

# Inhalt

Geleitwort des Fachgutachters .....	15
Vorwort .....	17
<b>1 Grundlagen moderner Netzwerke</b> .....	<b>19</b>
1.1 Definition und Eigenschaften von Netzwerken .....	20
1.2 Die Netzwerkprotokollfamilie TCP/IP .....	22
1.3 OSI-Schichtenmodell und TCP/IP-Referenzmodell .....	23
1.4 Räumliche Abgrenzung von Netzwerken .....	27
1.5 Regel- und Nachschlagewerk für TCP/IP-Netze (RFCs) .....	27
1.6 Prüfungsfragen .....	28
<b>2 Netzwerktechnik</b> .....	<b>29</b>
2.1 Elektrische Netzwerkverbindungen und -standards .....	30
2.1.1 Netzwerke mit Koaxialkabeln .....	32
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 .....	39
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 .....	52
2.1.9 Kennzeichnen, Suchen und Finden von Kabelverbindungen .....	56
2.1.10 Power over Ethernet (PoE) .....	58
2.2 Lichtwellenleiter, Kabel und Verbinder .....	58
2.2.1 Übersicht über die Netzwerkstandards mit Glasfaserkabel .....	60
2.2.2 Aufbau und Funktion von Glasfaserkabeln .....	62
2.2.3 Dauerhafte Glasfaserverbindungen .....	66

2.2.4	Lichtwellenleiter-Steckverbindungen .....	66
2.2.5	Umgang mit der LWL-Technik .....	69
2.2.6	Aufbau eines einfachen Leitungs- und Kabeltesters .....	72
2.2.7	Prüfen von LWL-Kabeln und -Verbindungen .....	72
<b>2.3</b>	<b>Datenübertragung per Funktechnik .....</b>	<b>73</b>
2.3.1	WLAN (Wireless LAN, Wi-Fi) .....	73
2.3.2	Datenübertragung über öffentliche Funknetze .....	75
2.3.3	Powerline Communication (PLC) .....	76
<b>2.4</b>	<b>Technische Anbindung von Rechnern und Netzen .....</b>	<b>77</b>
<b>2.5</b>	<b>Weitere Netzwerkkomponenten .....</b>	<b>77</b>
<b>2.6</b>	<b>Zugriffsverfahren .....</b>	<b>78</b>
2.6.1	CSMA/CD, Kollisionserkennung .....	78
2.6.2	CSMA/CA, Kollisionsvermeidung .....	79
<b>2.7</b>	<b>Prüfungsfragen .....</b>	<b>79</b>

## **3 Adressierung im Netzwerk – Theorie** 81

---

<b>3.1</b>	<b>Physikalische Adresse (MAC-Adresse) .....</b>	<b>81</b>
<b>3.2</b>	<b>Ethernet-Pakete (Ethernet-Frames) .....</b>	<b>83</b>
<b>3.3</b>	<b>Zusammenführung von MAC- und IP-Adresse .....</b>	<b>84</b>
3.3.1	Address Resolution Protocol (ARP), IPv4 .....	85
3.3.2	Neighbor Discovery Protocol (NDP), IPv6 .....	86
<b>3.4</b>	<b>IP-Adressen .....</b>	<b>89</b>
<b>3.5</b>	<b>IPv4-Adressen .....</b>	<b>90</b>
3.5.1	Netzwerkklassen im IPv4 .....	91
3.5.2	Netz- und Subnetzmaske, Unterteilung von Netzen .....	92
3.5.3	Berechnungen .....	95
3.5.4	Private Adressen des IPv4 .....	97
3.5.5	Zeroconf – konfigurationsfreie Vernetzung von Rechnern .....	98
3.5.6	Localnet und Localhost .....	99
3.5.7	Weitere reservierte Adressen .....	100
<b>3.6</b>	<b>IPv6-Adressen .....</b>	<b>101</b>
3.6.1	Adresstypen des IPv6 .....	104

3.6.2	IPv6-Loopback-Adresse .....	107
3.6.3	Unspezifizierte Adresse .....	108
3.6.4	IPv4- in IPv6-Adressen und umgekehrt .....	108
3.6.5	Tunnel-Adressen .....	109
3.6.6	Kryptografisch erzeugte Adressen (CGA) .....	110
3.6.7	Lokale Adressen .....	111
3.6.8	Übersicht der Präfixe von IPv6-Adressen .....	111
3.6.9	Adresswahl und -benutzung .....	112
<b>3.7</b>	<b>Internetprotokoll .....</b>	<b>113</b>
3.7.1	Der IPv4-Header .....	114
3.7.2	Der IPv6-Header .....	116
<b>3.8</b>	<b>Prüfungsfragen .....</b>	<b>118</b>
3.8.1	Berechnungen .....	118
3.8.2	IP-Adressen .....	118
<b>4</b>	<b>MAC- und IP-Adressen in der Praxis .....</b>	<b>119</b>
<b>4.1</b>	<b>MAC-Adressen .....</b>	<b>119</b>
4.1.1	Ermitteln der MAC-Adresse .....	119
4.1.2	Ändern der MAC-Adresse .....	121
4.1.3	Manuelles Setzen und Ändern von MAC-Adressen mittels »arp« .....	122
4.1.4	ARP-Spoofing erkennen .....	122
<b>4.2</b>	<b>IP-Adressen setzen .....</b>	<b>123</b>
4.2.1	Netzwerkkonfiguration von PCs .....	125
4.2.2	IP-Adresskonfiguration von weiteren Netzwerkgeräten .....	133
4.2.3	Zentrale IP-Adressverwaltung mit dem DHCP-Server .....	135
4.2.4	Zeroconf .....	142
<b>4.3</b>	<b>Verwendung von Rechnernamen .....</b>	<b>143</b>
4.3.1	Der Urtyp: Adressauflösung in der »hosts«-Datei .....	143
4.3.2	Der Domain Name Server (DNS) und seine Konfiguration .....	144
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 Netzwerk- diagnoseprogrammen .....	161
<b>4.5</b>	<b>Zentrale Netzwerkgeräte auf Sicherungs- und Vermittlungsebene .....</b>	<b>163</b>
4.5.1	Bridges – Verbinden von Netzwerkteilen .....	163
4.5.2	Hubs – die Sammelschiene für TP-Netze .....	164
<b>4.6</b>	<b>Switches – Verbindungsknoten ohne Kollisionen .....</b>	<b>165</b>
4.6.1	Funktionalität .....	165
4.6.2	Schleifen – Attentat oder Redundanz? .....	166
4.6.3	Verbindungen zwischen Switches (Link Aggregation, Port Trunking, Channel Bundling) .....	169
4.6.4	Virtuelle Netze (VLAN) .....	170
4.6.5	Switch und Sicherheit .....	173
4.6.6	Geräteauswahl .....	174
4.6.7	Anzeigen und Anschlüsse am Switch .....	176
4.6.8	Konfiguration eines Switches allgemein .....	177
4.6.9	Spanning Tree am Switch aktivieren .....	177
4.6.10	VLAN-Konfiguration von Switches .....	179
4.6.11	Konfiguration von Rechnern für tagged VLANs .....	180
<b>4.7</b>	<b>Routing – Netzwerkgrenzen überschreiten .....</b>	<b>184</b>
4.7.1	Gemeinsame Nutzung einer IP-Adresse mit PAT .....	187
4.7.2	Festlegen des Standardgateways .....	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>	<b>193</b>
<b>4.9</b>	<b>Praxisübungen .....</b>	<b>194</b>
4.9.1	Glasfasern .....	194
4.9.2	TP-Verkabelung .....	195
4.9.3	Switches .....	195
4.9.4	MAC- und IP-Adressen .....	195
4.9.5	Namensauflösung .....	195
4.9.6	Routing .....	196
4.9.7	Sicherheit im lokalen Netz .....	196

<b>5</b>	<b>Steuer- und Fehlercodes mit ICMP und ICMPv6 übertragen</b>	<b>197</b>
<b>5.1</b>	<b>ICMP-Pakete (IPv4)</b>	<b>198</b>
<b>5.2</b>	<b>ICMPv6-Pakete</b>	<b>199</b>
<b>6</b>	<b>Datentransport mit TCP und UDP</b>	<b>203</b>
<b>6.1</b>	<b>Transmission Control Protocol (TCP)</b>	<b>203</b>
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>	<b>209</b>
6.2.1	UDP: Der UDP-Datagram-Header	210
<b>6.3</b>	<b>Nutzung von Services mittels Ports und Sockets</b>	<b>211</b>
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>	<b>218</b>
6.4.1	Integration der Firewall in das Netzwerk	219
6.4.2	Regeln definieren	221
<b>6.5</b>	<b>Der Proxyserver</b>	<b>225</b>
6.5.1	Lokaler Proxyserver	226
6.5.2	Proxyserver als eigenständiger Netzwerkteilnehmer	226
6.5.3	Squid, ein Proxyserver	227
<b>6.6</b>	<b>Port and Address Translation (PAT), Network Address Translation (NAT)</b>	<b>228</b>
<b>6.7</b>	<b>Praxis</b>	<b>230</b>
6.7.1	Verbindungsaufbau zu einem Dienst mit geänderter Port-Nummer	230
6.7.2	Durchführen von Portscans zum Austesten von Sicherheitsproblemen	231
6.7.3	Schließen von Ports	232

<b>6.8 Prüfungsfragen</b>	233
6.8.1 TCP-Protokoll	234
6.8.2 Ports und Sockets	234
6.8.3 Firewall	234

## **7 Kommunikation und Sitzung** 235

---

<b>7.1 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	238
7.1.4 Die Samba-Konfigurationsdatei »smb.conf«	238
7.1.5 Testen der Konfiguration	242
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 und 8/8.1)	244
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 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 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 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 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	274
7.6.3	HTTP, Sicherheit	274
7.6.4	E-Mail	274

---

## 8 Standards für den Datenaustausch 275

---

## 9 Netzwerkanwendungen 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	Secure Copy (scp), Ersatz für Remote Copy (rcp)	286
9.1.5	SSHFS: entfernte Verzeichnisse lokal nutzen	287
<b>9.2</b>	<b>SSH, SFTP und SCP: Schlüssel erzeugen zur Erhöhung der Sicherheit oder zur kennwortfreien Anmeldung</b>	288
<b>9.3</b>	<b>Aufbau eines SSH-Tunnels</b>	290
<b>9.4</b>	<b>Fernsitzungen</b>	291
9.4.1	Telnet	291
9.4.2	Secure Shell (SSH), nur Textdarstellung	292
9.4.3	Display-Umleitung für X11-Sitzungen	293
9.4.4	SSH zur Display-Umleitung für X11	293
9.4.5	Virtual Network Computing (VNC)	294
9.4.6	X2Go (Server und Client)	297
9.4.7	Remote Desktop Protocol (RDP)	309

---

## 10 Netzwerkpraxis 311

---

<b>10.1</b>	<b>Planung von Netzwerken</b>	311
10.1.1	Bedarf ermitteln	311

10.1.2	Ermitteln des Ist-Zustands .....	313
10.1.3	Berücksichtigung räumlicher und baulicher Verhältnisse .....	314
10.1.4	Investitionssicherheit .....	315
10.1.5	Ausfallsicherheiten vorsehen .....	315
10.1.6	Zentrales oder verteiltes Switching .....	316
<b>10.2</b>	<b>Netzwerke mit Kupferkabeln .....</b>	<b>318</b>
10.2.1	Kabel (Cat. 5 und Cat. 7) .....	319
10.2.2	Anforderungen an Kabeltrassen und Installationskanäle .....	319
10.2.3	Dosen und Patchfelder .....	320
<b>10.3</b>	<b>Netzwerke mit Glasfaserkabeln .....</b>	<b>322</b>
10.3.1	Kabeltrassen für LWL-Kabel .....	323
10.3.2	Dosen und Patchfelder .....	324
10.3.3	Medienkonverter .....	324
10.3.4	LWL-Multiplexer .....	325
<b>10.4</b>	<b>Geräte für Netzwerkverbindungen und -dienste .....</b>	<b>325</b>
10.4.1	Netzwerkkarten .....	326
10.4.2	WLAN-Router und -Sticks .....	326
10.4.3	Router .....	327
10.4.4	Switches .....	347
10.4.5	Printserver .....	349
10.4.6	Netzwerkspeicher (NAS) .....	351
10.4.7	Modems für den Netzzugang .....	351
<b>10.5</b>	<b>Einbindung externer Netzwerkteilnehmer .....</b>	<b>354</b>
<b>10.6</b>	<b>Sicherheit .....</b>	<b>355</b>
10.6.1	Abschottung wichtiger Rechner .....	356
10.6.2	Netzwerkverbindung mit einem Virtual Private Network (VPN) .....	358
10.6.3	WLAN sicher konfigurieren .....	364
10.6.4	SSH-Tunnel mit PuTTY aufbauen .....	365
10.6.5	Sichere Konfiguration von Printservern .....	368
10.6.6	Sicherer E-Mail-Verkehr .....	371
10.6.7	Sicherer Internetzugang mit IPv6 .....	372
<b>10.7</b>	<b>Prüf- und Diagnoseprogramme für Netzwerke .....</b>	<b>373</b>
10.7.1	Rechtliche Hinweise .....	373
10.7.2	Verbindungen mit »netstat« anzeigen .....	374
10.7.3	Hosts und Ports mit »nmap« finden .....	375
10.7.4	Datenverkehr protokollieren (Wireshark, tcpdump) .....	378



10.7.5	Netzaktivitäten mit »darkstat« messen .....	381
10.7.6	Netzlaster mit »fping« erzeugen .....	383
10.7.7	Weitere Einsatzmöglichkeiten von »fping« .....	383
10.7.8	Die Erreichbarkeit von Hosts mit »ping« bzw. »ping6« prüfen .....	386

## **Anhang** 387

---

<b>A</b>	<b>Fehlertafeln .....</b>	<b>389</b>
<b>B</b>	<b>Auflösungen zu den Prüfungsfragen .....</b>	<b>397</b>
<b>C</b>	<b>Netzwerkbegriffe kurz erklärt .....</b>	<b>403</b>
<b>Index .....</b>		<b>419</b>