

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Einführung	9
1.1 Geschichtliches	9
1.2 Das tägliche Netzwerkleben	10
1.3 Der Anfang: Von Abakus bis ZUSE	10
1.4 Mainframerechner	12
1.5 Die ersten PCs	12
1.6 PC-Netze	13
1.6.1 Die Entwicklung des Kabelnetzes	14
1.6.2 Serverdienste	15
1.7 Begriffsbestimmungen	16
1.7.1 Netzeinteilung nach geografischer Ausdehnung	16
1.7.2 Analoge und Digitale Signale	16
1.7.3 Leitungs- und Paketvermittlung	18
1.7.4 Adressierungsarten	19
1.7.5 Datenübertragung	20
1.7.6 Datenübertragungsrate C	23
1.8 Multiplexing	24
1.8.1 Die Betriebsarten	24
1.8.2 Zeitmultiplex, Time Division Multiplexing TDM	24
1.8.3 Frequenzmultiplex, Frequency Division Multiplexing FDM	26
1.8.4 Wellenlängenmultiplex, Wave Division Multiplexing WDM	26
1.8.5 Räummultiplex, Space Division Multiplexing SDM	27
1.8.6 Codemultiplex, Code Division Multiplexing CDMA	28
1.9 Übungen Grundlagen	30
2 Netzwerktopologien und Verkabelung	31
2.1 Netzwerktopologien	31
2.1.1 Bus	31
2.1.2 Stern/Star	31
2.1.3 Ring	32
2.1.4 Masche	32
2.1.5 Linie	33
2.1.6 Zelltopologie	33
2.1.7 Mischtopologien	34
2.2 Zugriffsverfahren	36
2.2.1 CSMA/CD	36
2.2.2 CSMA/CA	37
2.2.3 Token Passing	38
2.3 UGV – Universelle Gebäudeverkabelung	38
2.3.1 Strukturierte Verkabelung	38
2.3.2 Netzklassen und -kategorien	42
2.3.3 Abnahmemessung	43
2.4 Netzwerkmedien	44
2.4.1 Netzwerkbezeichnungen	45
2.4.2 Kupferleitungen	47
2.4.3 Verdrahtungsschemen	49
2.4.4 Lichtwellenleiter LWL	52
2.4.5 Drahtlose Verbindungen	53
2.5 Übungen Netzwerktopologien	54

3	Öffentliche Netze	55
3.1	Festnetz	55
3.1.1	Das Analogtelefon	55
3.1.2	ISDN – Integrated Services Digital Network	56
3.1.3	POTS – Plain Old Telephone Service	57
3.1.4	PSTN – Public Switched Telephone Network	59
3.1.5	Zugangsnetz	60
3.1.6	DSL – Digital Subscriber Line	61
3.2	Mobilfunk	63
3.2.1	GSM, das 2G-Netz	64
3.2.2	GPRS, das 2,5G-Netz	68
3.2.3	UMTS, das 3G-Netz	68
3.2.4	LTE, das 4G-Netz, das NGMN	68
3.2.5	Das Mobilfunknetz der 5. Generation, 5G-Netz	69
3.2.6	Anzeige im Handydisplay	70
3.3	Internet	71
3.4	Kabelfernsehtnetz	71
3.4.1	Der Netzaufbau	71
3.4.2	Datenraten bei Internet über Kabelfernsehtnetze	74
3.5	VoIP – Voice over Internet-Protocol	74
3.6	IoT – Internet of Things, das Internet der Dinge	76
3.7	Übungen öffentliche Netze	77
4	Referenzmodelle, Netzwerkgeräte	79
4.1	Schichtenmodelle	79
4.1.1	Schichtenmodelle in der Kommunikation	80
4.1.2	Das DoD- oder TCP/IP-Modell	82
4.1.3	Das ISO/OSI-Schichtenmodell	83
4.1.4	Protocolstack, Protokollstapel	85
4.1.5	Encapsulation, Verkapselung	85
4.2	Netzwerkgeräte	86
4.2.1	Repeater und Hub	86
4.2.2	Bridge und Switch	88
4.2.3	Router	90
4.2.4	Gateway	91
4.3	Firewall	91
4.4	DMZ – Demilitarisierte Zone	93
4.5	SDN – Software Defined Networking	94
4.6	Übungen Schichtenmodelle	96
5	Adressierung	97
5.1	Ports – Transport-Layer	98
5.2	IP-Adressen – Network-Layer	99
5.3	MAC-Adressen – Network-Access-Layer	101
5.4	IPv4-Adressklassen	102
5.4.1	Class A	102
5.4.2	Class B	103
5.4.3	Class C	103
5.4.4	Class D	104
5.4.5	Class E	104
5.5	Aufteilen der IP in Netz- und Hostanteil	104
5.5.1	Subnetzmaske	105
5.5.2	CIDR-Notation	105
5.6	Subnetting I	107
5.7	IPv4-Spezialadressen und Ausnahmen	109
5.8	Subnetting II	110

Inhaltsverzeichnis

5.9	Private IPv4-Adressbereiche	111
5.10	IPv6-Adressen	111
5.11	IP-Einstellungen	114
5.12	Übungen Adressen und Subnetting	115
5.12.1	Adressen	115
5.12.2	Subnetting	115
6	Netzwerkprotokolle	117
6.1	Application-Layer, TCP/IP Layer 4, OSI Layer 7	117
6.2	Transport-Layer, TCP/IP Layer 3, OSI Layer 4	117
6.2.1	Das TCP-Protokoll	118
6.2.2	Das User Datagram Protocol	120
6.3	Internet-Layer, TCP/IP Layer 2, OSI Layer 3	121
6.4	Network-Access-Layer, TCP/IP Layer 1, OSI Layer 1 und 2	123
6.5	Ethernet	124
6.6	Verkapselung eines Datenpakets	126
6.7	Adressauflösung	128
6.7.1	ARP – Address Resolution Protocol	128
6.7.2	NDP – Neighbor Discovery Protocol	130
6.7.3	DNS-Protocol	131
6.7.4	Ein Beispiel zur Namensauflösung	138
6.7.5	DHCP-Protocol	138
6.8	TCP-Handshake	140
6.8.1	Windowing	144
6.9	Übungen Netzwerkprotokolle	147
7	Switching und Routing	149
7.1	Switching	149
7.1.1	Fast-Forward-Switch	150
7.1.2	Store-and-Forward-Switch	151
7.1.3	Fragment-Free-Switch	151
7.1.4	Spanning Tree	152
7.1.5	Virtuelle LANs, VLANs	155
7.2	Routing	157
7.2.1	Routing – Wie arbeitet ein Router?	159
7.2.2	Routing Protocols/Dynamisches Routing	160
7.2.3	Count-to-Infinity	160
7.2.4	Routing-Tabellen	161
7.2.5	Routed Protocols	162
7.2.6	Berechnen der Netz-Adresse	163
7.2.7	Default Gateway	167
7.2.8	NAT/PAT – Network Address Translation / Port Address Translation	167
7.2.9	Proxy-Routing	169
7.2.10	Virtual Private Network, VPN, IP-Tunnel	171
7.3	IP-Konfiguration überprüfen	174
7.3.1	IP-Konfiguration bei WINDOWS-Rechnern überprüfen	174
7.3.2	IP-Konfiguration bei Linux-/Unix-Rechnern überprüfen	174
7.3.3	Verbindungen testen	175
7.3.4	DNS überprüfen	176
7.4	Übungsaufgaben Routing/Switching	177
8	Virtualisierung	181
8.1	Grundlagen der Virtualisierung	181
8.2	Hardware- und Softwarevirtualisierung	182
8.2.1	Hardware-Virtualisierung	184
8.2.2	Software-Virtualisierung (Container)	185

8.2.3	Servervirtualisierung: Container und Virtuelle Maschinen	185
8.3	Netzwerk-Virtualisierung	187
8.4	Praktische Einsatzgebiete von Virtualisierung	188
8.4.1	Einsatz und Bewertung von Virtualisierung	189
8.5	Übungsaufgaben Virtualisierung	191
9	Cloud-Computing	193
9.1	Cloud-Definition und Festlegungen nach NIST	194
9.1.1	Cloud-Service-Modelle	195
9.1.2	Cloud-Liefermodelle	196
9.1.3	Skalierbarkeit	197
9.2	Typische Anwendungen	198
9.3	Endgeräte für Cloud-Computing	199
9.4	Edge vs. Cloud-Computing	199
9.5	Übungsaufgaben Cloud-Computing	201
10	Security und Verschlüsselungstechnik	203
10.1	Datensicherheit / Informationssicherheit	203
10.2	Typische Bedrohungsszenarien	205
10.3	Schutz durch Firewall und DMZ	206
10.4	Verschlüsselungstechnik	209
10.4.1	Symmetrische Verschlüsselung	211
10.4.2	Hash-Funktion / Integrität der Daten	212
10.4.3	Asymmetrische Verschlüsselung / Public-Key-Verfahren	213
10.4.4	Public Key Infrastructure, PKI	214
10.4.5	Domainnamen sicher auflösen	215
10.5	Übungsaufgaben Security	215
11	Netzwerkmanagement	217
11.1	Systemkennwerte	217
11.1.1	Erstellen einer Baseline	217
11.1.2	Network Reporting	218
11.2	Verfügbarkeit, Availability	220
11.3	Fehlervorhersage	222
11.3.1	Fehlerbaumanalyse	223
11.3.2	Risikomatrix	226
11.3.3	ABC-Analyse	227
11.4	Übungsaufgaben	228
12	Übertragungstechnik	229
12.1	Ersatzschaltbild einer Kupferleitung	229
12.2	HF-Verhalten einer Leitung	231
12.2.1	Signaldämpfung	232
12.2.2	Signallaufzeit	233
12.2.3	Verkürzungsfaktor k bzw. NVP	234
12.2.4	Signalreflexion	234
12.2.5	Reflexionsgrad	236
12.2.6	Berechnen der Leitungslänge	237
12.3	Der Wellenwiderstand Z_W	237
12.3.1	Wellenwiderstand allgemein	238
12.3.2	Wellenwiderstand in der Praxis	238
12.4	Aufbau von Kupferleitungen	239
12.4.1	Koaxialleitungen – Unsymmetrische Leitung	240
12.4.2	Twisted-Pair-Leitungen – Symmetrische Leitung	241
12.5	Dämpfung und Übersprechen	242
12.5.1	Logarithmisches Dämpfungsmaß in dB	242

12.5.2	Übersprechen, Crosstalk	243
12.5.3	Signal-Rausch-Abstand	245
12.5.4	Dämpfungs-Übersprech-Verhältnis <i>ACR</i>	245
12.5.5	Alien-Crosstalk	245
12.5.6	SI-Einheit	246
12.5.7	Absolute Pegel	246
12.6	Modulationsverfahren	248
12.6.1	Amplitudenmodulation AM	248
12.6.2	Amplitudenumtastung ASK	250
12.6.3	Frequenzmodulation FM	250
12.6.4	Frequenzumtastung FSK	251
12.6.5	Phasenmodulation PM und Phasenumtastung PSK	251
12.6.6	Quadratur-Amplituden-Modulation QAM	251
12.6.7	Spektrale Effizienz	253
12.6.8	Shannon-Hartley-Gesetz	253
12.6.9	Baudrate <i>Bd</i>	254
12.7	Codierungsverfahren	255
12.7.1	NRZ-Code	255
12.7.2	RZ-Code Return-to-Zero-Code	257
12.7.3	Manchestercode	258
12.7.4	AMI-Code	258
12.7.5	MLT-3-Code	259
12.7.6	Blockcodes	259
12.7.7	Taktrückgewinnung	262
12.8	Lichtwellenleiter	263
12.8.1	Grundlagen der Optik	264
12.8.2	Signalausbreitung im Lichtwellenleiter	267
12.8.3	Indexprofile	272
12.9	DSL	276
12.9.1	ADSL	276
12.9.2	DSL in der Gegenwart	278
12.10	Drahtlose Netze, Wireless LANs	281
12.10.1	WLAN-Standards	281
12.10.2	WLAN-Betriebsarten	283
12.10.3	LiFi – Light-Fidelity	284
12.11	Übungen Übertragungstechnik	285