

Inhalt

Teil A Einleitung und Übersicht	1
A.1 Einleitung	2
A.1.1 Was ist Nachrichtentechnik?	2
A.1.2 Nachrichtenübermittlung	4
A.1.2.1 Einleitung	4
A.1.2.2 Einteilung der Nachrichtenübermittlung	6
A.1.3 Nachrichtenverarbeitung	7
A.1.4 Kommunikationstechnik als Teil der Nachrichtentechnik	9
A.1.5 Das elektromagnetische Spektrum	11
A.2 Wichtige Standardisierungsgremien	14
A.2.1 Deutschland	14
A.2.2 Europa	15
A.2.3 Welt	15
Teil B Grundlagen	17
B.1 Signale und Systeme	18
B.1.1 Einleitung	18
B.1.2 Übertragungsverhalten eines Zweitors	20
B.1.2.1 Zeitbereich	21
B.1.2.2 Frequenzbereich	21
B.1.3 Signalklassen – zwei wichtige Definitionen	23
B.1.4 Energie- und Leistungssignale	25
B.1.4.1 Definition der Energie und der Leistung von reellen und von komplexen Signalen	25
B.1.4.2 Energiesignale	29
B.1.4.3 Leistungssignale	29
B.1.4.4 Leistungsdichtespektrum und Energiedichtespektrum	31
B.1.5 Bandbreite	35
B.1.6 Elementarsignale	37
B.1.6.1 Kontinuierliche Elementarsignale	37
B.1.6.2 Diskrete Elementarsignale	39
B.1.7 Das Faltungsintegral	41
B.1.8 Der ideale Tiefpaß	44
B.1.9 Orthogonale Funktionen	45
B.2 Das Zeitgesetz der Nachrichtentechnik	48
B.3 Basisband- und Bandpaßsignale	50
B.3.1 Einleitung	50
B.3.2 Übertragung von Basisband- und Bandpaßsignalen	50
B.3.3 Besonderheiten des digitalen Basisbandsignals	52
B.3.4 Theoretische Grundlagen	54
B.3.5 Grundlegende Schaltungsstrukturen	57

B.4	Logarithmierte Verhältnisgrößen	60
B.4.1	Einleitung	60
B.4.2	Die verschiedenen Formen von logarithmierten Verhältnisgrößen	60
B.4.2.1	Die allgemeine Form der logarithmierten Verhältnisgrößen	60
B.4.2.2	Zusammenhang zwischen Feld- und Leistungsgrößen	60
B.4.2.3	Logarithmierte Verhältnisgröße mit der Basis e	61
B.4.2.4	Logarithmierte Verhältnisgröße mit der Basis 10	61
B.4.3	Verwendung von logarithmierten Verhältnisgrößen in der Praxis	62
B.4.4	Hinweise zum Umgang mit logarithmierten Verhältnisgrößen	63
B.5	Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung	66
B.5.1	Einleitung	66
B.5.2	Kontinuierliche Zufallsgrößen	68
B.5.3	Diskrete Zufallsgrößen	69
B.5.4	Momente und Erwartungswerte	70
B.5.5	Stationarität und Ergodizität	72
B.5.6	Verbundwahrscheinlichkeit und bedingte Wahrscheinlichkeit	74
B.5.7	Drei wichtige Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen	76
B.5.8	Korrelation und Kovarianz	79
B.6	Korrelationsfunktionen und Leistungsdichtespektrum	80
B.6.1	Korrelationsfunktionen	80
B.6.1.1	Einleitung	80
B.6.1.2	Die Autokorrelationsfunktion (AKF)	81
B.6.1.3	Die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF)	82
B.6.2	Das Leistungsdichtespektrum	84
B.6.3	Einige Anwendungen	87
B.7	Übungsaufgaben	88
Teil C	Informations- und Codierungstheorie	91
C.1	Informationstheorie	92
C.1.1	Einleitung	92
C.1.2	Einige Begriffe der Informationstheorie	93
C.1.3	Redundanz und Relevanz	97
C.1.3.1	Einführung	97
C.1.3.2	Relevanz	98
C.1.3.3	Redundanz	98
C.1.3.4	Nachrichtenreduktion	100
C.1.4	Nachrichtenquellen	101
C.1.4.1	Einleitung	101
C.1.4.2	Gedächtnisbehaftete Quellen	102
C.1.4.3	Markow-Quellen	103
C.1.5	Nachrichtenkanäle	106
C.1.5.1	Einleitung	106

C.1.5.2	Der diskrete, gedächtnislose Kanal	109
C.1.5.3	Der binäre, symmetrische Kanal (BSK)	111
C.1.5.4	Der Kanal mit Bündelfehlern	112
C.1.6	Kanalweite und Kanalkapazität	114
C.1.7	Der Nachrichtenquader	120
C.2	Quellencodierung	122
C.2.1	Einleitung	122
C.2.2	Präfixcodes	126
C.2.3	Der Huffman-Code	128
C.2.3.1	Einleitung	128
C.2.3.2	Die einfache Huffman-Codierung	128
C.2.3.3	Die erweiterte Huffman-Codierung	131
C.2.4	Der Fano-Code	135
C.3	Kanalcodierung	136
C.3.1	Einleitung	136
C.3.2	Übersicht	139
C.3.3	Shannons Codierungstheorem	141
C.3.4	Einige Grundbegriffe	143
C.3.4.1	Wichtige Definitionen	143
C.3.4.2	Verkettete Codes	145
C.3.4.3	Restfehlerwahrscheinlichkeit	145
C.3.4.4	Der Codierungsgewinn	147
C.3.5	Lineare Blockcodes	148
C.3.5.1	Die Linearität eines Codes	148
C.3.5.2	Gewicht und Distanz	149
C.3.5.3	Der Codierungsvorgang	152
C.3.5.4	Der Decodierungsvorgang mit der Paritätskontrollmatrix	153
C.3.5.5	Einsatz von Blockcodes zur Fehlererkennung und -korrektur	154
C.3.6	Hamming-Codes	154
C.3.6.1	Grundlagen	154
C.3.6.2	Die Restfehlerwahrscheinlichkeit beim Hamming-Code	155
C.3.6.3	Der (7,4)-Hamming-Code	158
C.3.7	Faltungscodes	161
C.3.7.1	Einführung	161
C.3.7.2	Das Schema der Faltungscodierung	162
C.3.7.3	Möglichkeiten zur Darstellung eines Faltungscodes	165
C.3.7.4	Decodierung von Faltungscodes	168
C.3.7.5	Terminierte Faltungscodes	170
C.3.7.6	Punktierte Faltungscodes	171
C.3.7.7	Optimale Faltungscodes (in Verbindung mit Viterbi-Decodierung)	172
C.3.7.8	Anwendungen	173

C.3.8	Interleaving	174
C.4	Anhang zu Teil C	177
C.4.1	Maximum der Entropie	177
C.4.2	Galois-Felder	178
C.4.3	Die Metrik	178
C.5	Übungsaufgaben	181
Teil D	Übertragung digitaler Signale	189
D.1	Grundlagen der Übertragung digitaler Signale	190
D.1.1	Einleitung	190
D.1.2	Regenerativverstärker (Repeater)	192
D.1.3	Der AWGN-Kanal	193
D.1.4	Ein einfaches System zur Übertragung digitaler Signale	194
D.2	Das Leistungsdichtespektrum von statistischen, binären Signalen	196
D.3	Basisbandcodierung	199
D.3.1	Einleitung	199
D.3.2	Balancierte Codes	200
D.3.3	Die wichtigsten Basisbandcodierungen	201
D.3.3.1	Einfache Basisbandcodes	201
D.3.3.2	BNZS-Codes	204
D.3.3.3	HDBN-Codes	205
D.4	Scrambler und Descrambler	206
D.5	Intersymbolinterferenzen	208
D.5.1	Einleitung	208
D.5.2	Das erste Nyquist-Kriterium	211
D.5.3	Das zweite Nyquist-Kriterium	215
D.5.4	Das dritte Nyquist-Kriterium	216
D.6	Optimalfilterung	218
D.7	Statistische Störungen und Bitfehlerwahrscheinlichkeit	221
D.7.1	Statistische Störungen	221
D.7.2	Bestimmung der Bitfehlerwahrscheinlichkeit	224
D.8	Entzerrung	228
D.8.1	Einleitung	228
D.8.2	Entzerrung mit Transversalfilter	230
D.9	Das Augendiagramm	234
D.10	Betriebsarten der Übertragung	237
D.10.1	Point-to-Point- und Point-to-Multipoint-Übertragung	237
D.10.2	Simplex- und Duplex-Übertragung	237
D.10.3	Parallele und serielle Übertragung	239
D.10.3.1	Einleitung	239
D.10.3.2	Serielle Übertragung	240
D.10.3.3	Parallele Übertragung	242
D.11	Prinzip der Datenkommunikation	243
D.11.1	Einleitung	243

D.11.2	Datenrate und Symbolrate	244
D.12	Der AWGN-Kanal	245
D.13	Übungsaufgaben	246
Teil E	Der Übertragungskanal	251
E.1	Einführung	252
E.2	Leitungen	253
E.2.1	Einleitung	253
E.2.2	Leitungstheorie	254
E.2.2.1	Einleitung	254
E.2.2.2	Wellenwiderstand und Ausbreitungskoeffizient	257
E.2.2.3	Die Leitungsgleichungen	260
E.2.2.4	Die Leitung als Vierpol	261
E.2.2.5	Näherungen für die Leitungsparameter	263
E.2.3	Der Skin-Effekt	266
E.2.4	Der Reflexionsfaktor	268
E.2.5	Die wichtigsten Leitungstypen	272
E.2.5.1	Doppelleitung	272
E.2.5.2	Koaxialleitung	275
E.2.5.3	Streifenleitung	278
E.2.5.4	Hohlleiter	281
E.2.5.5	Lichtwellenleiter	287
E.3	Antennen	294
E.3.1	Einleitung	294
E.3.2	Wichtige Eigenschaften von Antennen	297
E.3.2.1	Richtcharakteristik und Gewinn	298
E.3.2.2	Der Antennenwiderstand	301
E.3.2.3	Strahlungsleistung	303
E.3.2.4	Antennenwirkungsgrad	305
E.3.2.5	Effektive Antennenlänge und Antennenwirkfläche	305
E.3.2.6	Polarisation	305
E.3.2.7	Bandbreite	307
E.3.3	Zwei elementare Antennentypen	307
E.3.3.1	Der Hertzsche Dipol	307
E.3.3.2	Der schlanke Dipol	310
E.3.4	Gruppen von Dipolantennen	313
E.3.4.1	Dipollinie (Dipolreihe)	313
E.3.4.2	Dipolzeile	314
E.3.4.3	Dipolebene	319
E.3.4.4	Yagi-Uda-Antennen	320
E.3.5	Langdrahtantennen	321
E.3.6	Aperturantennen	323
E.4	Das Funkfeld	327
E.4.1	Einleitung	327

E.4.1.1	Das idealisierte Funkübertragungssystem	327
E.4.1.2	Das ideale Funkfeld	328
E.4.1.3	Das reale Funkübertragungssystem	330
E.4.2	Einfluß der Atmosphäre	331
E.4.2.1	Einleitung	331
E.4.2.2	Aufbau der Atmosphäre	331
E.4.2.3	Bodenwelle und Raumwelle	333
E.4.2.4	Troposphäre	334
E.4.2.5	Troposcatter-Verbindungen	336
E.4.2.6	Ionosphäre	338
E.4.3	Verhalten elektromagnetischer Wellen an Hindernissen	340
E.4.4	Der Doppler-Effekt	342
E.4.5	Mehrwegeausbreitung	344
E.4.6	Diversity-Verfahren	348
E.4.6.1	Übersicht	348
E.4.6.2	Combiner-Schaltungen	350
E.5	Der gestörte Übertragungskanal	351
E.5.1	Einleitung und Übersicht	351
E.5.2	Lineare und nichtlineare Verzerrungen	354
E.5.2.1	Lineare Verzerrungen	354
E.5.2.2	Nichtlineare Verzerrungen	355
E.5.3	Nebensprechen	357
E.5.4	Rauschen	358
E.5.4.1	Einleitung	358
E.5.4.2	Rauschquellen	359
E.5.4.3	Thermisches Rauschen	361
E.5.4.4	Rauschparameter	364
E.6	Anhang zu Teil E	376
E.6.1	Die Leitungsgleichungen	376
E.6.2	Der Poyntingsche Vektor	380
E.6.3	Tabelle der Norm-Hohlleiter	382
E.6.4	Das Zweiwegemodell für die Mehrwegeausbreitung	383
E.6.5	Die spektrale Leistungsdichte bei thermischem Rauschen	385
E.7	Übungsaufgaben	386
Teil F	Elemente der Nachrichtentechnik	401
F.1	Verstärker	402
F.1.1	Übersicht	402
F.1.2	Der ideale und der reale Verstärker	404
F.1.3	Wichtige Parameter von Verstärkern	406
F.2	Oszillatoren	408
F.2.1	Übersicht	408
F.2.2	Die wichtigsten Typen von Sinus-Oszillatoren	409
F.2.3	Der Vierpol-Oszillator	412

F.3	Filter	414
F.3.1	Einleitung	414
F.3.2	Amplitudenfilter	415
F.3.3	Zeitfilter	416
F.3.4	Frequenzfilter	417
F.3.5	Mechanische Filter	420
F.3.6	Digitale Filter	422
F.4	Frequenzumsetzung	425
F.4.1	Einleitung	425
F.4.2	Die nichtlineare Kennlinie	426
F.4.3	Der Mischer	430
F.5	Schall und Sprache	434
F.5.1	Schallfeldgrößen	434
F.5.2	Die Lautstärke als subjektive Meßgröße	435
F.5.3	Sprachverständlichkeit	438
F.5.4	Elektroakustische Wandler	443
F.6	Übungsaufgaben	449
Teil G	Modulations- und Multiplexverfahren	453
G.1	Grundlagen	454
G.1.1	Einleitung	454
G.1.2	Kurzbezeichnungen	456
G.1.3	Das Zustandsdiagramm	457
G.1.4	Der Sinusträger und seine Beschreibung	458
G.2	Analoge Modulationsverfahren	461
G.2.1	Amplitudenmodulation	461
G.2.1.1	Einleitung	461
G.2.1.2	Theorie	462
G.2.1.3	Demodulationsverfahren	470
G.2.1.4	Einseitenband-Amplitudenmodulation (ESB-AM)	474
G.2.1.5	Restseitenbandmodulation (VSB)	479
G.2.1.6	Zeitfunktionen von amplitudenmodulierten Signalen	481
G.2.2	Winkelmodulation	483
G.2.2.1	Einleitung	483
G.2.2.2	Frequenzmodulation	484
G.2.2.3	Phasenmodulation	492
G.2.2.4	Zeitfunktionen von winkelmodulierten Signalen	495
G.2.2.5	Störungen bei Frequenzmodulation	497
G.2.2.6	Preemphasis und Deemphasis	499
G.2.2.7	Modulator und Demodulator für Frequenzmodulation und Phasenmodulation	501
G.2.3	Quadraturamplitudenmodulation	505
G.3	Digitale Modulationsverfahren	507
G.3.1	Einleitung	507

G.3.2	Übersicht	509
G.3.2.1	Amplitudentastung (ASK)	509
G.3.2.2	Phasentastung (PSK)	510
G.3.2.3	Frequenzastung (FSK)	512
G.3.2.4	Amplituden-/Phasentastung (APK)	513
G.3.3	Störungen	513
G.3.4	Bandbreitenausnutzung	516
G.3.5	Amplitudentastung (ASK)	519
G.3.6	Phasentastung (PSK)	525
G.3.6.1	Binäre Phasentastung (BPSK)	525
G.3.6.2	Quaternäre Phasentastung (QPSK)	528
G.3.6.3	Offset-QPSK (OQPSK)	532
G.3.6.4	Minimum Shift Keying (MSK)	533
G.3.6.5	M-wertige Phasentastung (MPSK)	535
G.3.6.6	Differentiell codierte Phasentastung	540
G.3.7	Quadraturamplitudentastung (QASK)	543
G.3.8	Frequenzastung	548
G.3.9	Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)	554
G.3.10	Kombinierte Codierung und Modulation	558
G.3.11	Polybinär-Codierung	560
G.3.12	Synchronisationsverfahren	562
G.3.12.1	Einleitung	562
G.3.12.2	Trägerrückgewinnung	563
G.3.12.3	Symbolsynchronisation	565
G.4	Modulationsverfahren mit Pulsträger	568
G.4.1	Einleitung	568
G.4.2	Der Abtastvorgang	568
G.4.2.1	Einleitung	568
G.4.2.2	Der ideale Abtaster	569
G.4.2.3	Der reale Abtaster	570
G.4.2.4	Das Shannonsche Abtasttheorem	572
G.4.3	Pulsamplitudenmodulation (PAM)	574
G.4.4	Pulscodemodulation (PCM)	576
G.4.4.1	Das Prinzip der Pulscodemodulation	576
G.4.4.2	Das Quantisierungsgeräusch bei PCM	579
G.4.4.3	Kompandierung	584
G.4.5	Prädiktive Codierung	586
G.4.5.1	Einleitung	586
G.4.5.2	Deltamodulation	587
G.4.5.3	Differenz-Pulscodemodulation	590
G.5	Multiplexverfahren	591
G.5.1	Einleitung	591
G.5.2	Frequenzmultiplex (FDM)	594
G.5.3	Zeitmultiplex (TDM)	598

G.5.4	Wellenlängenmultiplexverfahren	601
G.6	Anhang zu Teil G	602
G.6.1	Berechnung des Leistungsdichtespektrums von PSK und 2-ASK	602
G.6.2	Berechnung des Spektrums von abgetasteten Signalen	604
G.6.2.1	Das Spektrum bei idealer Abtastung	604
G.6.2.2	Das Spektrum des Rechteckimpulses	605
G.6.2.3	Das Spektrum bei Abtastung mit Rechteckimpulsen	606
G.6.3	Abtastung von Bandpaßsignalen (Sub Sampling)	606
G.7	Übungsaufgaben	610
Teil H	Systeme der Nachrichtentechnik	615
H.1	Trägerfrequenztechnik	616
H.1.1	Einleitung	616
H.1.2	Frequenzumsetzung	616
H.1.3	Hierarchie der Trägerfrequenztechnik	618
H.2	Digitale Übertragungstechnik	621
H.2.1	Einleitung	621
H.2.2	Die plesiochrone digitale Hierarchie (PDH)	622
H.2.3	Die synchrone digitale Hierarchie (SDH)	627
H.3	Rundfunk	633
H.3.1	Einleitung	633
H.3.2	Frequenzbereiche	634
H.3.3	Hörfunk	635
H.3.3.1	FM-Hörfunk	635
H.3.3.2	Digitaler Hörfunk	637
H.3.4	Fernsehfunk	638
H.3.4.1	Bildabtastung und Bildwiedergabe	638
H.3.4.2	Das Videosignal	640
H.3.4.3	Fernsehnormen, Übersicht	641
H.3.4.4	Sonderdienste	642
H.3.4.5	Übertragung von Fernsehsignalen	643
H.3.4.6	Aktuelle Entwicklungen	643
H.3.4.7	Sender und Empfänger in der Funktechnik	647
H.4	Richtfunk	651
H.4.1	Einleitung	651
H.4.2	Antennen	652
H.4.3	Analoge Richtfunksysteme	654
H.4.4	Digitale Richtfunksysteme	657
H.5	Satellitenfunk	660
H.5.1	Einleitung	660
H.5.2	Satellitenbahnen	662
H.5.3	Vielfachzugriffsverfahren	666
H.5.3.1	Einleitung	666

H.5.3.2	Das TDMA-Verfahren	668
H.5.3.3	Festgeschaltete und bedarfsweise Zuordnung	670
H.6	Mobilkommunikation	670
H.6.1	Einführung	670
H.6.2	Geschichtlicher Hintergrund	671
H.6.3	Der zellulare Mobilfunk	672
H.6.4	Wichtige Standards	674
H.6.5	Das GSM-System	675
H.6.5.1	Geschichte	675
H.6.5.2	Aufbau des Netzes	675
H.6.5.3	Die Luftschnittstelle (Air Interface)	678
H.6.5.4	Handover und Roaming	688
H.7	Optische Übertragungstechnik	689
H.7.1	Einleitung	689
H.7.2	Der Lichtwellenleiter in der optischen Übertragungstechnik	691
H.7.3	Leistungsbilanz	691
H.7.4	Halbleiterdioden als Sender und Empfänger	693
H.7.4.1	Sendedioden	693
H.7.4.2	Empfangsdioden	696
H.7.5	Koppelstellen	697
H.7.5.1	Sender – Faser	697
H.7.5.2	Faser – Faser	698
H.7.5.3	Faser – Empfänger	701
H.8	Radar	701
H.8.1	Einleitung	701
H.8.2	Grundprinzip	702
H.8.3	Die Radargleichung	703
H.8.4	Entfernungs-, Winkel- und Geschwindigkeitsmessung	704
H.8.5	Entdeckungswahrscheinlichkeit	706
H.8.6	Darstellungsformen	708
H.8.7	Einige Anwendungen	709
H.9	Übungsaufgaben	710
Teil I	Das OSI-Referenzmodell	713
I.1	Einleitung	714
I.2	Das OSI-Architekturmodell	723
I.2.1	Das OSI-Dienstmodell	723
I.2.2	OSI-Managementfunktionen	724
I.2.3	Protokolle	725
I.3	Die sieben Schichten des OSI-Referenzmodells	726
I.3.1	Bitübertragungsschicht (Physical Layer)	726
I.3.1.1	Einleitung	726
I.3.1.2	Die Dienstprimitive der Bitübertragungsschicht	727
I.3.2	Sicherungsschicht (Data Link Layer)	728

I.3.2.1	Einleitung	728
I.3.2.2	Flußkontrolle und Überlastkontrolle	729
I.3.2.3	Die Dienstprimitive der Sicherungsschicht	731
I.3.2.4	Protokolle der Sicherungsschicht	732
I.3.3	Vermittlungsschicht (Network Layer)	736
I.3.3.1	Einleitung	736
I.3.3.2	Aufgaben der Vermittlungsschicht	737
I.3.4	Transportschicht (Transport Layer)	740
I.3.4.1	Einleitung	740
I.3.4.2	Fehlerbehandlung durch die Transportschicht	742
I.3.4.3	Die Dienstprimitive der Transportschicht	744
I.3.4.4	Protokolle der Transportschicht	745
I.3.5	Kommunikationssteuerungsschicht (Session Layer)	745
I.3.5.1	Einleitung	745
I.3.5.2	Die Dienstprimitive der Kommunikations- steuerungsschicht	746
I.3.6	Darstellungsschicht (Presentation Layer)	747
I.3.6.1	Einleitung	747
I.3.6.2	Datenkomprimierung	748
I.3.6.3	Datenverschlüsselung	748
I.3.6.4	Die Dienstprimitive der Darstellungsschicht	749
I.3.7	Anwendungsschicht (Application Layer)	750
I.4	Übungsaufgaben	753
Teil J	Zwei wichtige Protokolle	755
J.1	Einleitung	756
J.2	Das X.25-Protokoll	757
J.2.1	Einleitung	757
J.2.2	Ebene 1: X.21-Protokoll	758
J.2.2.1	Einleitung	758
J.2.2.2	Die Eigenschaften der Schnittstelle	759
J.2.2.3	Aufbau eines X.21-Rahmens	760
J.2.2.4	Die Beschreibung der Schnittstelle durch Zustandsdiagramme	760
J.2.3	Ebene 2: HDLC	763
J.2.4	Ebene 3: X.25-Paketvermittlung	763
J.2.5	Übersicht	766
J.2.6	Frame Relay	767
J.3	Die Protokoll-Familie TCP/IP	768
J.3.1	Einleitung	768
J.3.2	Das Internet Protocol (IP)	770
J.3.2.1	Einleitung	770
J.3.2.2	Die Adressierung im IP (Version IPv4)	771
J.3.2.3	Fragmentierung von IP-Datagrammen	773

J.3.2.4	Der Aufbau von IP-Datagrammen	773
J.3.2.5	Die Dienstprimitive des IP	775
J.3.2.6	Die Version 6 des IP	775
J.3.3	Das Internet Control Message Protocol (ICMP)	776
J.3.4	Das Transmission Control Protocol (TCP)	776
J.3.4.1	Einleitung	776
J.3.4.2	Die Adressierung im TCP	777
J.3.4.3	Der Aufbau von TCP-Datagrammen	778
J.3.4.4	Dienstprimitive des TCP	779
J.3.5	Das User Datagram Protocol (UDP)	779
J.3.5.1	Einleitung	779
J.3.5.2	Der Aufbau von UDP-Datagrammen	780
J.3.5.3	Dienstprimitive des UDP	780
J.3.6	Einige Anwenderprozesse	781
J.4	Übungsaufgaben	782
Teil K	Grundlagen der Vermittlungstechnik	785
K.1	Einführung in die Vermittlungstechnik	786
K.2	Netzstrukturen	787
K.2.1	Einleitung	787
K.2.2	Verzweigungsnetz	789
K.2.3	Maschennetz	790
K.2.4	Verbundnetz	790
K.3	Koppeleinrichtungen	791
K.3.1	Koppeleinrichtung im Raumvielfach	791
K.3.1.1	Einleitung	791
K.3.1.2	Mehrstufige Koppeleinrichtungen	792
K.3.1.3	Realisierung der Koppelemente	793
K.3.2	Koppeleinrichtung im Zeitvielfach	794
K.3.3	Realisierung von digitalen Koppeleinrichtungen	794
K.4	Prinzipien der Vermittlungstechnik	795
K.4.1	Übersicht	795
K.4.2	Durchschaltevermittlung	797
K.4.3	Teilstreckenvermittlung	799
K.4.4	Paketvermittlung	801
K.5	Grundlagen der Verkehrstheorie	803
K.5.1	Einleitung	803
K.5.2	Einige Definitionen	803
K.5.3	Verlustsysteme	807
K.5.4	Wartesysteme	809
Teil L	Netze für die Sprach- und Datenkommunikation	813
L.1	Einleitung	814
L.2	Öffentliche Netze	819

L.2.1	Einleitung	819
L.2.2	Fernsprechen	821
L.2.2.1	Einleitung	821
L.2.2.2	Datenübertragung im analogen Fernsprechnet	823
L.2.2.3	Das digitale Fernsprechnet	826
L.2.3	Telex	827
L.2.4	Datex-L	828
L.2.5	Datex-P	832
L.2.6	ISDN	834
L.2.6.1	Einleitung	834
L.2.6.2	Normung	836
L.2.6.3	Kanaltypen	837
L.2.6.4	Nutzerzugang	838
L.2.6.5	Datenübertragung im ISDN	841
L.2.6.6	Schnittstellen und Netzeinrichtungen	841
L.2.6.7	Der S ₀ -Bus	843
L.2.6.8	Terminal-Adapter	844
L.2.6.9	Signalisierung	845
L.3	Private Netze	846
L.3.1	Einleitung	846
L.3.2	Lokale Netze (LAN)	846
L.3.2.1	Einleitung	846
L.3.2.2	Standardisierung	847
L.3.2.3	Netzstrukturen	854
L.3.2.4	Segmentierung von lokalen Netzen	858
L.3.2.5	Zugriffsverfahren	859
L.3.2.6	Leitungen (Medien)	866
L.3.2.7	Modulationsverfahren	866
L.3.2.8	Beispiele	867
L.3.3	Corporate Networks (CN)	879
L.4	Metropolitan Area Networks (MAN)	879
L.5	ATM-Netze	881
L.5.1	Einleitung	881
L.5.2	Netzstruktur und Schnittstellen	882
L.5.3	Funktionsweise des ATM	883
L.5.4	ATM-Switches	886
L.5.5	Zellverlust- und Zellfehlerrate	889
L.5.6	Die drei Schichten des ATM-Netzes	890
L.5.6.1	Einleitung	890
L.5.6.2	Schicht 1: ATM-Übertragungsschicht	890
L.5.6.3	Schicht 2: ATM-Zellschicht	891
L.5.6.4	Schicht 3: ATM-Anpassungsschicht	893
L.5.7	Übertragung von ATM-Zellen	894
L.5.8	ATM-Netze und lokale Netze	895

L.6	Kopplung von Netzwerken	895
L.6.1	Einleitung	895
L.6.2	Repeater	896
L.6.3	Hub	897
L.6.4	Bridge	898
L.6.5	Switch	902
L.6.6	Router	903
L.6.7	Gateway	905
L.6.8	Server	907
L.7	Das Internet	907
L.8	Übungsaufgaben	911
Teil M	Anhang	915
M.1	Abkürzungen	916
M.2	Wichtige Formelzeichen	923
M.3	Physikalische Konstanten und Zahlenfaktoren	926
M.4	Die komplexe Kreisfrequenz	927
M.5	Einige mathematische Funktionen	929
M.5.1	Die Bessel-Funktionen	929
M.5.1.1	Einleitung	929
M.5.1.2	Tabelle der Bessel-Funktion erster Art (Ausschnitt)	930
M.5.2	Die Spaltfunktion	931
M.5.3	Fresnel-Integrale	932
M.5.4	Die Error-Funktion und das Gaußsche Fehlerintegral	933
M.5.4.1	Einleitung	933
M.5.4.2	Tabelle des Gaußschen Fehlerintegrals (Ausschnitt)	934
M.6	Wegbereiter der Nachrichtentechnik	935
M.7	Literaturhinweise	936
M.8	Sachregister	949
Farbtafeln	971