

<b>42</b>	<b>Virtuelle Appliances</b>	527
<b>42.1</b>	<b>IP-Adressen der virtuellen Maschinen</b>	527
<b>42.2</b>	<b>Web Proxy Appliance</b>	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
<b>42.3</b>	<b>Incredible PBX Asterisk Appliance</b>	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
<b>43</b>	<b>siegfried6 – ein vielseitiger Server</b>	541
<b>43.1</b>	<b>Motivation – oder: Warum ausgerechnet Linux?</b>	541
<b>43.2</b>	<b>Aufgaben Ihres Netzwerkservers</b>	543
<b>43.3</b>	<b>Einbinden der virtuellen Maschine</b>	544
<b>43.4</b>	<b>Das B-Tree-Dateisystem</b>	544
<b>43.5</b>	<b>Webmin</b>	546
<b>43.6</b>	<b>DHCP-Server</b>	546
<b>43.7</b>	<b>Samba als Fileserver</b>	551
43.7.1	Samba-Benutzer	552
43.7.2	Freigaben	554
43.7.3	Linux-Rechte	556
43.7.4	Samba-Berechtigungen	557
<b>43.8</b>	<b>Windows als Client</b>	558
43.8.1	Einfacher Zugriff	558
43.8.2	Netzlaufwerke	558
<b>43.9</b>	<b>Linux als Client</b>	559
43.9.1	Dolphin	559
43.9.2	Samba-Filesystem	560
<b>43.10</b>	<b>macOS als Client</b>	562
<b>43.11</b>	<b>Windows und macOS als Server</b>	563

<b>43.12 Drucken im Netzwerk .....</b>	<b>564</b>
43.12.1 Drucker am Server einrichten .....	564
43.12.2 PDF-Drucker .....	566
<b>43.13 Netzwerkdrucker am Client einrichten .....</b>	<b>567</b>
43.13.1 Windows .....	567
43.13.2 Linux .....	567
43.13.3 macOS .....	567
43.13.4 Druckertreiber für den PDF-Drucker .....	568
<b>43.14 Mailserver .....</b>	<b>568</b>
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
<b>43.15 Postfachinhalte aus dem Internet holen .....</b>	<b>575</b>
43.15.1 »fetchmailrc« .....	576
43.15.2 Konfiguration .....	576
43.15.3 Zugriffstest .....	577
<b>43.16 Regelmäßiges Abholen der Post .....</b>	<b>578</b>
43.16.1 Automatisches Abholen .....	578
43.16.2 Automatischer Start von Fetchmail .....	578
43.16.3 Regelmäßiges Abholen per Cronjob .....	578
<b>43.17 IMAP-Server für Clients im LAN vorbereiten .....</b>	<b>579</b>
<b>43.18 IMAP-Clients im LAN an den Server anbinden .....</b>	<b>581</b>
43.18.1 Mozilla Thunderbird .....	581
43.18.2 Apple Mail .....	581
<b>43.19 Shared Folders .....</b>	<b>582</b>
<b>43.20 Time-Server .....</b>	<b>583</b>
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

<b>46.2</b>	<b>Streaminghardware</b>	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
<b>46.3</b>	<b>Streamingsoftware</b>	623
46.3.1	Betriebssysteme	623
46.3.2	Videostreaming mit dem VLC Media Player	624
46.3.3	Apps für mobile Endgeräte	627
<b>46.4</b>	<b>Kodi Home Theater</b>	627
46.4.1	Internetdienste einbinden	629
46.4.2	Mobilgeräte als Fernsteuerung	630
46.4.3	Medienverwaltung	631
<b>46.5</b>	<b>Plex</b>	631

## **47 Voice over IP** 633

---

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



<b>49</b>	<b>Hausautomation</b>	671
<b>49.1</b>	<b>Kabel und Funk im Vergleich</b>	674
<b>49.2</b>	<b>Sensoren und Aktoren</b>	677
<b>49.3</b>	<b>Zentrale oder dezentrale Steuerung?</b>	678
<b>50</b>	<b>FHEM-Steuerzentrale</b>	681
<b>50.1</b>	<b>FHEM auf dem Raspberry Pi installieren</b>	681
<b>50.2</b>	<b>Zugriff auf FHEM</b>	682
<b>50.3</b>	<b>Erste Schritte in FHEM</b>	683
50.3.1	Internals	684
50.3.2	Readings	684
50.3.3	Attribute	684
<b>50.4</b>	<b>Das CUL flashen und einbinden</b>	685
<b>50.5</b>	<b>Die grundlegende Konfiguration des CUL</b>	687
<b>50.6</b>	<b>Ein HomeMatic-Funkmodul für den Raspberry Pi</b>	687
<b>50.7</b>	<b>Weitere FHEM-Module</b>	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
<b>50.8</b>	<b>Zugriff auf FHEM mit Apps</b>	693
<b>50.9</b>	<b>Zugriff auf FHEM aus dem Internet</b>	694
50.9.1	Ein neues FHEMWEB	694
50.9.2	Reverse Proxy	695
<b>50.10</b>	<b>Einen Sprachassistenten einbinden</b>	696
<b>51</b>	<b>Eine FS20-Hausautomation mit FHEM</b>	699
<b>51.1</b>	<b>Kommunikation im FS20-Netzwerk</b>	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
<b>51.2</b>	<b>Eine Zeitsteuerung für die Markise .....</b>	<b>703</b>
<b>51.3</b>	<b>Der Dimmer der Terrassenüberdachung .....</b>	<b>704</b>
<b>51.4</b>	<b>Sensoren anlernen .....</b>	<b>706</b>

## **52 Eine HomeMatic-Hausautomation mit FHEM** 709

---

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

## **53 Selbstgebaute Geräte mit dem ESP8266** 717

---

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

<b>53.8</b>	<b>Überwachung der Sensoren .....</b>	<b>728</b>
<b>53.9</b>	<b>Taupunktberechnung mit Dewpoint .....</b>	<b>729</b>
<b>53.10</b>	<b>Plot erzeugen .....</b>	<b>729</b>

**54 Raspberry Pi** 731

---

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

**55 Projekte mit dem Raspberry Pi** 741

---

<b>55.1</b>	<b>Raspberry Pi als Media Center .....</b>	<b>741</b>
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
<b>55.2</b>	<b>Ihr eigener Router für unterwegs .....</b>	<b>746</b>
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
<b>55.3</b>	<b>Der Raspberry-Pi-Radiowecker .....</b>	<b>752</b>
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
<b>55.4</b>	<b>Raspberry NAS .....</b>	<b>760</b>
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
<b>55.5</b>	<b>Pi-hole als schwarzes Loch für Werbung .....</b>	<b>764</b>
55.5.1	Installation .....	764
55.5.2	Konfiguration .....	765
55.5.3	Update .....	766
55.5.4	unbound als rekursiver DNS .....	766

## Anhang

---

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