

# Computernetzwerke

Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung

# DAS INHALTS- VERZEICHNIS

» Hier geht's  
direkt  
zum Buch

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 Zur Geschichte der Netzwerke</b> .....	<b>1</b>
1.1 Netzwerke – der Beginn .....	1
1.2 Definition eines Netzwerkes .....	3
1.3 Das OSI-Modell .....	3
1.4 Übersicht über das OSI-Modell .....	4
1.4.1 Layer I – die physikalische Schicht (Physical) .....	4
1.4.2 Layer II – die Sicherungsschicht (Data Link) .....	5
1.4.3 Layer III – die Vermittlungsschicht (Network) .....	5
1.4.4 Layer IV – die Transportschicht (Transport Layer) .....	5
1.4.5 Layer V – die Kommunikations-/Sitzungsschicht (Session) .....	6
1.4.6 Layer VI – die Darstellungsschicht (Presentation) .....	6
1.4.7 Layer VII – die Anwendungsschicht (Application) .....	6
1.5 Übertragungswege im OSI-Modell .....	7
1.6 Allgemeine Bemerkungen .....	8
1.7 Zum Weiterlesen .....	10
<b>2 Layer I des OSI-Modells</b> .....	<b>11</b>
2.1 Die Medien .....	11
2.2 Historische Verkabelung: Thin-Wire (Koaxialkabel) .....	12
2.3 Die universelle Gebäudeverkabelung (UGV) .....	14
2.3.1 Kabeltypen Twisted Pair .....	15
2.3.2 Verlegung der universellen Gebäudeverkabelung und Geräteverbindungen .....	16
2.4 Glasfaser .....	17
2.4.1 Exkurs in die Physik – Glasfasertypen, Lichtwellenleiter, Effekte ...	18
2.4.2 Lichtleitung in der Faser .....	18
2.4.3 Die Stufenindexfaser .....	19
2.4.4 Längenbeschränkung und Grenzen/Dispersion .....	20
2.4.5 Die Gradientenindexfaser .....	22
2.4.6 Qualitäten und Längenbeschränkung .....	23

2.4.7	Die Mono- oder Singlemode-Faser	23
2.4.8	Verlegung und Handhabung	24
2.4.9	Laser sind gefährlich	25
2.4.10	High-Speed-Verfahren	25
2.5	Die Gesamtverkabelung	26
2.5.1	Gebäude/Büro	26
2.5.2	Geschwindigkeit	27
2.5.3	Miniswitches	28
2.5.4	Fiber-to-the-Desk	29
2.6	Kabeltypen/Dateneinspeisung/Entnahme	29
2.6.1	Kabeltypen	29
2.6.2	Kabelkategorien	32
2.7	Transceiver	33
2.8	Zugriffsverfahren	34
2.8.1	CSMA/CD	35
2.8.2	Andere Verfahren – kollisionsfreie Verfahren	37
2.9	Zum Weiterlesen	38
<b>3</b>	<b>Layer II – die Sicherungsschicht</b>	<b>39</b>
3.1	Adressen	39
3.1.1	Adressermittlung/ARP	40
3.2	Kollisionsbereiche und Bridges	41
3.3	Store and Forward-Bridging	42
3.4	Switches	44
3.4.1	Geswitchte Topologien	45
3.5	Keine Kollisionen – keine Detection, Duplex	46
3.6	Loops – das Netzwerk bricht zusammen	47
3.6.1	Loops – verwirrte Bridges	47
3.6.2	Spanning Tree, Loops werden abgefangen	48
3.6.3	Probleme mit dem Spanning Tree	49
3.7	Layer II-Pakete	50
3.8	Anmerkungen zu den Geräten	51
3.9	Zum Weiterlesen	52
<b>4</b>	<b>Layer III – die Vermittlungsschicht</b>	<b>53</b>
4.1	Neue Adressen	53
4.1.1	Adressklassen	54
4.1.2	Subnetze	56
4.1.3	Besondere Adressen	57
4.2	Segmentierung der Netze	57
4.2.1	Wer gehört zu welchem (Sub-)Netz?	58
4.2.2	Kommunikation in und zwischen LANs	58

4.2.3	Die Subnetzmaske . . . . .	58
4.2.4	Asymmetrische Segmentierung . . . . .	61
4.2.5	Ermittlung des Netzes/Subnetzes . . . . .	62
4.3	Der Router, Weiterleitung auf Layer III . . . . .	64
4.3.1	Das Spiel mit den Layer II-Adressen . . . . .	66
4.3.2	Router-Loopback-Adressen . . . . .	69
4.4	Reservierte und spezielle Adressen . . . . .	69
4.4.1	Multicast-Adressen/Testadressen . . . . .	70
4.4.2	Private Adressen . . . . .	70
4.4.3	APIPA - Automatic Private IP Addressing . . . . .	70
4.4.4	Superprivate Adressen . . . . .	71
4.5	Das IP-Paket . . . . .	71
4.5.1	Das Verfallsdatum TTL . . . . .	73
4.5.2	Fragmentierung von IP-Paketen, MTU . . . . .	73
4.6	Routing - die weltweite Wegfindung . . . . .	74
4.6.1	Distance Vector und Link State . . . . .	74
4.6.2	Statisches und dynamisches Routing, nah und fern . . . . .	75
4.6.3	Beeinflussung der Routen, Failover . . . . .	76
4.7	QoS - Quality of Service . . . . .	77
4.8	Das Domain Name System (DNS) . . . . .	78
4.8.1	Zuordnung von Namen zu Adressen . . . . .	79
4.8.2	Auflösung der Adressen, Forward Lookup . . . . .	80
4.8.3	Auflösung der Namen, Reverse Lookup . . . . .	81
4.8.4	Namen auflösen, nslookup . . . . .	82
4.8.5	Automatische Vergabe von Adressen, DHCP . . . . .	83
4.8.6	DHCP-Relay . . . . .	84
4.8.7	Windows-Namen . . . . .	85
4.9	Uni-, Broad- und Multicast . . . . .	87
4.9.1	Broad- und Multicast auf Layer II und III . . . . .	88
4.10	PING und TRACEROUTE - die kleinen Helfer . . . . .	93
4.11	Zum Weiterlesen . . . . .	94
<b>5</b>	<b>Layer IV - die Transportschicht . . . . .</b>	<b>96</b>
5.1	Ports und Sockets . . . . .	96
5.2	Das Transmission Control Protocol . . . . .	98
5.2.1	Das TCP-Segment . . . . .	98
5.2.2	TCP-Verbindungen . . . . .	100
5.3	Das User Datagram Protocol . . . . .	102
5.3.1	Das UDP-Datagramm . . . . .	103
5.4	Security auf Layer III und IV, Router und Firewall . . . . .	103
5.4.1	Unterschiede zwischen Router und Firewall . . . . .	104
5.4.2	Zonen einer Firewall . . . . .	104

5.4.3	Mehr Intelligenz bei der Weiterleitung/DMZ	105
5.4.4	Firewall-Philosophien	106
5.5	NAT, PAT und Masquerading	108
5.6	Zum Weiterlesen	110
<b>6</b>	<b>Virtuelle Netze und Geräte</b>	<b>111</b>
6.1	VLANs - virtuelle Netze	111
6.1.1	VLAN-Kennung, Tags	113
6.1.2	Trunks	114
6.1.3	Verkehr zwischen VLANs	115
6.1.4	VLAN-Transport, Trunk zum Router	117
6.1.5	Vorteile der VLANs	118
6.1.6	Grenzen der VLANs	119
6.1.7	Bemerkungen zu VLANs	119
6.1.8	Erweiterungen der VLAN-Umgebungen	121
6.1.9	Spanning-Tree	121
6.1.10	Pruning	121
6.1.11	Eigene IP-Adresse für Switches	122
6.1.12	Lernfähige Umgebungen	123
6.1.13	Delegation der VLAN-Verwaltung	124
6.1.14	Default/Native VLAN	124
6.1.15	Fazit	125
6.2	Virtuelle Geräte	126
6.2.1	Virtuelle Switches	126
6.2.2	Virtuelle Router und virtuelle Firewalls	127
6.3	Software defined Networks (SDN)	127
6.4	Cloud, Microsegmentation, volle Virtualität	128
6.5	Zum Weiterlesen	129
<b>7</b>	<b>VPN - virtuelle private Netzwerke</b>	<b>130</b>
7.1	Tunnel	130
7.1.1	Absicherung der Verbindung	132
7.1.2	Mechanismus	133
7.1.3	Split oder Closed Tunnel	133
7.1.4	Modi der Datenverschlüsselung	134
7.1.5	VPN durch Firewalls	134
7.1.6	Andere Tunneltechniken	134
7.2	Verschlüsselung	135
7.2.1	Symmetrische Verschlüsselung	135
7.2.2	Asymmetrische Verschlüsselung	136
7.2.3	Hybrid-Verschlüsselung	137
7.3	Zum Weiterlesen	138

<b>8</b>	<b>Wireless LAN</b> .....	<b>139</b>
8.1	Access-Points und Antennen, Anschlüsse .....	139
8.2	Störungen .....	140
8.2.1	Interferenzen, Mehrwegeausbreitung .....	140
8.2.2	Versteckte Endgeräte .....	141
8.2.3	Entstörung .....	141
8.3	Die Funkzelle und die Kanäle .....	142
8.4	Betriebsmodi .....	142
8.5	Namen, das Beacon .....	143
8.6	Verschlüsselung .....	144
8.7	Aufbau eines Infrastruktur-WLAN .....	144
8.8	Stromversorgung der Sender .....	146
8.9	Mesh .....	147
8.10	Wi-Fi und Proprietäres .....	148
8.11	Standards und Parameter .....	148
8.11.1	802.11 .....	149
8.11.2	Bandspreizung .....	149
8.11.2.1	DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum .....	150
8.11.2.2	FHSS .....	153
8.11.3	802.11b .....	153
8.11.4	802.11a .....	153
8.11.4.1	OFDM .....	154
8.11.5	802.11 h .....	154
8.11.6	802.11 g .....	155
8.11.7	802.11n, Wi-Fi 4 .....	155
8.11.7.1	Antenna-Diversity .....	155
8.11.7.2	Gruppengewinn .....	156
8.11.7.3	MIMO, Multiple Input Multiple Output .....	156
8.11.7.4	Beamforming .....	157
8.11.7.5	Packet-Aggregation .....	157
8.11.8	802.11ac, Wi-Fi 5 .....	157
8.11.9	802.11ax, Wi-Fi 6 .....	158
8.11.10	802.11be, Wi-Fi 7 .....	158
8.11.11	802.11ad .....	158
8.11.12	802.11ay .....	158
8.12	Powerline – eine Alternative .....	158
8.13	Zum Weiterlesen .....	159
<b>9</b>	<b>Netzzugang, Szenarien</b> .....	<b>161</b>
9.1	DSL/ADSL/VDSL .....	161
9.2	Breitbandkabel .....	162
9.3	Stand- oder Mietleitungen .....	162
9.3.1	Fiber to the Home .....	164

9.4	Satellit .....	164
9.5	Mobilfunk – das Handy-Netz .....	165
9.6	Gebäudeverbindungen .....	166
9.6.1	Richtfunkverbindungen .....	166
9.6.2	Richtlaser .....	166
9.7	Hardware .....	167
9.8	Zum Weiterlesen .....	168
<b>10</b>	<b>IP Version 6 (IPv6) .....</b>	<b>169</b>
10.1	Die IPv6-Adresse .....	169
10.2	Adressierung .....	171
10.2.1	Unicast-Adressen .....	171
10.2.1.1	Link Local Unicast-Adresse .....	171
10.2.1.2	Global Unicast-Adresse .....	172
10.2.1.3	Unique Local Unicast-Adresse .....	172
10.2.1.4	Unspecified-Adresse .....	172
10.2.1.5	Loopback .....	172
10.2.1.6	IPv4-kompatible Adressen .....	172
10.2.1.7	IPv4-Mapped-Adressen .....	172
10.2.2	Multicast-Adressen .....	173
10.2.2.1	Solicited-Node Multicast-Adresse .....	173
10.2.3	Anycast-Adressen .....	174
10.3	Adress-Zoo – welche sind notwendig? .....	174
10.4	Interface-ID .....	175
10.5	Privacy-Extension .....	176
10.6	ICMPV6 .....	176
10.6.1	Nachbarermittlung, NDP .....	177
10.6.1.1	Router Advertisements und Solicitation .....	177
10.6.1.2	Neighbor Advertisements und Solicitation .....	178
10.6.2	Adress-Caches .....	179
10.6.2.1	Neighbor-Cache .....	179
10.6.2.2	Destination-Cache .....	179
10.7	Zusammenfassung der IPv6-Adressen .....	179
10.8	Adressvergabe .....	180
10.8.1	Feste Konfiguration .....	180
10.8.2	DHCPv6, Stateful Autoconfiguration .....	180
10.8.3	Autokonfiguration, Stateless Autoconfiguration .....	180
10.8.3.1	Automatische Adressvergabe .....	180
10.8.3.2	DAD, Duplicate Address Detection .....	180
10.8.4	Adresszustand .....	181
10.9	Umnummerierung eines Netzes .....	181
10.10	MTU .....	181

10.11	Router-Redirection	182
10.12	Das IPv6-Paket	182
10.13	VPN in IPv6	183
10.14	Quality of Service	183
10.15	Kommunikation beider Welten	184
10.15.1	Encapsulierung	184
10.15.2	Fixe und dynamische Tunnel	184
10.15.3	Fix, Gateway-to-Gateway-Tunneling	185
10.15.4	Automatische Tunnel	185
10.15.4.1	6to4	185
10.15.4.2	ISATAP	186
10.15.4.3	Teredo	186
10.16	DNS in IPv6	188
10.17	DHCPv6	188
10.18	Zusammenfassung	189
10.19	Zum Weiterlesen	189
<b>11</b>	<b>Netzwerkspeicher</b>	<b>191</b>
11.1	Dateiübertragung, TFTP und FTP	191
11.1.1	TFTP – Trivial File Transfer Protocol	192
11.1.2	FTP – File Transfer Protocol	192
11.2	Filesharing	195
11.2.1	DAS – Direct Attached Storage	195
11.2.2	NAS – Network Attached Storage	195
11.2.2.1	NFS – Network File System	196
11.2.2.2	SMB – Server Message Block	196
11.2.3	WebDAV	198
11.3	SAN – Storage Area Network	199
11.4	Zum Weiterlesen	202
<b>12</b>	<b>Repetitorium und Verständnisfragen</b>	<b>203</b>
12.1	Einführung	203
12.2	Layer I	204
12.3	Layer II	207
12.4	Layer III	209
12.5	Layer IV	213
12.6	Allgemeines	215
12.7	IP Version 6	217
<b>13</b>	<b>Praxis/Übungen</b>	<b>219</b>
13.1	ARP-Requests	220
13.2	Kommunikation auf Layer III	224



13.3	Layer II-Loop-Probleme .....	225
13.4	Die Subnetzmaske .....	227
13.5	Das Default Gateway .....	229
13.6	Nameserver .....	232
13.7	Routen prüfen .....	235
13.8	Prüfen der Verbindungen auf Layer IV .....	236
13.9	APIPA-Adressierung .....	240
13.10	Das Kernel-Routing .....	240
	13.10.1 Die Routing-Tabelle .....	240
	13.10.2 Beeinflussen des Routings .....	242
	13.10.3 Mehrere Netzwerkadapter .....	243
13.11	Genau hineingesehen – der Network Analyzer .....	246
	13.11.1 ARP-Request .....	247
	13.11.2 Telnet-Session .....	248
13.12	IPv6 .....	250
	<b>Anhang .....</b>	<b>255</b>
<b>14</b>	<b>Exkurse .....</b>	<b>257</b>
14.1	Exkurs in die Zahlensysteme: Bit, Byte, binär .....	257
	14.1.1 Binär ist nicht digital .....	257
	14.1.2 Bit und Byte .....	258
14.2	Zahlensysteme in der Computerwelt .....	258
	14.2.1 Das Dezimalsystem .....	258
	14.2.2 Das Binärsystem .....	259
	14.2.3 Das Hexadezimalsystem .....	259
	14.2.4 Umrechnung der Systeme .....	260
14.3	Beispiel eines Routing-Vorganges .....	263
14.4	PXE .....	266
14.5	Voice over IP .....	268
	14.5.1 VoIP im Privatbereich .....	268
	14.5.2 VoIP im Firmenbereich .....	269
<b>15</b>	<b>Szenarien, Planung, Beispiele .....</b>	<b>271</b>
15.1	Netzwerke im privaten Bereich .....	271
15.2	Büros und Kleinfirmen .....	273
15.3	Mittlere und größere Firmen .....	274
15.4	Planung eines Netzwerkes .....	275
	15.4.1 Verkabelung .....	275
15.5	Der Strom .....	278
15.6	Klima .....	279
15.7	Impressionen .....	279

<b>16</b>	<b>Steckertypen</b> .....	<b>291</b>
16.1	Thin-Wire .....	291
16.2	UGV .....	292
16.3	Glasfaser .....	293
16.3.1	ST-Stecker (Straight Tip) .....	293
16.3.2	SC-Stecker .....	294
16.3.3	MT-RJ-Stecker .....	295
16.3.4	LC-Stecker .....	295
16.3.5	E2000-Stecker .....	295
16.4	Bemerkungen zu Steckertypen .....	296
16.5	Schutz der Patchkabel und Dosen .....	296
<b>17</b>	<b>Fehleranalyse</b> .....	<b>298</b>
17.1	Ein Rechner oder mehrere sind nicht am Netz .....	298
17.2	Alle Rechner sind nicht am Netz .....	300
17.3	Router prüfen .....	301
17.4	Einige Rechner ohne Internet .....	301
17.5	Netzwerk ist langsam .....	302
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>303</b>
	<b>Index</b> .....	<b>307</b>