
Inhaltsverzeichnis

1	Basiskonzepte: Strukturen	20
1.1	<i>Rechnernetze</i>	20
1.2	<i>Das OSI-Modell und seine Erweiterungen</i>	22
1.2.1	Schichtenmodelle	22
1.2.2	Das OSI-Referenzmodell	22
1.2.3	Protokolle und Dienste, OSI-Terminologie	25
1.2.4	Erweiterungen des OSI-Modells	27
1.3	<i>Die Schichten des OSI-Modells</i>	28
1.3.1	Protokolle pro Schicht	28
1.3.1.1	Schicht 1	28
1.3.1.2	Schicht 2	29
1.3.1.3	Schicht 3	30
1.3.1.4	Schicht 4	31
1.3.1.5	Schicht 5	31
1.3.1.6	Schicht 6	32
1.3.1.7	Schicht 7	32
1.3.2	Protokollmechanismen	32
1.4	<i>Weitere Schichten- und Ebenenmodelle</i>	35
1.4.1	Das TCP/IP-Modell	35
1.4.2	Schichten und Ebenen	36
1.4.3	Das B-ISDN-Referenzmodell	36
1.4.4	Schichtenmodell für WAN	37
1.4.5	Herstellerspezifische Schichtenmodelle	38
1.4.6	Schichtenmodell für Feldbusse	38
1.5	<i>Topologien</i>	39
1.5.1	Klassifikation von Topologien	39
1.5.2	Bewertung von Topologien	40
1.6	<i>Internetworking</i>	41
1.6.1	Begriffe	41
1.6.2	Repeater	42
1.6.3	Brücken und Switches	43
1.6.4	Router	44
1.6.5	Gateways	44
1.7	<i>Adressierung</i>	44
1.7.1	Adressen und Namen	44
1.7.2	MAC-Adressen	46
1.7.3	Adressierung nach OSI	46
1.7.4	ATM-Adressen	47
1.7.5	X.121-Adressen	48
1.7.6	Adressierung nach TCP/IP	48
1.7.7	Labels	49
1.7.8	Weitere Adressierungsarten	49
1.7.9	Adressauflösung	50
1.7.10	Adresszuweisung	50

2	Basiskonzepte: Verbindungen Punkt-zu-Punkt	52
2.1	<i>Aufgaben der Bitübertragungsschicht</i>	52
2.2	<i>Übertragungsmedien</i>	52
2.2.1	Übersicht	52
2.2.2	Leitungsgebundene Übertragung	54
2.2.2.1	Metallische Leiter	54
2.2.2.2	Optische Wellenleiter	56
2.2.3	Freiraum-Übertragung	58
2.2.3.1	Ungerichtete Ausbreitung	58
2.2.3.2	Gerichtete Ausbreitung	58
2.3	<i>Codierung und Modulation</i>	59
2.3.1	Begriffe, Ziele	59
2.3.2	Leitungscodierung	61
2.3.3	Kanalcodierung	63
2.3.4	Quellencodierung/Datenkompression	65
2.3.5	Modulation	65
2.3.5.1	Begriffe	65
2.3.5.2	Analoge Modulation	66
2.3.5.3	Digitale Modulation	67
2.3.5.4	Mehrträgersysteme	68
2.3.6	Bandspreizung (Spread Spectrum)	68
2.3.7	Adaptive Nutzung von Frequenzspektren	69
2.4	<i>Multiplex-Verfahren</i>	70
2.4.1	Begriffe und Übersicht	70
2.4.2	Raummultiplex	71
2.4.3	Frequenz- und Wellenlängenmultiplex	72
2.4.4	Zeitmultiplex	72
2.4.5	Codemultiplex	74
2.4.6	Aufwärts- und Abwärtsmultiplex	75
2.5	<i>Sicherungsschicht: Aufgaben und Konzepte</i>	76
2.5.1	Aufgaben	76
2.5.2	Uni- und bidirektionale Übertragung, Duplex-Verfahren	77
2.6	<i>Rahmenbildung und Rahmensynchronisation</i>	78
2.6.1	Aufgaben	78
2.6.2	Varianten	79
2.6.2.1	Asynchrone Übertragung	79
2.6.2.2	Synchrone Übertragung	80
2.7	<i>Flusssteuerung</i>	81
2.7.1	Aufgaben	81
2.7.2	Verfahren	81
2.7.2.1	Stop-and-Wait	81
2.7.2.2	Sliding Window	81
2.8	<i>Fehlersicherung (Kanalcodierung)</i>	82
2.8.1	Codierung zur Fehlererkennung	83
2.8.1.1	Fehlererkennung durch Paritätsbits	83
2.8.1.2	Fehlererkennung durch Prüfsummen	85
2.8.1.3	Fehlererkennung durch CRC	85
2.8.2	Codierung zur Fehlerkorrektur	86

2.9	<i>Fehlerbehebung, ARQ-Verfahren</i>	87
2.9.1	Aufgaben und Konzepte	87
2.9.2	Stop-and-Wait bei ARQ	88
2.9.3	Go-Back-N	89
2.9.4	Selective Reject	90
2.10	<i>Vielfachzugriffsverfahren</i>	90
2.11	<i>HDLC und weitere Protokolle der Sicherungsschicht</i>	93
2.11.1	Grundlegende Eigenschaften	93
2.11.2	Rahmenaufbau	94
2.11.3	Commands in HDLC	96
2.11.4	Abläufe	97
2.11.5	Weitere Protokolle der Sicherungsschicht	97
3	Basiskonzepte: Kommunikation Ende-zu-Ende	98
3.1	<i>Die OSI-Vermittlungsschicht</i>	98
3.1.1	Begriffe und Übersicht	98
3.1.2	Verbindungslose und verbindungsorientierte Netzwerkdienste ..	98
3.1.3	Aufgaben der Vermittlungsschicht	99
3.2	<i>Vermittlungstechniken</i>	100
3.2.1	Überblick	100
3.2.2	Leitungsvermittlung	101
3.2.3	Paketvermittlung	102
3.2.4	Zellenvermittlung	103
3.2.5	Vergleich der Vermittlungstechniken	104
3.3	<i>Signalisierung</i>	104
3.3.1	Begriffe	104
3.3.2	Signalisierungsverfahren	105
3.4	<i>Routing</i>	106
3.4.1	Aufgaben und Probleme	107
3.4.2	Routing-Verfahren	108
3.4.2.1	Übersicht	108
3.4.2.2	Routing-Verfahren Fluten	110
3.4.2.3	Routing-Verfahren Hot Potato	111
3.4.3	Routing-Algorithmen	111
3.4.3.1	Distanz-Vektor-Algorithmus	112
3.4.3.2	Link-State-Routing, Dijkstra-Algorithmus	113
3.4.3.3	Pfad-Vektor-Algorithmus	115
3.5	<i>Überlaststeuerung</i>	115
3.5.1	Aufgaben	116
3.5.2	Verfahren	116
3.6	<i>Die Transportschicht</i>	116
3.6.1	Aufgaben der Transportschicht	117
3.6.2	Dienstgüte	117
3.6.3	Dienstprimitive	118
3.6.4	Transportprotokoll	120
3.6.5	TransportdienstU-protokoll nach ISO 8072/8073	121

4	Basiskonzepte: Kommunikation zwischen Anwendungen	124
4.1	<i>Die Sitzungsschicht nach OSI</i>	124
4.1.1	Aufgaben und Funktionen der Sitzungsschicht	124
4.1.2	Token	125
4.1.3	Synchronisation	126
4.2	<i>Die Präsentationsschicht nach OSI</i>	127
4.2.1	Aufgaben der Präsentationsschicht	127
4.2.2	ASN.1 und BER	128
4.3	<i>Die Anwendungsschicht nach OSI</i>	130
4.3.1	Begriffe, Aufgaben	130
5	Anwendungen und Eigenschaften der Rechnernetze	133
5.1	<i>Netzwerkarchitekturen</i>	133
5.1.1	Übersicht	133
5.1.2	Rechnernetze, Datennetze und verteilte Systeme	134
5.1.3	Verteilung und Transparenz	136
5.1.4	Client-Server-Architekturen	137
5.1.4.1	Allgemeines	137
5.1.4.2	Zweischichtige Client-Server-Architektur	139
5.1.4.3	Dreischichtige Client-Server-Architektur	140
5.1.4.4	Vergleich von Client-Server-Architekturen	141
5.1.5	Peer-to-Peer-Netzwerke	141
5.1.6	Verteil- und Sammelnetzwerke	141
5.1.7	Virtuelle und Overlay-Netzwerke	142
5.2	<i>Kriterien zur Einteilung und Bewertung</i>	142
5.2.1	Übersicht	142
5.2.2	Anwendungsbereiche	143
5.2.3	Anwendungen	144
5.2.4	Öffentlich oder nichtöffentlich	146
5.2.5	Ausdehnung	147
5.2.6	Kommunikationsbeziehungen	148
5.2.7	Fest oder mobil	149
5.2.8	Elektronisch oder optisch	152
5.3	<i>Netzwerk-Generationen</i>	154
5.3.1	Telefonnetze	154
5.3.2	Dienste-integrierte Netze	155
5.3.3	Datennetze	156
5.3.4	Das Internet	156
5.3.5	Mobilfunknetze	157
5.3.6	Weitere mobile Netze	159
5.3.7	Netze der nächsten Generation (NGN, NGI)	159
5.3.8	Ambient Networks	160
5.3.9	Aktive Netzwerke	160
5.3.10	Virtuelle Netzwerke und Overlay Networks	161
5.3.11	Weitere Netzwerke	161
5.4	<i>Leistungskenngrößen</i>	162
5.4.1	Übersicht	162
5.4.2	Benutzerbezogene Leistungskenngrößen	163

5.4.3	Quality of Service	163
5.4.3.1	Übersicht	163
5.4.3.2	Bandbreite, Verzögerung und Durchsatz	165
5.4.3.3	Datenraten	167
5.4.3.4	Jitter	168
5.4.3.5	Fehlerraten	168
5.4.4	Qualitative Kriterien	169
5.4.5	Verlässlichkeit	170
5.5	<i>Modellierung und Leistungsbewertung von Netzwerken</i>	171
5.5.1	Ziele	171
5.5.2	Klassifikation anwendbarer Methoden	171
5.5.3	Grundbegriffe der Bedien- und Verkehrstheorie	172
5.6	<i>Sicherheit</i>	175
5.6.1	Bedrohungen und Sicherheitsziele	175
5.6.2	Grundbegriffe zur Kryptographie	177
5.6.3	Verfahren zur Sicherung der Vertraulichkeit	179
5.6.3.1	Symmetrische Verfahren	179
5.6.3.2	Asymmetrische Verfahren	180
5.6.4	Verfahren zur Sicherung der Integrität und Authentizität (Hash-Funktionen und MAC)	181
5.6.5	Verfahren zur Sicherung der Verbindlichkeit	183
5.6.6	Schlüsselmanagement und PKI (Public Key Infrastructure)	184
5.6.7	Verfahren zur Sicherung der Verfügbarkeit	185
5.6.8	Verfahren zur Sicherung der Anonymität	185
6	Konzepte: Lokale Netzwerke (LAN)	187
6.1	<i>Überblick</i>	187
6.1.1	IEEE 802 im Überblick	187
6.1.2	Vielfachzugriffsverfahren in LAN und MAN	189
6.1.3	Link Layer (IEEE 802.2)	189
6.1.4	Internetworking und weitere Aufgaben (IEEE 802.1)	190
6.2	<i>Ethernet (IEEE 802.3)</i>	192
6.2.1	Varianten des Ethernet	192
6.2.2	Prinzip des ursprünglichen Ethernet: CSMA/CD	194
6.2.3	Rahmenformat nach IEEE 802.3	195
6.2.4	Ethernet-Netzwerke (Repeater, Brücken, Switches und Router)	197
6.2.5	Ethernet mit 10 Mbit/s	200
6.2.5.1	Übersicht	200
6.2.5.2	Ethernet mit Koaxialkabeln	201
6.2.5.3	Ethernet mit Doppeladern	202
6.2.5.4	Ethernet mit Glasfasern	203
6.2.6	Ethernet mit 100 Mbit/s	205
6.2.7	Ethernet mit 1 Gbit/s	206
6.2.8	Ethernet mit 10 Gbit/s	207
6.2.9	Ethernet mit Breitbandübertragung	209
6.2.10	Aktuelle Bedeutung des Ethernet und seiner Varianten	210
6.3	<i>Token Ring (IEEE 802.5)</i>	211
6.3.1	Varianten	211

6.3.2	Prinzip	211
6.3.3	Rahmenformat und Funktionen	212
6.3.4	Netzaufbau	214
6.4	<i>Token Bus (IEEE 802.4)</i>	215
6.4.1	Prinzip des Token Bus	215
6.4.2	Rahmenformat und Funktionen	216
6.5	<i>Demand-Priority Access (IEEE 802.12)</i>	217
6.5.1	Zugriffsverfahren	217
6.5.2	Netzaufbau	218
6.6	<i>FDDI (Fiber Distributed Data Interface)</i>	218
6.6.1	Prinzip	218
6.6.2	Netzaufbau	220
6.7	<i>Speichernetzwerke</i>	221
6.7.1	Begriffe	221
6.7.2	Fibre Channel	222
6.7.3	iSCSI (Internet Small Computer System Interface)	222
6.8	<i>Virtualisierung (VLAN), QoS und Sicherheit im LAN</i>	223
6.8.1	Begriffe, Motivation	223
6.8.2	Ansätze für VLAN	223
6.8.3	VLAN nach IEEE 802.1Q	227
6.8.4	QoS im LAN (IEEE 802.1p)	228
6.8.5	Sicherheit im LAN und VLAN (IEEE 802.1X)	228
6.9	<i>Drahtlose, lokale Netzwerke (WLAN)</i>	229
6.9.1	Grundlagen	229
6.9.1.1	Begriffe, Anwendungen	229
6.9.1.2	Physikalische Eigenschaften drahtloser Kanäle	231
6.9.1.3	MAC-Verfahren: Probleme und Lösungsansätze	232
6.9.1.4	Sicherheit in drahtlosen Netzwerken	234
6.9.2	WLAN nach IEEE 802.11	235
6.9.2.1	Übersicht	235
6.9.2.2	Netzarchitektur und Schichtenmodell nach IEEE 802.11	236
6.9.2.3	Die PHY- und MAC-Schichten in IEEE 802.11	238
6.9.3	WPAN nach IEEE 802.15	239
6.9.3.1	Übersicht	239
6.9.3.2	Koexistenz/Internetworking zwischen WPAN/WLAN (IEEE 802.15.2)	239
6.9.3.3	WPAN mit hoher Datenrate (IEEE 802.15.3)	240
6.9.3.4	WPAN mit geringem Energiebedarf (IEEE 802.15.4, ZigBee)	241
6.9.4	WMAN nach IEEE 802.16	242
6.9.4.1	Übersicht	242
6.9.4.2	WiMAX nach IEEE 802.16	243
6.9.4.3	Mobile WiMAX nach IEEE 802.16e	243
6.9.5	IEEE P 802.20 und weitere Projekte	245
6.10	<i>Schnittstellen und lokale Netzwerke für Peripheriegeräte etc.</i>	246
6.10.1	Infrarot-Schnittstellen (IrDA)	246

6.10.2	RFID (Radio Frequency Identification) und NFC (Near Field Communication)	246
6.10.3	USB (Universal Serial Bus), Wireless USB	247
6.10.4	IEEE 1394 (Firewire), Wireless Firewire	248
6.10.5	Bluetooth	248
6.11	<i>Netzwerke für die Automatisierungstechnik (Feldbusse)</i>	251
6.11.1	Begriffe	251
6.11.2	Besonderheiten bei Feldbussen	253
6.11.3	Profibus	254
6.11.4	P-Net	257
6.11.5	Interbus	258
6.11.6	CAN (Controller Area Network) und TTCAN	260
6.11.7	AS-Interface	262
6.11.8	SERCOS (Serial Real Time Communication System)	263
6.11.9	Feldbusse auf der Basis Ethernet (Industrial Ethernet)	263
6.12	<i>Netzwerke für weitere Anwendungsgebiete</i>	264
6.12.1	Netzwerke für Gebäude	264
6.12.1.1	Übersicht	264
6.12.1.2	LON (Local Operating Network)	265
6.12.1.3	Konnex	265
6.12.1.4	BACnet (Building Automation and Control Networks)	266
6.12.2	Netzwerke für Fahrzeuge etc.	267
6.12.2.1	Besonderheiten	267
6.12.2.2	LIN (Local Interconnect Network)	268
6.12.2.3	MOST (Media-Oriented System Transport)	268
6.12.2.4	FlexRay und TTP (Time-Triggered Protocol)	269
6.13	<i>Lokale Netzwerke im Vergleich</i>	270
7	Konzepte: Metro- und Wide-Area-Netzwerke (MAN, WAN)	272
7.1	<i>Konzepte für MAN</i>	272
7.1.1	DQDB	272
7.1.2	RPR (Resilient Packet Ring)	274
7.1.3	Metropolitan Ethernet und Carrier Ethernet	275
7.2	<i>Paketvermittelnde Datennetze (X.25)</i>	276
7.2.1	Übersicht	276
7.2.2	Netzwerkaufbau	276
7.2.3	Der X.25-Protokollstapel	277
7.3	<i>ISDN – ein Multi-Service-Netzwerk</i>	279
7.3.1	Übersicht	279
7.3.2	Netzwerkaufbau	280
7.3.3	ISDN-Schichtenmodell	280
7.4	<i>PDH – ein hierarchisches Zeitmultiplex-System</i>	282
7.4.1	Grundsätzliche Eigenschaften	282
7.4.2	Multiplex-Struktur und Rahmenaufbau	283
7.5	<i>SDH, SONET und OTH – hierarchische Multiplex-Systeme</i>	285
7.5.1	Grundsätzliche Eigenschaften	285
7.5.2	Funktionen in SDH	287

7.5.3	Topologie von SDH-Netzwerken	288
7.5.4	Multiplex-Struktur und Rahmenaufbau	289
7.5.5	Datenkommunikation in SDH/SONET	291
7.5.6	OTH (optische Transporthierarchie)	292
7.6	<i>Frame Relay</i>	293
7.6.1	Übersicht	293
7.6.2	Verbindungen in Frame Relay	294
7.6.3	Leistungsparameter und Überlaststeuerung	294
7.6.4	Rahmenformat	295
7.6.5	Signalisierung und Management	297
7.7	<i>ATM – ein universell einsetzbares Netzwerk</i>	297
7.7.1	B-ISDN und ATM	297
7.7.2	Funktionsprinzip	298
7.7.3	ATM-Schnittstellen und Netzaufbau	301
7.7.4	Schichtenmodell und Zellenformat	302
7.7.5	Dienstklassen	305
7.8	<i>Schicht-2- und Schicht-3-Protokolle für WAN</i>	308
7.8.1	Überblick	308
7.8.2	Das Point-to-Point Protocol (PPP)	309
7.8.2.1	Grundsätzliche Eigenschaften	309
7.8.2.2	Das PPP-Phasendiagramm	310
7.8.2.3	Das Link Control Protocol (LCP)	311
7.8.2.4	Das Network Control Protocol (NCP)	312
7.8.2.5	Zum Einsatz von PPP	312
7.8.3	Schicht-3-Protokolle für WAN	313
7.9	<i>Konzepte für MAN und WAN im Vergleich</i>	313
8	Konzepte: Zugangsnetzwerke	315
8.1	<i>Übersicht, Begriffe</i>	315
8.2	<i>Schnittstellen von DTE zu DCE</i>	316
8.2.1	Begriffe, Übersicht	316
8.2.2	V.24 und RS-232	317
8.2.3	V.35, V.36, V.37	318
8.2.4	V.10, V.11, RS-449	319
8.2.5	X.21, X.21bis	319
8.2.6	Weitere Schnittstellen mit höherer Geschwindigkeit	320
8.3	<i>Modems: Zugang über das Telefonnetz</i>	321
8.3.1	Teilnehmeranschlussleitung	321
8.3.2	Prinzipien für Modems	322
8.3.3	Modem-Standards	324
8.3.4	Protokolle für Modemübertragung	326
8.4	<i>Zugang über ISDN</i>	327
8.4.1	Übersicht	327
8.4.2	Referenzmodell für den ISDN-Teilnehmerzugang	328
8.4.3	Digitalisierung der Teilnehmeranschlussleitung	329
8.4.4	Leitungscodierung	330
8.4.5	Der S ₀ -Bus	334
8.5	<i>Zugang über xDSL</i>	335
8.5.1	Übersicht	335

8.5.2	Modulationsverfahren	337
8.5.3	Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)	338
8.5.4	Very High Bit Rate DSL (VDSL)	338
8.6	Zugang über optische Fasern (FTTx, PON)	339
8.7	Zugang über Kabelnetze	340
8.8	Zugang über Stromversorgungsleitungen	341
8.9	Drahtlose Zugänge	342
8.9.1	Ziele und Lösungsansätze	342
8.9.2	Zugang über Mobilfunknetze	342
8.9.3	Zugang über Richtfunk	344
8.9.4	Zugang über Satelliten und HAPs (High-Altitude Platforms)	345
8.9.5	Zugang mittels optischer Freiraumübertragung	346
8.10	Dienste in breitbandigen Zugangsnetzen	346
8.11	Vergleich der Zugangsverfahren	347
9	Internet: Das offene globale Netz	349
9.1	Grundlagen	349
9.1.1	Grundbegriffe	349
9.1.2	Der TCP/IP-Protokollstapel im Überblick	350
9.2	TCP/IP detailliert	353
9.2.1	Netzwerkschicht: das Internet-Protocol (IP)	353
9.2.2	Steuerung: das Internet Control Message Protocol (ICMP)	360
9.2.3	Verbindungsorientierter Transport: Transmission Control Protocol (TCP)	361
9.2.4	Verbindungsloser Transport: User Datagram Protocol (UDP)	369
9.3	Zusammenwirken mit Protokollen der Sicherungsschicht	370
9.3.1	ARP: IP-Adressen → Hardware-Adressen	370
9.3.2	RARP: Hardware-Adressen → IP-Adressen	370
9.3.3	Das Bootstrap Protocol (BOOTP)	371
9.3.4	Das Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	371
9.4	IP-Routing	372
9.4.1	Grundlagen	372
9.4.2	Routing-Verfahren	374
9.4.3	Intradomain-Routing: RIP, OSPF und IS-IS	375
9.4.4	Interdomain Routing: BGP	376
9.5	Multiprotocol Label Switching (MPLS)	377
9.6	Das mobile Internet	380
9.6.1	Architektur für das mobile Internet	380
9.6.2	Mobile IP: Ziele und Begriffe	381
9.6.3	Abläufe in Mobile IP	382
9.6.4	Mikromobilität in IP	384
9.7	Multicast und Multimedia	385
9.7.1	Multicast	385
9.7.2	Multimedia	385
9.7.3	Multicast-Gruppen (IGMP)	386
9.7.4	Multicast-Routingprotokolle	387
9.7.5	Der Multicast Backbone (Mbone)	388
9.7.6	Anycast	388
9.7.7	Transport multimedialer Daten (RTP und RTCP)	388

9.8	<i>Quality of Service</i>	389
9.8.1	Begriffe, Ansätze	389
9.8.2	Integrated Services und Ressourcen-Reservation (RSVP)	391
9.8.3	Differentiated Services	393
9.8.4	AQM (Active Queue Management) und ECN (Explicit Congestion Notification)	394
9.8.5	Regelbasierte Netzwerke	395
10	Intranet, Extranet und virtuelle private Netzwerke	397
10.1	<i>Begriffe</i>	397
10.1.1	Anforderungen an die Geschäftskommunikation	397
10.1.2	Alternativen für die Geschäftskommunikation	397
10.1.3	Internet, Intranet, Extranet	399
10.2	<i>Adressumsetzung und Firewalls</i>	400
10.2.1	Adressumsetzung (NAT, NAPT)	400
10.2.2	Dual-Homed/Multi-Homed Host	401
10.2.3	Firewall-Arten	401
10.2.3.1	Paketfilter	402
10.2.3.2	Circuit-Level Gateway	403
10.2.3.3	Application Level Gateway und Proxy Server	403
10.2.4	Firewall-Konfigurationen	404
10.2.4.1	Übersicht	404
10.2.4.2	Dual-Homed Firewall	404
10.2.4.3	Screened Host Firewall	405
10.2.4.4	Screened Subnet Firewall	405
10.2.4.5	Distributed Firewalls	406
10.3	<i>Sicherheitsmechanismen und -architekturen im Internet</i>	407
10.3.1	Übersicht	407
10.3.2	Sicherheitsmechanismen	408
10.3.3	Sicherheitsarchitekturen	409
10.3.3.1	Übersicht	409
10.3.3.2	Sicherheit auf der Netzwerkschicht (IPsec)	409
10.3.3.3	Sicherheit auf der Transportschicht (TLS/SSL)	411
10.3.3.4	Authentication, Authorization und Accounting (AAA)	412
10.3.3.5	Weitere Sicherheitsarchitekturen	414
10.3.3.6	Sicherheit und Schichtenmodell	415
10.4	<i>Virtuelle private Netzwerke (VPN)</i>	416
10.4.1	Private und virtuelle private Netzwerke	416
10.4.2	Tunnel-Protokolle	416
10.4.3	Tunnel auf Schicht 2 (L2TP)	418
10.4.4	Aspekte bei VPN	419
11	Internet: Dienste und Anwendungen	421
11.1	<i>Dokumente</i>	421
11.1.1	Begriffe	421
11.1.2	Zeichencodierung	422
11.1.3	Dateiformate	424

11.1.4	Dokumentarchitekturen	425
11.1.4.1	Standard Generalized Markup Language (SGML)	425
11.1.4.2	Weitere Dokumentarchitekturen	427
11.2	<i>Internet-Dienste im Überblick</i>	427
11.3	<i>Prozedurfernaufruf (RPC)</i>	428
11.4	<i>Verteilte Dateisysteme</i>	428
11.5	<i>Verzeichnisdienste</i>	429
11.5.1	Begriffe, Aufgaben	429
11.5.2	Domain Name System (DNS)	430
11.5.3	X.500 Directory	432
11.5.4	Zugriff auf Verzeichnisse (LDAP)	432
11.6	<i>Elektronische Post</i>	432
11.6.1	Grundbegriffe	432
11.6.2	Übermittlung (SMTP)	434
11.6.3	Zugriff (POP, IMAP, HTTP)	434
11.6.4	Inhalte (MIME, Audio, Video)	434
11.6.5	E-Mail: Probleme und Sicherheit	436
11.6.6	X.400 Message Handling System	437
11.7	<i>World Wide Web (WWW)</i>	438
11.7.1	Konzepte des WWW	438
11.7.2	Adressierung von WWW-Dokumenten (URL, URI, URN)	439
11.7.3	Übertragung von WWW-Dokumenten (HTTP)	440
11.7.4	Beschreibung von WWW-Dokumenten (HTML)	446
11.7.5	Formatierung von WWW-Dokumenten (CSS)	446
11.7.6	Dynamische WWW-Dokumente (DHTML)	447
11.7.7	Extensible Markup Language (XML)	448
11.7.8	Weitere Markup-Sprachen	453
11.7.9	Web Browser	453
11.7.10	Web Server	454
11.7.11	Inhalte des WWW	455
11.7.11.1	Inhalte erstellen (Web Engineering)	455
11.7.11.2	Inhalte verwalten (Content Management und Syndication)	456
11.7.11.3	Inhalte präsentieren (Portale, Personalisierung)	456
11.7.11.4	Inhalte verteilen (Caches, Content Distribution)	458
11.7.11.5	Inhalte suchen (Suchmaschinen, Semantic Web)	460
11.7.11.6	Nutzung analysieren (Web Mining)	462
11.7.11.7	Dienste verfügbar machen (Web Services, REST)	462
11.7.12	Web 2.0	464
11.8	<i>Standarddienste über TCP/IP</i>	466
11.9	<i>Telnet und Secure Shell (SSH)</i>	466
11.10	<i>Dateitransfer (FTP)</i>	468
11.11	<i>Usenet und NNTP (Network News Transfer Protocol)</i>	469
11.12	<i>Internet Relay Chat (IRC) und Instant Messaging (IM)</i>	469
11.13	<i>Network Time Protocol (NTP)</i>	470
11.14	<i>Groupware und Multimedia</i>	470
11.14.1	Begriffe	470
11.14.2	Dienste und Anwendungen für Groupware	471

11.14.3	Multimediale Dienste und Anwendungen	472
11.14.4	Elektronische Konferenzen	473
11.14.5	Sprache im Internet (VoIP)	475
11.14.6	Streaming Media	478
11.15	Mobile Dienste (WAP)	479
11.16	Electronic Business	483
11.16.1	Begriffe	483
11.16.2	Electronic Banking, Internet Banking	485
11.16.3	Konzepte für elektronische Märkte	486
11.16.4	Elektronische Zahlungsverfahren	487
11.16.5	Internetökonomie	489
11.17	Peer-to-Peer-Netzwerke (P2P)	489
12	Der Lebenszyklus von Rechnernetzen, Akteure und Rahmenbedingungen	494
12.1	Der Netzwerk-Lebenszyklus	494
12.2	Phasen des Netzwerk-Lebenszyklus	495
12.3	Akteure	495
12.3.1	Anwender	495
12.3.2	Akteure im technischen Bereich	495
12.3.3	Provider	495
12.3.4	Netzwerkbetreiber	496
12.3.5	Access Provider	496
12.3.6	Service Provider	496
12.3.7	Content Provider	497
12.3.8	Online-Dienste	497
12.4	Rahmenbedingungen	498
12.4.1	Forschung und Entwicklung	498
12.4.2	Politische Rahmenbedingungen	498
12.4.3	Normen und Standards	499
12.4.4	Normungsgremien und Normenwerke	500
12.4.5	Standardisierungsgremien, Standards und Allianzen	501
12.4.6	Rechtliche Fragen bei Rechnernetzwerken	504
12.4.6.1	Begriffe	504
12.4.6.2	Das Telekommunikationsgesetz (TKG)	505
12.4.6.3	Regulierungsbehörden	506
12.4.6.4	Das Telemediengesetz (TMG)	507
12.4.6.5	Datenschutz und gesetzliche Überwachungsmaßnahmen	507
12.4.6.6	Kryptographie, PKI und Signaturen	507
12.4.6.7	Recht des elektronischen Geschäftsverkehrs	508
13	Planung von Rechnernetzwerken	509
13.1	Planungsprozess	509
13.2	Ermittlung der Anforderungen	510
13.3	Erarbeitung der Spezifikation	511
13.4	Untersuchung von Lösungsalternativen	512
13.5	Entwurf	513
13.5.1	Logischer Entwurf	513

13.5.2	Physischer Entwurf	514
13.5.3	Adressierung und Routing	515
13.6	<i>Simulation und Optimierung</i>	515
13.7	<i>Strukturierte Verkabelung</i>	515
13.7.1	Grundsätze der strukturierten Verkabelung	516
13.7.2	Linkklassen und Kabelkategorien	517
13.7.3	Symmetrische Kupferkabel	518
13.7.4	Koaxialkabel	518
13.7.5	Optische Faserkabel	519
14	Betrieb von Rechnernetzwerken	520
14.1	<i>Netzwerkmanagement</i>	520
14.1.1	Begriffe	520
14.1.2	Managementarchitektur	521
14.1.3	Managementfunktionen (FCAPS)	521
14.1.4	Management auf der Basis von SNMP	522
14.1.5	OSI-Management und TMN	526
14.1.6	CORBA als Managementarchitektur	527
14.1.7	Managementarchitektur DMI	527
14.1.8	Web-basierte Managementarchitekturen	528
14.2	<i>Netzwerkanalyse</i>	528
14.3	<i>Netzwerkdiagnose</i>	530
14.4	<i>Wirtschaftliche Fragen</i>	532
	Literaturverzeichnis	534
	Sachwortverzeichnis	550