

## Auf einen Blick

1	Grundlagen moderner Netzwerke .....	19
2	Netzwerktechnik .....	29
3	Adressierung im Netzwerk – Theorie .....	83
4	MAC- und IP-Adressen in der Praxis .....	121
5	Steuer- und Fehlercodes mit ICMP und ICMPv6 übertragen .....	197
6	Datentransport mit TCP und UDP .....	203
7	Kommunikation und Sitzung .....	235
8	Standards für den Datenaustausch .....	275
9	Netzwerkanwendungen .....	281
10	Netzwerkpraxis .....	315

# Inhalt

Geleitwort des Fachgutachters .....	15
Vorwort .....	17
<b>1 Grundlagen moderner Netzwerke</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 Definition und Eigenschaften von Netzwerken</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2 Die Netzwerkprotokollfamilie TCP/IP</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3 OSI-Schichtenmodell und TCP/IP-Referenzmodell</b> .....	<b>23</b>
<b>1.4 Räumliche Abgrenzung von Netzwerken</b> .....	<b>27</b>
<b>1.5 Regel- und Nachschlagewerk für TCP/IP-Netze (RFCs)</b> .....	<b>27</b>
<b>1.6 Prüfungsfragen</b> .....	<b>28</b>
<b>2 Netzwerktechnik</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1 Elektrische Netzwerkverbindungen und -standards</b> .....	<b>30</b>
2.1.1 Netzwerke mit Koaxialkabeln .....	31
2.1.2 Netze mit Twisted-Pair-Kabeln .....	34
2.1.3 Aufbau, Bezeichnung und Kategorien von Twisted-Pair-Kabeln .....	36
2.1.4 Stecker- und Kabelbelegungen .....	40
2.1.5 Anschlusskomponenten für Twisted-Pair-Kabel .....	43
2.1.6 Herstellung von Kabelverbindungen mit der Schneid- Klemmtechnik (LSA) .....	45
2.1.7 Montage von RJ45-Steckern .....	48
2.1.8 Prüfen von Kabeln und Kabelverbindungen .....	51
2.1.9 Kennzeichnen, Suchen und Finden von Kabelverbindungen .....	56
2.1.10 Power over Ethernet (PoE) .....	58
<b>2.2 Lichtwellenleiter, Kabel und Verbinder</b> .....	<b>59</b>
2.2.1 Übersicht über die Netzwerkstandards mit Glasfaserkabel .....	61
2.2.2 Aufbau und Funktion von Glasfaserkabeln .....	63
2.2.3 Dauerhafte Glasfaserverbindungen .....	67
2.2.4 Lichtwellenleiter-Steckverbindungen .....	68

2.2.5	Umgang mit der LWL-Technik .....	70
2.2.6	Aufbau eines einfachen Leitungs- und Kabeltesters .....	73
2.2.7	Prüfen von LWL-Kabeln und -Verbindungen .....	73
<b>2.3</b>	<b>Datenübertragung per Funktechnik .....</b>	<b>74</b>
2.3.1	WLAN (Wireless LAN, Wi-Fi) .....	74
2.3.2	Datenübertragung über öffentliche Funknetze .....	77
2.3.3	Powerline Communication (PLC) .....	78
<b>2.4</b>	<b>Technische Anbindung von Rechnern und Netzen .....</b>	<b>79</b>
<b>2.5</b>	<b>Weitere Netzwerkkomponenten .....</b>	<b>79</b>
<b>2.6</b>	<b>Zugriffsverfahren .....</b>	<b>80</b>
2.6.1	CSMA/CD, Kollisionserkennung .....	80
2.6.2	CSMA/CA, Kollisionsvermeidung .....	80
<b>2.7</b>	<b>Prüfungsfragen .....</b>	<b>81</b>
<b>3</b>	<b>Adressierung im Netzwerk – Theorie .....</b>	<b>83</b>
<b>3.1</b>	<b>Physikalische Adresse (MAC-Adresse) .....</b>	<b>83</b>
<b>3.2</b>	<b>Ethernet-Pakete (Ethernet-Frames) .....</b>	<b>85</b>
<b>3.3</b>	<b>Zusammenführung von MAC- und IP-Adresse .....</b>	<b>86</b>
3.3.1	Address Resolution Protocol (ARP), IPv4 .....	86
3.3.2	Neighbor Discovery Protocol (NDP), IPv6 .....	88
<b>3.4</b>	<b>IP-Adressen .....</b>	<b>91</b>
<b>3.5</b>	<b>IPv4-Adressen .....</b>	<b>92</b>
3.5.1	Netzwerkklassen im IPv4 .....	92
3.5.2	Netz- und Subnetzmaske, Unterteilung von Netzen .....	93
3.5.3	Berechnungen .....	97
3.5.4	Private Adressen des IPv4 .....	100
3.5.5	Zeroconf – konfigurationsfreie Vernetzung von Rechnern .....	100
3.5.6	Localnet und Localhost .....	101
3.5.7	Weitere reservierte Adressen .....	102
<b>3.6</b>	<b>IPv6-Adressen .....</b>	<b>103</b>
3.6.1	Adresstypen des IPv6 .....	105
3.6.2	IPv6-Loopback-Adresse .....	108
3.6.3	Unspezifizierte Adresse .....	109
3.6.4	IPv4- in IPv6-Adressen und umgekehrt .....	109

3.6.5	Tunnel-Adressen .....	110
3.6.6	Kryptografisch erzeugte Adressen (CGA) .....	112
3.6.7	Lokale Adressen .....	112
3.6.8	Übersicht der Präfixe von IPv6-Adressen .....	113
3.6.9	Adresswahl und -benutzung .....	113
<b>3.7</b>	<b>Internetprotokoll .....</b>	<b>114</b>
3.7.1	Der IPv4-Header .....	115
3.7.2	Der IPv6-Header .....	117
<b>3.8</b>	<b>Prüfungsfragen .....</b>	<b>119</b>
3.8.1	Berechnungen .....	119
3.8.2	IP-Adressen .....	119
<b>4</b>	<b>MAC- und IP-Adressen in der Praxis .....</b>	<b>121</b>
<b>4.1</b>	<b>MAC-Adressen .....</b>	<b>121</b>
4.1.1	Ermitteln der MAC-Adresse .....	121
4.1.2	Ändern der MAC-Adresse .....	123
4.1.3	Manuelles Setzen und Ändern von MAC-Adressen mittels »arp« .....	124
4.1.4	ARP-Spoofing erkennen .....	124
<b>4.2</b>	<b>IP-Adressen setzen .....</b>	<b>124</b>
4.2.1	Netzwerkconfiguration von PCs .....	126
4.2.2	IP-Adresskonfiguration von weiteren Netzwerkgeräten .....	134
4.2.3	Zentrale IP-Adressverwaltung mit dem DHCP-Server .....	136
4.2.4	Zeroconf .....	143
<b>4.3</b>	<b>Verwendung von Rechnernamen .....</b>	<b>143</b>
4.3.1	Der Urtyp: Adressauflösung in der »hosts«-Datei .....	144
4.3.2	Der Domain Name Server (DNS) und seine Konfiguration .....	145
4.3.3	Einstellungen beim Client .....	155
<b>4.4</b>	<b>Überprüfung der Erreichbarkeit und Namensauflösung von Hosts .....</b>	<b>157</b>
4.4.1	Prüfung der Erreichbarkeit und Namensauflösung mit »ping« bzw. »ping6« .....	157
4.4.2	Werkzeuge für Nameserver-Abfragen (»nslookup«, »host«, »dig«) .....	159
4.4.3	Mitschnitte von DNS-Abfragen mit Netzwerkd Diagnoseprogrammen ...	162
<b>4.5</b>	<b>Zentrale Netzwerkgeräte auf Sicherungs- und Vermittlungsebene .....</b>	<b>164</b>
4.5.1	Bridges – Verbinden von Netzwerkteilen .....	164
4.5.2	Hubs – die Sammelschiene für TP-Netze .....	165

<b>4.6</b>	<b>Switches – Verbindungsknoten ohne Kollisionen</b>	166
4.6.1	Funktionalität	166
4.6.2	Schleifen – Attentat oder Redundanz?	167
4.6.3	Verbindungen zwischen Switches (Link Aggregation, Port Trunking, Channel Bundling)	169
4.6.4	Virtuelle Netze (VLAN)	171
4.6.5	Switch und Sicherheit	173
4.6.6	Geräteauswahl	175
4.6.7	Anzeigen und Anschlüsse am Switch	176
4.6.8	Konfiguration eines Switches allgemein	178
4.6.9	Spanning Tree am Switch aktivieren	178
4.6.10	VLAN-Konfiguration von Switches	179
4.6.11	Konfiguration von Rechnern für tagged VLANs	181
<b>4.7</b>	<b>Routing – Netzwerkgrenzen überschreiten</b>	184
4.7.1	Gemeinsame Nutzung einer IP-Adresse mit PAT	187
4.7.2	Festlegen des Standard-Gateways	187
4.7.3	Routing-Tabelle abfragen (»netstat«)	188
4.7.4	Routenverfolgung mit »traceroute«	189
4.7.5	Route manuell hinzufügen (»route add«)	190
4.7.6	Route löschen (»route«)	192
<b>4.8</b>	<b>Multicast-Routing</b>	193
<b>4.9</b>	<b>Praxisübungen</b>	194
4.9.1	Glasfasern	194
4.9.2	TP-Verkabelung	194
4.9.3	Switches	194
4.9.4	MAC- und IP-Adressen	195
4.9.5	Namensauflösung	195
4.9.6	Routing	195
4.9.7	Sicherheit im lokalen Netz	195

## **5 Steuer- und Fehlercodes mit ICMP und ICMPv6 übertragen** 197

<b>5.1</b>	<b>ICMP-Pakete (IPv4)</b>	198
<b>5.2</b>	<b>ICMPv6-Pakete</b>	199

<b>6</b>	<b>Datentransport mit TCP und UDP</b>	203
<b>6.1</b>	<b>Transmission Control Protocol (TCP)</b>	203
6.1.1	Das TCP-Paket	204
6.1.2	TCP: Verbindungsaufbau	206
6.1.3	TCP: Transportkontrolle	207
6.1.4	TCP: Verbindungsabbau	208
<b>6.2</b>	<b>User Datagram Protocol (UDP)</b>	209
6.2.1	UDP: Der UDP-Datagram-Header	210
<b>6.3</b>	<b>Nutzung von Services mittels Ports und Sockets</b>	211
6.3.1	Sockets und deren Schreibweise	212
6.3.2	Übersicht über die Port-Nummern	213
6.3.3	Ports und Sicherheit	215
<b>6.4</b>	<b>Die Firewall</b>	217
6.4.1	Integration der Firewall in das Netzwerk	218
6.4.2	Regeln definieren	220
<b>6.5</b>	<b>Der Proxyserver</b>	224
6.5.1	Lokaler Proxyserver	225
6.5.2	Proxyserver als eigenständiger Netzwerkteilnehmer	225
6.5.3	Squid, ein Proxyserver	226
<b>6.6</b>	<b>Port and Address Translation (PAT), Network Address Translation (NAT)</b>	227
<b>6.7</b>	<b>Praxis</b>	229
6.7.1	Verbindungsaufbau zu einem Dienst mit geänderter Port-Nummer	229
6.7.2	Durchführen von Portscans zum Austesten von Sicherheitsproblemen	230
6.7.3	Schließen von Ports	231
<b>6.8</b>	<b>Prüfungsfragen</b>	232
6.8.1	TCP-Protokoll	232
6.8.2	Ports und Sockets	233
6.8.3	Firewall	233

## **7 Kommunikation und Sitzung** 235

<b>7.1</b>	<b>SMB/CIFS (Datei-, Druck- und Nachrichtendienste)</b>	235
7.1.1	Grundlagen	236
7.1.2	Freigaben von Verzeichnissen und Druckern unter Windows	236

7.1.3	»nmbd« und »smbd« unter Linux/FreeBSD .....	237
7.1.4	Die Samba-Konfigurationsdatei »smb.conf« .....	238
7.1.5	Testen der Konfiguration .....	241
7.1.6	Aufnehmen und Bearbeiten von Samba-Benutzern .....	242
7.1.7	Starten, Stoppen und Neustart der Samba-Daemons .....	243
7.1.8	Netzlaufwerk verbinden (Windows 7, 8/8.1 und 10) .....	243
7.1.9	Client-Zugriffe unter Linux/FreeBSD .....	244
7.1.10	Zugriffskontrolle mit »smbstatus« .....	247
7.1.11	Die »net«-Befehle für die Windows-Batchprogrammierung .....	248
<b>7.2</b>	<b>Network File System (NFS)</b> .....	249
7.2.1	Konfiguration des NFS-Servers .....	249
7.2.2	Konfiguration des NFS-Clients .....	252
<b>7.3</b>	<b>HTTP für die Informationen im Internet</b> .....	253
7.3.1	Grundlagen des HTTP-Protokolls .....	253
7.3.2	Serverprogramme .....	258
7.3.3	Client-Programme .....	259
7.3.4	Webbrowser und Sicherheit .....	260
<b>7.4</b>	<b>Mail-Transport</b> .....	261
7.4.1	Grundlagen des SMTP/ESMTP-Protokolls .....	261
7.4.2	Konfigurationshinweise .....	265
7.4.3	Anhänge von E-Mails, MIME, S/MIME .....	267
<b>7.5</b>	<b>Secure Shell (SSH) und Secure Socket Layer (SSL), Transport Layer Security (TLS)</b> .....	271
7.5.1	Secure Shell (SSH) .....	271
7.5.2	SSL und TLS .....	272
<b>7.6</b>	<b>Praxisübungen</b> .....	273
7.6.1	Konfiguration des Samba-Servers .....	273
7.6.2	NFS-Server .....	273
7.6.3	HTTP, Sicherheit .....	274
7.6.4	E-Mail .....	274
<b>8</b>	<b>Standards für den Datenaustausch</b> .....	275

<b>9</b>	<b>Netzwerkanwendungen</b> .....	281
<b>9.1</b>	<b>Datenübertragung</b> .....	281
9.1.1	File Transfer Protocol (FTP), Server .....	281
9.1.2	File Transfer Protocol (FTP), Clients .....	282
9.1.3	Benutzerkommandos für FTP- und SFTP-Sitzungen .....	284
9.1.4	Datentransfer mit »netread« und »netwrite« .....	286
9.1.5	Verschlüsselte Datentransfers und Kommandoausgaben mit »cryptcat« .....	288
9.1.6	Secure Copy (scp), Ersatz für Remote Copy (rcp) .....	290
9.1.7	SSHFS: entfernte Verzeichnisse lokal nutzen .....	290
<b>9.2</b>	<b>SSH, SFTP und SCP: Schlüssel erzeugen zur Erhöhung der Sicherheit oder zur kennwortfreien Anmeldung</b> .....	292
<b>9.3</b>	<b>Aufbau eines SSH-Tunnels</b> .....	294
<b>9.4</b>	<b>Fernsitzungen</b> .....	295
9.4.1	Telnet .....	295
9.4.2	Secure Shell (SSH), nur Textdarstellung .....	295
9.4.3	Display-Umleitung für X11-Sitzungen .....	296
9.4.4	SSH zur Display-Umleitung für X11 .....	297
9.4.5	Virtual Network Computing (VNC) .....	298
9.4.6	X2Go (Server und Client) .....	300
<b>9.5</b>	<b>Telefonie-Anwendungen über Netzwerke (VoIP)</b> .....	305
9.5.1	Grundlagen .....	305
9.5.2	Endeinrichtungen und ihre Konfiguration .....	308
9.5.3	Besonderheiten der Netzwerkinfrastruktur für VoIP .....	310
9.5.4	Sonderfall Fax: T38 .....	310
9.5.5	Sicherheit .....	311
9.5.6	Anwendungsbeispiel: »Gegensprechanlage« im LAN mittels VoIP .....	312
9.5.7	Remote Desktop Protocol (RDP) .....	312
<b>10</b>	<b>Netzwerkpraxis</b> .....	315
<b>10.1</b>	<b>Planung von Netzwerken</b> .....	315
10.1.1	Bedarf ermitteln .....	315
10.1.2	Ermitteln des Ist-Zustands .....	317
10.1.3	Berücksichtigung räumlicher und baulicher Verhältnisse .....	318

10.1.4	Investitionssicherheit .....	319
10.1.5	Ausfallsicherheiten vorsehen .....	319
10.1.6	Zentrales oder verteiltes Switching .....	320
<b>10.2</b>	<b>Netzwerke mit Kupferkabeln .....</b>	<b>322</b>
10.2.1	Kabel (Cat. 5 und Cat. 7) .....	323
10.2.2	Anforderungen an Kabeltrassen und Installationskanäle .....	323
10.2.3	Dosen und Patchfelder .....	324
<b>10.3</b>	<b>Netzwerke mit Glasfaserkabeln .....</b>	<b>326</b>
10.3.1	Kabeltrassen für LWL-Kabel .....	327
10.3.2	Dosen und Patchfelder .....	328
10.3.3	Medienkonverter .....	328
10.3.4	LWL-Multiplexer .....	329
<b>10.4</b>	<b>Geräte für Netzwerkverbindungen und -dienste .....</b>	<b>329</b>
10.4.1	Netzwerkkarten .....	329
10.4.2	WLAN-Router und -Sticks .....	330
10.4.3	Router .....	331
10.4.4	Switches .....	355
10.4.5	Printserver .....	357
10.4.6	Netzwerkspeicher (NAS) .....	365
10.4.7	Modems für den Netzzugang .....	366
<b>10.5</b>	<b>Einbindung externer Netzwerkteilnehmer .....</b>	<b>368</b>
<b>10.6</b>	<b>Sicherheit .....</b>	<b>368</b>
10.6.1	Abschottung wichtiger Rechner .....	369
10.6.2	Netzwerkverbindung mit einem Virtual Private Network (VPN) .....	371
10.6.3	WLAN sicher konfigurieren .....	377
10.6.4	SSH-Tunnel mit PuTTY aufbauen .....	378
10.6.5	Sichere Konfiguration von Printservern .....	381
10.6.6	Sicherer E-Mail-Verkehr .....	384
10.6.7	Sicherer Internetzugang mit IPv6 .....	385
10.6.8	Mit Portknocking Brute Force-Angriffe vermeiden .....	386
<b>10.7</b>	<b>Prüf- und Diagnoseprogramme für Netzwerke .....</b>	<b>389</b>
10.7.1	Rechtliche Hinweise .....	389
10.7.2	Verbindungen mit »netstat« anzeigen .....	389
10.7.3	Hosts und Ports mit »nmap« finden .....	391
10.7.4	MAC-Adressen-Inventur: netdiscover .....	394
10.7.5	Datenverkehr protokollieren (Wireshark, tcpdump) .....	395
10.7.6	Netzaktivitäten mit »darkstat« messen .....	397

10.7.7	Netzlast mit »fping« erzeugen .....	399
10.7.8	Weitere Einsatzmöglichkeiten von »fping« .....	399
10.7.9	Die Erreichbarkeit von Hosts mit »ping« bzw. »ping6« prüfen .....	401
10.7.10	»cryptcat«: im Dienste der Sicherheit .....	402
10.7.11	Weitere Systemabfragen auf Linux-Systemen .....	405

## Anhang 407

---

<b>A</b>	<b>Fehlertafeln .....</b>	<b>409</b>
<b>B</b>	<b>Auflösungen zu den Prüfungsfragen .....</b>	<b>417</b>
<b>C</b>	<b>Netzwerkbegriffe kurz erklärt .....</b>	<b>423</b>
Index .....		441