

Inhaltsverzeichnis

1. Lokale Netze – eine Erfolgsstory	21
1.1 Der Ursprung Lokaler Netze	26
1.2 Anwendungsfelder Lokaler Netze	40
1.2.1 Das LAN im Rechenzentrum	40
1.2.2 Das LAN als Basis eines Integrierten Informationssystems	45
1.2.3 Das LAN in der Industriellen Fertigungsumgebung	47
1.2.4 PC-Netze	48
1.2.5 Intranets	57
1.3 Netzwerk-Architekturen für Verteilte Anwendungen	65
1.3.1 Einführung und Problemstellung	65
1.3.2 Netzwerkarchitekturen	67
1.3.2.1 Open Systems Interconnection	67
1.3.2.2 SNA, SAA und Networking Blueprint	76
1.4.2.3 Die TCP/IP-Protokolle (DoD-Protokollfamilie)	81
1.4 LAN-Standards und Standard-LANs	84
1.4.1 LAN-Medien und LAN-Grundtypen	84
1.4.1.1 Übertragungsmedien und Übertragungstechniken (vgl. Kap.2)	85
1.4.1.2 LAN-Topologien und Verkabelungsstrategien (vgl. Kap. 2.6)	87
1.4.2 Steuerungsverfahren für Shared Media LANs (vgl. Kapitel 3)	89
1.4.2.1 Token-Passing-Steuerungsverfahren	91
1.4.2.2 CSMA-Steuerungsverfahren	92
1.4.3 LAN-Standards (vgl. Kapitel 4)	94
1.4.4 Die klassischen LANs (Kapitel 3, 4, 5)	95
1.4.4.1 CSMA/CD, populär Ethernet	95
1.4.4.2 Token Ring	99
1.4.4.3 FDDI	100
1.4.5 Zusammenfassung	101
1.5 Lokale Netze auf dem Weg ins Millenium (vgl. Kapitel 6,7,8)	102
1.5.1 Das Problem: müde Standard-LANs	102
1.5.2 Strukturierte Verkabelung	103
1.5.3 Hub-Technologie	106
1.5.4 LAN-Switching	109
1.5.5 FPS Fast Packet Switching	111
1.5.6 ATM-LANs	113
1.6 Überblick über den Inhalt des Buches	116

2.	Nachrichtenübertragung in Lokalen Netzen	119
2.1	Grundsatzfragen der Übertragungstechnik	121
2.1.1	Bits und Bauds	122
2.1.2	Ein Modell für ein Übertragungssystem	123
2.1.3	Die echten Fundamentals: Fourier-Analyse, Abtasttheorem, Impulsverformung und Bandbreite	125
2.1.4	Die Nyquistbedingungen	131
2.1.5	Bandbreite, Kanalkapazität und Ausnutzung	137
2.1.6	Multiplexverfahren, Grundbegriffe	142
2.2	Übertragung auf metallischen Leitern	145
2.2.1	Niederfrequenzkabel	145
2.2.1.1	Physikalische Eigenschaften von Leitungen	146
2.2.1.2	Nebensprechdämpfung	149
2.2.1.3	Entscheidende Parameter bei Verkabelungssystemen	151
2.2.1.4	Grundtypen des Twisted Pair	152
2.2.1.5	Entwicklung von Spezifikationen und Normen für Niederfrequenzkabel	154
2.2.1.6	Datenstecker für Niederfrequenzkabel	157
2.2.2	Hochfrequenzkabel	160
2.2.3	Übertragungsverfahren auf metallischen Leitern	164
2.2.3.1	Einfache Basisbandübertragungsverfahren	165
2.2.3.2	Partial-Response-Verfahren	169
2.2.3.3	Basisbandübertragung mehrwertiger Signale	173
2.2.3.4	Breitbandübertragungstechnik	174
2.2.3.5	Technische Ausführung kabelgebundener Breitbandübertragungssysteme	178
2.3	Optische Übertragungstechnologie	180
2.3.1	Strahlungsquellen	182
2.3.2	Lichtwellenleiter	184
2.3.3	Strahlungsempfänger	192
2.3.4	Aufbau und Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln	192
2.3.5	Optische Verbindungstechnik	196
2.3.5.1	Spleißtechnik	197
2.3.5.2	Steckertechnik	198
2.3.5.2.1	FSMA-Stecker	198
2.3.5.2.2	ST-Stecker	199
2.3.5.2.3	FC/PC-Stecker	200
2.3.5.2.4	BNC- und Biconic-Stecker	200
2.3.5.2.5	DIN-Stecker	201
2.3.5.2.6	FDDI-MIC-Stecker	201
2.3.5.2.7	Duplex SC-Stecker	201

2.3.6	Einmessung von Lichtleiterverbindungen	202
2.3.7	Optische Sternkoppler	203
2.4	Wireless LANs	205
2.4.1	Wireless LANs – Architektur	206
2.4.2	Spread Spectrum, Microwave und Infrared	208
2.4.3	Wireless LANs nach IEEE 802.11	210
2.5	Codierung und Fehlersicherung	217
2.5.1	Parity Check	217
2.5.2	Blocksummen-Check	217
2.5.3	Cyclic Redundancy Checksum/CRC	217
2.6	Verkabelung: Problematik, Standards, Beispiele	219
2.6.1	Grundsätzliche Anforderungen und Problemstellungen	220
2.6.2	Versorgungs- und Verkabelungsbereiche	226
2.6.3	Standards für die Inhouse-Verkabelung	233
2.6.3.1	Der EIA/TIA 568-Standard	233
2.6.3.2	Der ISO/IEC-Standard 11801	238
2.6.3.3	Kritik am Standard ISO/IEC 11801	248
2.6.3.4	Zum CE-Zeichen (CE-Konformität)	252
2.6.3.5	Weiterentwicklung der Verkabelungsstandards	253
2.6.4	Beispiele für Verkabelungssysteme	255
3.	Klassische LAN-Zugriffverfahren	267
3.1	Einleitung	268
3.2	Zugriffverfahren in Ringsystemen	269
3.2.1	Das Token-Ring-Protokoll	271
3.2.2	Slotted Ring	281
3.2.3	Erhöhung der Zuverlässigkeit von Ringnetzen	281
3.2.4	FDDI-Ringnetzwerk	284
3.2.4.1	FDDI-Topologie und Glasfaser-Interface	284
3.2.4.2	Die FDDI-Zugriffsmethode	286
3.2.4.3	FDDI – Zuverlässigkeit und Leistung	287
3.2.5	System- und Produktbeispiel Token Ring	288
3.2.5.1	IBM Classic Token Ring	290
3.2.5.2	Der weitere Weg des Token Rings	297
3.2.6	System- und Produktbeispiel FDDI	301
3.3	Zugriffverfahren in Bussystemen	307
3.3.1	Klassifikation von Bussystemen	308
3.3.2	Auswahltechniken und der Token Bus	310
3.3.2.1	Beispiele zentraler Auswahltechniken	311
3.3.2.2	Dezentrale Techniken, Token Bus	311
3.3.3	Random-Access-Methoden	319
3.3.4	Reservierungstechniken	333
3.3.5	IEEE 802.6 DQDB-Doppelbus	334

3.3.6	Bus-Systembeispiel Ethernet V.2	343
3.3.6.1	Systemübersicht	343
3.3.6.2	Technischer Überblick	345
3.3.6.3	Entwicklung von Ethernet	352
3.4	Zum Erscheinungsbild moderner LAN-Familien	352
3.4.1	Anforderungen/Fragen an den Hersteller/Vertreiber von LAN-Komponenten	354
3.4.2	Anforderungen an die Komponenten des Übertragungssystems	356
3.4.3	Anforderungen an Unterverteiler	356
3.4.4	Anforderungen an Adapterkarten	357
3.5	Fazit	362
4.	LAN-Standards und Standard-LANs	363
4.1	Der Standard IEEE 802/ISO 8802 –Übersicht	366
4.2	IEEE 802.2/ISO 8802.2 Logical Link Control und IEEE 802.1/ISO 8802.1 architekturelle Einbindung	371
4.2.1	OSI-Schichtenbildung	371
4.2.2	OSI Dienst- und Protokollspezifikationen	373
4.2.3	Service Primitive-Typen	374
4.2.4	Protokoll-Dateneinheiten	377
4.2.5	Das HDLC-Protokoll	378
4.2.6	Die LLC nach IEEE 802	382
4.3	IEEE 802.3/ISO 8802.3 CSMA/CD-System	390
4.3.1	IEEE 802.3/ISO 8802.3 MAC	391
4.3.2	IEEE 802.3 10Base-5	396
4.3.3	IEEE 802.3 10Base-2 »Cheapernet«	398
4.3.4	IEEE 802.3 10Base-T Twisted Pair-LAN	400
4.3.5	IEEE 802.3 Fiber-Optic-Systeme	406
4.3.6	IEEE 802.3 10Broad-36	412
4.3.7	Full Duplex Ethernet	413
4.3.8	100 Base-T	415
4.4	IEEE 802.4/ISO 8802.4 Token-Bus-System	423
4.5	IEEE 802.5/ISO 8802.5 und IBM Token-Ring-System	424
4.5.1	Token Ring Physical Layer	433
4.6	IEEE 802.12 Demand Priority 100VG-AnyLAN	435
4.7	ANSI X3T9.5/ISO 9314-X FDDI-System	442
4.7.1	FDDI – Media Access Control/MAC	443
4.7.2	FDDI – Physical Layer Protocol/PHY	448
4.7.3	FDDI – Physical Medium Dependent/PMD	450
4.7.4	FDDI – Station Management/SMT	452
4.7.5	Fehlertoleranz im FDDI-Ringnetz	453

5.	Vom Standard-LAN zum Unternehmensnetz	455
5.1	Internetworking	456
5.1.1	Die allgemeine LAN-Internetworking-Problematik	459
5.1.2	Bedarfsorientiertes LAN-Internetworking	462
5.1.2.1	Kopplung mit Brücken	462
5.1.2.1.1	Grundsätzliche Arbeitsweise von Brücken	462
5.1.2.1.2	Selbstlernende Brücken	465
5.1.2.1.3	Schleifenunterdrückung	466
5.1.2.1.4	Spanning Tree-Verfahren	466
5.1.2.1.5	Source Routing	467
5.1.2.2	Kopplung mit Routern	469
5.1.2.2.1	Architektur von Routern	470
5.1.2.2.2	Routing und Netzwerk-Protokolle	470
5.1.2.2.3	IP, das Internet Protocol	472
5.1.2.2.4	RIP	478
5.1.2.2.5	OSPF	478
5.1.2.2.6	IS-IS-Protokoll	479
5.1.2.2.7	Integrated IS-IS	479
5.1.3	Der Einsatz von Backbone-Netzen	479
5.1.3.1	Aufbau und Klassen von Backbone-Netzen	480
5.1.3.2	Encapsulation und Translation-Techniken	482
5.2	Hub-Technologie	485
5.2.1	Einführung	485
5.2.2	Unternehmensweite Hubs	488
5.2.2.1	Anforderungen an unternehmensweite Hubs	488
5.2.2.2	Der Bus: Kern des Hubs	490
5.2.2.3	Weitere wichtige Hub-Komponenten	492
5.2.2.4	Hub-Technologie heute	494
5.2.3	Collapsed Backbones	504
5.3	Neu im Netz: Multimedia	506
5.3.1	Multimedia, die neue Schnittstelle	507
5.3.2	Multimedia im Netz	510
5.3.3	Kompressionstechniken	516
5.3.4	Video-Server	520
5.3.5	Folgen für die Backbones	520
5.4	LAN-Management, Sicherheit und Betrieb	523
5.4.1	Einleitung	523
5.4.2	Funktionen des integrierten Netzwerk-Managements	528
5.4.3	Methoden der Integration von Management-Instrumenten	531
5.4.4	Netzwerk-Management Standards	535
5.4.4.1	SNMP	536
5.4.4.2	RMON: Remote Monitoring	541

5.4.4.3	SNMP Version 2	546
5.4.5	Sicherheitsprobleme in Netzen	548
5.4.5.1	Einführung	549
5.4.5.2	Sicherheit im Netz	550
5.4.6	Netzwerk-Management: Produktreihen, Kurzüberblick	554
5.4.7	Wandel der Bedarfsentwicklung im Netzwerk-Management	556
5.4.7.1	Die heutige Bedarfsituation	556
5.4.7.2	Die klassischen Problembereiche in der Praxis	558
5.4.7.3	Unangenehme Erfahrungen zum Netzwerk-Management	561
6.	LAN-Evolution: High Speed, Switching, Qualität	565
6.1	Herausforderungen an die Netzwerk-Planung	571
6.1.1	Konkrete Anforderungen an moderne Netzwerk-Infrastrukturen	572
6.1.2	Trends	581
6.1.3	Schwachstellen bisheriger Netze	588
6.1.4	E-Business-feste Infrastrukturen	595
6.2	LAN-Switching	603
6.2.1	Grundlegende Konstruktionsprinzipien für Switches	605
6.2.2	Merkmale moderner Switches	609
6.2.3	Layer-2-Switching für Ethernet	617
6.2.3.1	Dedicated Ethernet	617
6.2.3.2	Bandwidth on Demand	622
6.2.3.3	Produktbeispiele Ethernet-Switches	623
6.2.3	Layer-2-Switching für Token Ring und High Speed Token Ring	624
6.2.4.1	Stärken und Schwächen von Token Ring Installationen	626
6.2.4.2	Token Ring Switching	628
6.2.4.3	Vollduplex Token Ring	630
6.2.4.4	Migration	632
6.2.4.5	Die High Speed Token Ring Lösungen von Olicom	633
6.2.5	Layer 3- und Layer 4-Switching	637
6.2.5	Leistungssteigerung mit Trunking	646
6.3	Gigabit Ethernet	651
6.3.1	Der Weg zum Standard	653
6.3.2	Der Gigabit Ethernet Standard	656
6.3.2.1	Übertragungssysteme auf der Grundlage von Fibre Channel	657
6.3.2.2	1000 BASE-T Gigabit Ethernet über Kupferverkabelung	662
6.3.2.3	Shared Gigabit Ethernet	676
6.3.2.4	Full Duplex Gigabit Ethernet Switching	679
6.3.3	Gigabit Ethernet Produkte	680

6.3.4	Gigabit-Ethernet: erste Tests	684
6.3.5	Überlegungen zum Einsatz von Gigabit-Ethernet	692
6.3.6	Migration zu Gigabit Ethernet	697
6.4	Virtuelle Netze	702
6.4.1	Heutige Lösungen	702
6.4.2	Virtuelle Netze als Basis für neue Lösungen im Hinblick auf logische Workgroups	705
6.4.3	Virtuelle Netze nach IEEE 802.1Q	710
6.5	Auf der Suche nach Qualität	715
6.5.1	RSVP	717
6.5.2	Integrierte Dienste über LANs nach 802.1 D/p	722
6.5.3	Leistungsanalyse von Gigabit Ethernet	726
6.5.3.1	Modellierung, Grundgedanken	728
6.5.3.2	Eine Gruppe geeigneter Warteschlangenmodelle	735
6.5.3.2.1	M/G/1-Modell	735
6.5.3.2.2	M/D/1-Modell	736
6.5.3.3	Ergebnisse	739
6.5.3.4	Gigabit Ethernet versus Fast Ethernet mit Priorisierung	741
6.5.3.5	Verkettete Switches	744
6.6	IP-Telefonie im LAN	745
6.6.1	Motivation	746
6.6.2	Technische Szenarien	752
6.6.3	Architektur, Funktionen und Standards	755
6.6.4	Technische Anforderungen an das lokale IP-Kernnetz	760
7.	ATM-LANs und Switched Virtual Networks	765
7.1	ATM-Grundlagen	766
7.2	Lokales ATM	786
7.2.1	L-ATM: Physikalische Medien und Schnittstellen	786
7.2.2	L-ATM: die Bitübertragungs- und Datensicherungsschicht	789
7.2.3	25 vs. 155 Mbit/s zum Endgerät	790
7.3	LAN-Emulation, IP over ATM und »native ATM«-Schnittstellen	795
7.3.1	ATM-Forum LAN Emulation	796
7.3.2	IETF RFC 1577 Classical IP over ATM	805
7.3.3	Native ATM-APIs	806
7.3.4	Multiprotocol Routing over ATM: MPOA	812
7.4	Die ATM-Strategie von IBM	814
7.4.1	Übersicht	815
7.4.2	ATM-LAN- und Campus-Produkte	816
7.4.3	Das private ATM-WAN mit Nways-Switches	819
7.5	ATM-Netz-Management	820

7.6	Switched Virtual Networks	828
7.6.1	LAN-Switching	830
7.6.2	ATM-LAN-Emulation	832
7.6.3	ATM-Kanten-Router	834
7.6.4	Virtuelle Router	837
7.6.5	Relationale Netze	840
7.6.6	Virtuelle Netze und schnelles Backbone-Switching	842
7.7	IBM/3Com MSS	846
7.7.1	Migration zum Switching	848
7.7.2	MSS: Funktionen, Eigenschaften, Vorzüge	850
7.7.3	Super VLANs	852
7.7.4	Protokollbasierte VLANs	853
7.7.5	Next Hop Resolution Protocol (NHRP) – Short Cut Routing	853
7.7.6	Broadcast Management	855
7.7.7	Zuverlässigkeit	855
7.7.8	Unterstützung für Classical IP über ATM	856
7.7.9	Routing Support	857
7.7.10	Bridging Support	857
7.7.11	ATM virtuelle Schnittstelle	857
7.7.12	Konfigurierbare QoS für ELANs	858
7.7.13	PNNI-Control Point	858
7.7.14	MSS: Zusammenfassung	859
7.8	Das Ende von ATM	860
7.8.1	Die Gliederung der Hauptargumentationslinien	862
7.8.2	ATM im Endgerätebereich: bis auf Ausnahmen nicht existent	862
7.8.3	ATM im privaten LAN: umständlich und nutzlos	864
7.8.4	ATM im privaten Backbone: Ablösung naht!	865
7.8.5	ATM und Carrier Class Equipment	866
7.8.6	Und was gibt es noch?	867
7.8.7	Der Markt	868
7.8.8	Fazit	870
8.	Intranets und E-Commerce	871
8.1	Intranet: gedankliche Grundzüge	873
8.2	Intranet: verschärfte Definition	884
8.3	Grundfunktionen von Internet/Intranets	886
8.3.1	Die Entwicklung des Internet	889
8.3.2	Grundfunktionen des Internet: Email, TELNET, FTP, IRC, Foren, Tools	890
8.3.2.1	Adressen im Internet	891
8.3.2.2	E-Mail	896

8.3.2.3	Telnet	898
8.3.2.4	FTP	899
8.3.2.5	Weitere Tools: Gopher, Archie & Co.	900
8.3.2.6	Chatten und News	901
8.3.2.7	Zusammenfassung	902
8.4	World Wide Web/Enterprise Wide Web	903
8.4.1	Grundlegende Funktionsweise des WWW	905
8.4.2	Die WWW-Standards HTML und HTTP	910
8.4.3	Erweiterungen der Grundkonzepte:Java, HTML 3 und 3-D	916
8.5	Wirtschaftlichkeit von Intranets: Von der Präsenz zum Profit	920
8.5.1	Nutzungsphasen für Intranets	922
8.5.2	Intranet als Basis des Re-Engineerings	926
8.5.3	Wirtschaftlichkeit von Intranets	929
8.5.4	1:1-Marketing mit Internet/Intranets	936
8.5.4.1	Der 1:1-Ansatz	938
8.5.4.2	Internet als Medium für das 1:1- Paradigma	939
8.5.4.3	Ein Kunde zu einer Zeit	942
8.5.4.4	Information, der Schlüssel zum Erfolg	945
8.5.4.5	Probleme des Massen-Marketings	947
8.5.4.6	Schutz der personenbezogenen 1:1-Daten	950
8.5.5	Merchant-Server	951
8.5.5.1	Grundlegende Überlegungen	952
8.5.5.2	Das Anwendungssystem von BroadVision	955
8.5.6	Das IBM Network Computing Framework für E-Business NCF	958
8.6	Die wirtschaftliche Nutzung von Java und Netz-Computern, NCs	966
8.6.1	NCs	969
8.6.2	Java	972
8.6.3	PC, SC oder NC?	973
8.6.4	Organisatorische Überlegungen	977
8.7	Sicherheit in Internet und Intranets	979
8.7.1	Allgemeine Bedrohungen	980
8.7.2	Spezielle Schwachstellen von Internet/Intranets	983
8.7.3	ID-Systeme	990
8.7.4	Schutz von Objekten in verteilten Umgebungen	991
8.7.4.1	Schutz von Objekten (allgemein)	992
8.7.4.2	Objekte in vernetzten und verteilten Systemen	997
8.7.5	Schwachstellen der Informationssicherheit in Netzen und Absicherungsmaßnahmen bis zur Schicht 5	1002
8.7.5.1	Einflüsse auf die Informationssicherheit	1002
8.7.5.2	Schwachstellen in der Schicht 0, Medium	1003
8.7.5.3	Schwachstellen der Bitübertragungsschicht	1005

8.7.5.4	Schwachstellen in der Sicherungsschicht, Schicht 2	1007
8.7.5.5	Schwachstellen in der Vermittlungsschicht, Schicht 3	1007
8.7.5.6	Sicherung der Information auf der Transportschicht	1008
8.7.5.7	Sicherung der Information auf der Kommunikations-Steuerungsschicht	1009
8.7.6	Sicherung der Information auf der Datendarstellungsschicht	1010
8.7.7	Probleme der Anwendungsschicht	1011
8.7.8	Die Sicherheitspolitik	1012
8.7.8.1	Die Erarbeitung einer Sicherheitspolitik	1014
8.7.9	Firewall-Systeme	1015
8.7.9.1	Grundlegende Konstruktionsprinzipien	1016
8.7.9.2	Beispiel: Raptor Systems Eagle	1020
8.7.9.3	Planung und Implementierung	1023
8.7.10	Fazit	1028
9.	Optische Netze und 10 Gigabit Ethernet	1031
9.1	Zur Entwicklung von Anforderungen und Märkten	1032
9.2	Optische Netze	1037
9.2.1	Überblick	1037
9.2.2	Wichtige Technologien	1042
9.2.2.1	Breitband WDM	1042
9.2.2.2	Optische Verstärker – die Anfänge	1042
9.2.2.3	Dense Wavelength Division Multiplexing DWDM	1042
9.2.2.4	Optische Verstärker heute	1044
9.2.2.5	Schmalband-Laser	1044
9.2.2.6	Fiber-Bragg-Gitter	1044
9.2.2.7	Dünnschichtsubstrate	1044
9.2.2.8	Weitere Entwicklungen bei Komponenten	1045
9.2.3	Anwendungen der Komponenten	1046
9.2.4	Märkte für Optische Netze	1048
9.2.5	Design- und Planungsaspekte	1051
9.2.6	Evolution der Netze	1054
9.3	10 Gigabit Ethernet	1056
9.3.1	Ziele bei der Entwicklung des 10 GbE-Standards	1058
9.3.2	Struktur des Dokumentes IEEE 802.3ae	1061
9.3.3	LAN-PHY	1063
9.3.3.1	LAN-PHY Übertragungstechniken – Übersicht	1064
9.3.3.2	Parallele Übertragung	1068
9.3.3.3	Serielle Übertragung	1068
9.3.3.4	WWDM-Übertragung	1071
9.3.3.5	Analoge Übertragung	1072

9.3.3.6	10 GbE über Kupfer	1072
9.3.3.7	Konsensus	1074
9.3.4	IEEE 802.3ae WAN-PHY	1075
9.3.4.1	WAN-PHY-Terminologie	1075
9.3.4.2	Das WAN-PHY-Layer-Modell	1082
9.3.5	UniPHY	1087
9.3.6	XAUI, XGSS und XGMII	1091
9.3.7	XGMII-Schnittstelle	1093
9.3.8	Status Mitte 2000	1098
Literaturverzeichnis		1101
Stichwortverzeichnis		1109