

Vorwort	XV
1 Zur Geschichte der Netzwerke	1
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
2 Layer I des OSI-Modells	11
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
3	Layer II – die Sicherungsschicht	39
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
4	Layer III – die Vermittlungsschicht	53
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
5	Layer IV – die Transportschicht	96
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
6	Virtuelle Netze und Geräte	111
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
7	VPN – virtuelle private Netzwerke	130
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

8	Wireless LAN	139
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
9	Netzzugang, Szenarien	161
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
10	IP Version 6 (IPv6)	169
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
10.6.1	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
11	Netzwerkspeicher	191
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
11.2	SAN – Storage Area Network	199
11.4	Zum Weiterlesen	202
12	Repetitorium und Verständnisfragen	203
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
13	Praxis/Übungen	219
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
Anhang		255
14	Exkurse	257
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
15	Szenarien, Planung, Beispiele	271
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

16	Steckertypen	291
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
17	Fehleranalyse	298
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
	Abkürzungsverzeichnis	303
	Index	307