

Inhalt

1	Normen	15
1.1	Das OSI-Modell ist in sieben Layer aufgeteilt	16
1.1.1	Das OSI-Modell vom ISO aus 1978	16
1.1.2	Protokolle in Computernetzen: IP, IPX, SNA, Apple-Talk	18
1.1.3	LLC- und MAC-Sublayer vom IEEE	18
1.2	Verbindungslos und verbindungsorientiert	19
1.2.1	Datagramme	19
1.2.2	Sessions	19
1.3	Local Area Network und Wide Area Network	20
1.4	Topologien	21
1.4.1	Punkt zu Punkt (engl. P2P)	21
1.4.2	Mehrpunkt (engl. Multipoint)	21
1.4.3	Stern (engl. Star)	22
1.4.4	Ring	23
1.4.5	Bus	23
1.4.6	Local und Remote	24
1.4.7	Der Netzwerk-Backbone	24
1.5	Netzwerkkomponenten	25
1.5.1	Hub (Repeater, Ringleitungsverteiler, Concentrator)	25
1.5.2	Bridge (Layer-2-Switch)	26
1.5.3	Router (Layer-3-Switch)	27
1.5.4	Remote Access Server (RAS)	28
1.5.5	Gateway	29
1.5.6	Multiplexer	30
1.6	Netzwerkklassen	31
1.6.1	Client- und Server-Netze	31
1.6.2	Peer-to-Peer-Netze	31
1.6.3	Cluster-Netze	32
1.7	Verbindungen	32
1.7.1	Synchrone Verbindungen	33
1.7.2	Asynchrone Verbindungen	33
1.7.3	Full-Duplex	33
1.7.4	Half-Duplex	33

1.8	Frame-Aufbau	34
1.8.1	WAN-Frames: PPP (LAPM, LAPD, HDLC)	34
1.8.2	LAN-Frames: Ethernet (SNAP), Token-Ring (LLC), FDDI	35
1.8.3	Fehlererkennung (FCS/CRC)	36
1.9	MAC-Adressen	37
1.9.1	Broadcast, Multicast und Unicast	37
1.9.2	Lowest Significant Bit First (LSBF)	38
1.9.3	Highest Significant Bit First (HSBF)	38
1.10	Switching	38
1.10.1	Hubs (Repeater) und Port-Switching	38
1.10.2	Layer-2-Switch (Bridge)	39
1.10.3	Transparent-Bridge (TRB)	39
1.10.4	Source-Route-Bridge (SRB)	41
1.10.5	Source-Route-Transparent (SRT)	42
1.10.6	Source-Route/Translational-Bridge (SR/TLB)	42
1.10.7	Bridging zwischen verschiedenen LANs	42
1.10.8	Spanning-Tree für Backup-Verbindungen (STP)	43
1.10.9	Bridge Congestion: Full-Duplex, Slow-Down, Back-Pressure	45
1.10.10	Cut-Through	46
1.10.11	Store-and-Forward	46
1.10.12	Auto-Partitioning	47
1.10.13	Workgroup-Switches	47
1.10.14	Backbone-Switches	48
1.10.15	VLAN (virtual local area network)	49
1.10.16	Router (Layer-3-Switch)	52
1.10.17	IP-Subnetze gegen VLANs	53
1.10.18	Router-Protokolle: IP, IPX, Apple-Talk, Decnet, Vines-IP	54
1.10.19	Encapsulation, wie DLSW für SNA von IBM	55
1.10.20	Backup-Verbindungen über Router	55
1.10.21	Layer-4-Switching	56
1.10.22	Priorisierung von Anwendungen	57
1.10.23	Quality-of-Service (Verbindungsqualität)	58
1.10.24	Filter (Access-Control-List = ACL)	58
1.10.25	Accounting (Abrechnung)	58
1.10.26	Multilayer-Switching in Backbone- und Workgroup-Switches	59
2	LAN (local area network)	61
2.1	Vergleich der LAN-Technologien	61
2.2	Kabel	62
2.2.1	Normen für Verkabelungen	62

2.2.2	Anwendungsbereich der DIN 50173	62
2.2.3	Der Stern als Topologie nach DIN 50173	63
2.2.4	Kabel-Längen nach DIN 50173 63	
2.2.5	Die Netznormen definieren kürzere Längen als die DIN 50173! .	64
2.2.6	Nur die Hersteller definieren Längen für Single-Mode-Glasfaser!	64
2.2.7	RJ45-Stecker für Twisted-Pair-Kupferkabel	65
2.2.8	SC-Duplex-Stecker für Glasfaser	66
2.2.9	Reichen zwei Stecker, d. h. eine Doppeldose, pro Arbeitsplatz? .	68
2.2.10	Twisted-Pair-Kupferkabel nach Category 1 bis Category 7	68
2.2.11	Shielded-Twisted-Pair-Kupferkabel nach Category 5e	69
2.2.12	UTP-Kabel für Category 6 und STP-Kabel für Category 7	70
2.2.13	IBM-Typ-1-Kabel (veraltet)	70
2.2.14	Acht Adern? Zwei Dienste? Schirm? Erdung? Category 7?	70
2.2.15	Kabelanpassungen mit Balun und Impedanzwandler	72
2.2.16	Glasfaserkabel	73
2.2.17	Multi-Mode-Glasfaserkabel (MMF)	73
2.2.18	Single-Mode-Glasfaserkabel (SMF)	74
2.2.19	Dämpfungsrechnung bei Glasfaserkabeln	75
2.2.20	Telefon-Backbone mit ISDN-Systemkabeln	76
2.2.21	Coax- und Twinax-Kabel sind nicht nach DIN 50173 normiert! .	77
2.2.22	Platz für Verteilerschränke	78
2.2.23	Die Zukunft der Verkabelung	80
2.3	Ethernet	80
2.3.1	CSMA/CD	81
2.3.2	Collision als Steuerung im CSMA/CD	82
2.3.3	Collisions sind keine Fehler in CSMA/CD-Netzen!	83
2.3.4	Collisions: Kurzschluss, SQE, Backpressure, Late-Collision . .	83
2.3.5	Gibt es Collisionen in voll geschwitchten Netzen?	84
2.3.6	Collision-Domain	84
2.3.7	Full-Duplex	85
2.3.8	Vorteile von Full-Duplex	86
2.3.9	Fehlermanagement in Full-Duplex-Switches	86
2.3.10	Ethernet-Generationen	87
2.3.11	Ethernet-Frames	87
2.3.12	10-Base-5: Ethernet mit 10 Mbit/s über Thickwire-Yellow-Coax	88
2.3.13	10-Base-2: Ethernet mit 10 Mbit/s über Thinwire-Coax-Kabel .	92
2.3.14	Erstes Problem von 10-Base-2: der Anschluss über T-Stücke . .	93
2.3.15	Zweites Problem von 10-Base-2: Thinwire-Buslänge	95
2.3.16	10-Base-T: Ethernet mit 10 Mbit/s über Twisted-Pair-Kabel . .	96

2.3.17	10-Base-F: Ethernet mit 10 Mbit/s über Glasfaserkabel	97
2.3.18	100-Base-X: Fast-Ethernet mit 100 Mbit/s	98
2.3.19	100-Base-X: Fast-Ethernet und Repeater	99
2.3.20	100-Base-X: Fast-Ethernet-Transceiver mit MII-Port	99
2.3.21	1000-Base-X: Gigabit-Ethernet mit 1000 Mbit/s	100
2.3.22	1000-Base-X: Kabel für Gigabit-Ethernet 101	
2.3.23	1000-Base-TX: Anschluss für Gigabit-Ethernet (GII-Transceiver) 101	
2.3.24	Keine Repeater im Gigabit-Ethernet	102
2.3.25	Gigabit-Ethernet anstatt ATM oder FDDI	102
2.3.26	Ethernet-Zukunft: 10 000 Mbit/s = 10 GE	103
2.3.27	Ethernet-Zukunft: Channeling	103
2.3.28	Ethernet-Regeln: Switched Ethernet ohne Repeater	103
2.4	Token-Ring	104
2.4.1	Token-Ring mit 4 Mbit/s, 16 Mbit/s und 100 Mbit/s	104
2.4.2	Token-Passing: Frame-Formate, Early-Token-Release	104
2.4.3	Ring Insertation	105
2.4.4	Active Monitor	106
2.4.5	Claim Token	107
2.4.6	Ring Purge	107
2.4.7	Latency Buffer	107
2.4.8	Full-Duplex: Dedicated Token-Ring	107
2.4.9	Fehlersuche: MAC-Frames im Token-Ring	108
2.4.10	Fehlersuche: Phase-Jitter	109
2.4.11	Kabelsysteme für den Token-Ring	110
2.4.12	Stecker im Token-Ring	110
2.4.13	Kabel für Token-Ring	111
2.4.14	Impedanzwandler: Verbinden von IBM-Typ 1 mit Category 3 ..	111
2.4.15	Virtueller Ring und physikalischer Stern	112
2.4.16	Ringleitungsverteiler: MSAU und CAU	113
2.4.17	Ringlängenberechnung	114
2.4.18	Ringlängenmessung	114
2.4.19	Ausfallsicherung im Token-Ring mit Ringleitungsverteilern ...	115
2.4.20	Topologie der Token-Ringe	115
2.4.21	Die Zukunft vom Token-Ring ist Ethernet	116
2.5	FDDI	117
2.5.1	FDDI-Modell	117
2.5.2	Frames im FDDI	118
2.5.3	Append-Token für den FDDI-Doppelring	118
2.5.4	Timer im FDDI	119

2.5.5	Ring-Insertation im FDDI	120
2.5.6	Ring-Start im FDDI	121
2.5.7	Stuck-at-Beacon	121
2.5.8	Fehlersuche mit SMT-Informationen	121
2.5.9	Stecker: Typen B, A, S, M an Stationen und Concentratoren ...	123
2.5.10	Kabel für FDDI	125
2.5.11	Multi-Mode-Glasfaserkabel	125
2.5.12	Single-Mode-Glasfaserkabel	125
2.5.13	Category-5-Twisted-Pair-Kupferkabel	125
2.5.14	FDDI-Anschlusskabel	126
2.5.15	FDDI-Topologie	126
2.5.16	Stationsanschluss über Bypass	127
2.5.17	Ausfallsicherung im FDDI	127
2.5.18	FDDI-Bridging zu anderen Netzen	128
2.5.19	Die Zukunft von FDDI	128
2.6	ATM	129
2.6.1	Normung von ATM	129
2.6.2	PHY: Physical-Layer im ATM	131
2.6.3	PHY: Stecker und Kabel im ATM	131
2.6.4	PHY: SDH und SONET	131
2.6.5	PHY: ATM über bestehende Telefonstrecken E1/E3	132
2.6.6	Telefonieren digital (PCM-Technik: der Satz von Nyquist)	132
2.6.7	PHY: Die PDH-Stufen E1 und E3	133
2.6.8	PHY: Kabel und Übertragungsraten im LAN	134
2.6.9	ATM-Layer	134
2.6.10	ATM: Zellen	135
2.6.11	ATM: Path und Channel (VPI/VCI)	135
2.6.12	ATM: UNI und NNI	137
2.6.13	ATM: Private and Public	138
2.6.14	ATM: Signalisierung mit SAAL und ILMI	138
2.6.15	ATM: Routing mit PNNI	138
2.6.16	ATM: PVC und SVC (Standleitungen und Wählverbindungen) .	139
2.6.17	ATM: PVC-Festverbindungen (Standleitungen)	139
2.6.18	ATM: Adressen für SVC (Wählleitungen)	141
2.6.19	ATM: Quality-of-Service (QoS)	142
2.6.20	ATM-Adaption-Layer (AAL)	144
2.6.21	AAL: Typ 1 für Sprache im WAN	144
2.6.22	AAL: Typ 2 dynamisch für Sprache und Daten	144
2.6.23	AAL: Typ 5 für Daten im LAN	144

2.6.24	Integration von LAN- und ATM-Technik	145
2.6.25	Segmentierung von LAN-Frames (SNAP) in ATM-Zellen (Cell)	145
2.6.26	FUNI: Frames bridgen über ATM-Standleitungen (RFC 1483) ..	146
2.6.27	IPOA: Classical IP over ATM mit ARP-Servern (RFC 1577) ...	146
2.6.28	LANE: LAN-Emulation over ATM mit LECS, LES und BUS ..	147
2.6.29	LANE: LEC, LECS, LES und BUS	147
2.6.30	LANE: ELAN-Insertation	148
2.6.31	LANE: ELAN-Broadcast senden	148
2.6.32	LANE: ELAN-Unicast versenden	149
2.6.33	LANE: Verbindungen in LANE	149
2.6.34	LANE: ELAN-Durchsatz	150
2.6.35	LANE: Versionen 1.0 und 2.0	150
2.6.36	LANE-Installation	151
2.6.37	MPOA: Routing mit Multi-Protocol-Over-ATM	152
2.6.38	ATM – eine Übersicht	153
2.7	Wireless-LAN	154
3	Wide Area Networks (WAN).....	157
3.1.1	Standleitung und Wählverbindung	157
3.1.2	Voll-Duplex und Halb-Duplex	158
3.1.3	Synchron und asynchron	158
3.1.4	bit/s und Baud	158
3.2	Vergleich der WAN-Netzwerktechnologien	159
3.3	Modem	159
3.3.1	Modem: Kennzeichen	160
3.3.2	Modem: Geschwindigkeiten (V.90 = 56 kbit/s / 33,6 kbit/s)	161
3.3.3	Modem: Frames (LAPM, MNP) und Fehlerkorrektur (V.42) ...	161
3.3.4	PPP: Point-to-Point-Protocol (LCP, NCP, CHAP, PAP, IPCP) ..	162
3.3.5	Modem: Datenkompression (V44)	163
3.3.6	Modem: Steuerung über AT-Befehle	163
3.3.7	Modem: Anschluss (V.24 und TAE)	164
3.3.8	V.24 + V.28 = RS232C	164
3.3.9	TAE: der deutsche Telefonanschluss	166
3.3.10	Analoge Wählverfahren: IWV und MFV	168
3.3.11	Modem: Internet-by-Call via Modem (oder ISDN-Karte)	169
3.4	ISDN	170
3.4.1	ISDN: Kennzeichen	170
3.4.2	ISDN: Wählverbindung und Standleitung	171
3.4.3	ISDN: Dienste	172
3.4.4	ISDN: Merkmale	173

3.4.5	ISDN: Kanäle und Protokolle	173
3.4.6	S0-Bus: Basisanschluss	174
3.4.7	S0-Bus: NTBA-Anschluss und Notstrombetrieb	175
3.4.8	S0-Bus: Terminaladapter (TA)	176
3.4.9	S0: Anlagenanschluss	177
3.4.10	UP0: Private Telefonanlagen, Anschlüsse und Protokolle	177
3.4.11	S2M: Primärmultiplexanschluss	178
3.4.12	S2M: Wählverbindung oder Standleitung	179
3.4.13	S2M: Anschluss	179
3.4.14	S2M: Stromversorgung	180
3.4.15	Verbindung von ISDN und Modem	181
3.5	ADSL	181
3.5.1	ADSL: Halb-Duplex	182
3.5.2	ADSL: ATM-Standleitung mit VPI/VCI	183
3.5.3	ADSL: Topologie	184
3.5.4	ADSL: Anschluss	184
3.5.5	ADSL: Splitter	185
3.5.6	ADSL: Stromanschluss und Leuchtdioden	185
3.5.7	xDSL: ADSL-Varianten	185
3.5.8	IDSL: ISDN-Digital-Subscriber-Line	185
3.5.9	SDSL: Symmetric-Digital-Subscriber-Line	186
3.5.10	VDSL: Very-Highspeed-Digital-Subscriber-Line	186
3.5.11	DSL-Lite: ADSL in einer vereinfachten Variante	186
3.5.12	ADSL: Verbreitung	186
3.6	X.25	187
3.6.1	X.25-Topologie	187
3.6.2	X.25-Kennzeichen	188
3.6.3	X.25: weltweite Wählverbindungen mit X.121-Rufnummer	188
3.6.4	X.25-Protokolle	189
3.6.5	X.25: Packet-Layer-Protocol (PLP)	189
3.6.6	X.25: Link-Access-Procedure-Balanced (LAPB)	190
3.6.7	X.25: die X.21-Schnittstelle mit DB.15-Stecker	190
3.6.8	X.25: V.35-Interface mit ISO-2593-Stecker	191
3.6.9	X.25: Konfiguration	192
3.7	Frame-Relay	193
3.7.1	FR: Kennzeichen	193
3.7.2	FR: Bandbreiten (CIR, AR), Burst (Bc, Be) und DE-Bit	193
3.7.3	FR: Alle müssen sich an die CIR-Regel halten!	194
3.7.4	FR: Congestion mit BECN und FECN	195

3.7.5	FR: Standleitungen (DLCI)	196
3.7.6	FR: Wählverbindungen (SVC)	196
3.7.7	FR: Anschlusstechnik	196
3.7.8	FR: Local-Management-Interface (LMI)	197
3.7.9	FR: Encapsulation nach RFC.1490	197
3.7.10	FR: Schnittstellen X.21, V.35 und E1 (wie bei X.25).....	198
3.7.11	FR: V.36-Schnittstelle via DB37-Stecker	198
3.7.12	FR: HSSI-Schnittstelle mit EIA/TIA612-Stecker (E3)	199
3.7.13	FR: Konfiguration	200
4	Internet	203
4.1	Geschichte des Internet	203
4.2	Anwendungen im Internet	204
4.2.1	Browser: Schmökern und blättern in den Internet-Web-Seiten ..	205
4.2.2	Browser: Schaltflächen im Microsoft-Internet-Explorer	206
4.2.3	Browser: Erweiterungen mit Plug-In's, Winzip oder Acrobat ...	207
4.2.4	Proxy: Zwischenspeicher von Web-Seiten	208
4.2.5	Cookie: Info-Datei über gelesene Seiten eines Web-Servers	208
4.2.6	Suchmaschinen: Es gibt kein Adressbuch für das Internet	208
4.2.7	Suchmaschinen: Web-Adressen über Schlagwörter finden!	209
4.2.8	E-Mail: elektronischer Postversand	210
4.2.9	E-Mail: Kostenlose Accounts, mit Zugriff via Web-Browser ...	211
4.2.10	Java: Programme	211
4.2.11	News: Nachrichten, Zeitungen und Diskussionsgruppen	212
4.2.12	FTP: Filetransfer via Internet	213
4.2.13	Viren: Vorsicht beim E-Mail-Empfang oder FTP-Download! ..	213
4.2.14	Telnet: Terminalzugriff auf Großrechner	214
4.2.15	Internet: Banking	214
4.2.16	VoIP: Internet-Telefonie	215
4.2.17	IP-TV: Internet-Fernsehen	217
4.3	IP: das Internet-Protocol	217
4.3.1	Layer 4 mit TCP/IP und UDP/IP	217
4.3.2	TCP/IP: verbindungsorientierte Session	217
4.3.3	UDP/IP: verbindungsloses Datagramm	218
4.3.4	IP-Anwendungen: Port-Nummer auf Layer 4	218
4.4	IP-Adressen	219
4.4.1	IP: öffentliche, public und private Adressen (RFC 1918)	219
4.4.2	IP: Classfull-Adressen der Version 4	220
4.4.3	Subnetting	221
4.4.4	Supernetting	225

4.4.5	IP-Adressen der Version 6	226
4.4.6	Default-Gateway	227
4.4.7	Je Router-Anschluss ein IP-Subnetz!	228
4.4.8	Router: Statische Routen	229
4.4.9	Router: RIP	230
4.4.10	Router: OSPF	231
4.4.11	Router: BGP	231
4.4.12	Router: NAT	232
4.4.13	DNS: Domain-Name-Service	233
4.4.14	DNS: Regeln für Namen „a–z“, „0–9“ und der Bindestrich	233
4.4.15	DNS: Namen nur vom Internic (DENIC) oder einem ISP	235
4.4.16	ISP: Internet-Service-Provider	235
4.4.17	MAC-Adressen, Rufnummern, Kanal-Kennungen usw.	235
4.4.18	ARP: Address-Resolution-Protocol	236
4.4.19	Proxy-ARP: eine Router-Funktion	237
4.4.20	Verwaltung von Namen und Adressen mit DNS/DHCP-Servern	238
4.4.21	DHCP und IPCP: IP-Adressen vergeben	239
4.4.22	ICMP: das Fehlerprotokoll von IP mit „Ping & Pong“	239
4.4.23	ICMP Error Messages	240
4.4.24	Host-Regeln für IP nach RFC 1122	240
4.4.25	Internet Anschlusstechniken	241
4.4.26	Intranet im LAN	241
4.5	Sicherheitstechniken	242
4.5.1	Viren, Vandalen und Trojanische Pferde	242
4.5.2	Sicherheit ist ein Konzept und kein Produkt!	243
4.5.3	Secure-Policy	244
4.5.4	Sicherheitstechniken	245
4.5.5	Authentisierung: Login und Password	246
4.5.6	RADIUS und TACACS	246
4.5.7	Wahlverbindungen und Zugriffsschutz	247
4.5.8	RAS als Einwahlknoten und keinen Router!	248
4.5.9	Layer-3-Switch als Collapsed-Backbone und Default-Gateway .	248
4.5.10	Verschlüsselung: Encryption.	249
4.5.11	Authentisierung: digitale Unterschrift	251
4.5.12	Tunnel: verschlüsselte Verbindung zwischen zwei Routern.	253
4.5.13	Viele Tunnel bilden ein Virtual-Private-Network	254
4.5.14	Firewall	254
4.5.15	NAT-Router	256
4.5.16	Auditing	257

4.5.17	TOS: sichere Betriebssysteme	257
4.5.18	Risiken für einen sicheren Systembetrieb	258
5	Netzwerk-Diagnose	259
5.1	Leistung eines Computernetzes	259
5.1.1	Bandbreite (kbit/s und Mbit/s)	259
5.1.2	Verzögerung (ms)	261
5.1.3	Fehlerrate (Promilleangabe)	263
5.2	Dokumentation	264
5.2.1	Bezeichnungen (engl. Label)	265
5.2.2	Dokumentation einer Verkabelung	266
5.2.3	Dokumentation eines Netzwerks	267
5.2.4	Dokumentieren ist eine ständige Aufgabe!	268
5.3	SNMP	268
5.3.1	Agenten	270
5.3.2	Manager	271
5.3.3	Datenaustausch mit SNMP	273
5.3.4	SNMP-Installation	274
5.3.5	RMON-Probes (Monitore)	276
5.4	Analyser	281
5.4.1	Analyser-Bauformen	282
5.4.2	Analyser-Anschluss an einen Switch = Broadcast-Storm?	283
5.5	Fehlersuche	285
5.5.1	Kabel-Fehlersuche	285
5.5.2	Ethernet-Fehlersuche	291
5.5.3	Token-Ring-Fehlersuche	293
5.5.4	ISDN-Fehlersuche	295
5.5.5	Datenaustausch in IP-Netzen	297
5.5.6	Datenaustausch in IPX-Netzen	298
5.5.7	Datenaustausch in SNA-Netzen	298
5.5.8	Datenaustausch mit SQL-Datenbanken	299
5.5.9	Baselining	300
5.5.10	Zehn Regeln zur Fehlersuche	301
5.6	Es geht nicht ohne Messmittel!	302
	Abkürzungen	305
	Stichwortverzeichnis	351
	Epilog	365