

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Elektromagnetische Wellen</b>	<b>1</b>
1.1 Wellenlängenbereiche	1
1.2 Arten der Wellenausbreitung	2
1.2.1 Bodenwellen	2
1.2.2 Raumwellen	2
1.2.3 Schwundererscheinungen	5
1.3 Ausbreitung in den einzelnen Wellenbereichen	6
<b>2 Nachrichtenübertragung über Kabel</b>	<b>9</b>
2.1 Einführung	9
2.2 Frequenzmultiplextechnik	15
2.2.1 Frequenzselektion, Signalquader und Kanalkapazität	17
2.2.2 Einseitenbandmodulation mit Trägerunterdrückung	21
2.2.3 Trägerfrequenz-Systeme	24
2.3 Zeitmultiplextechnik	28
2.3.1 Erzeugung des PCM-Zeitmultiplexsignals	29
2.3.2 Quantisierung und Codierung	31
2.3.3 Bildung des Pulsrahmens PCM 30	33
2.4 Seekabelanlagen	37
2.4.1 Einführung	37
2.4.2 Das Fernsprech-Seekabelnetz	39
2.4.3 Prinzipieller Aufbau einer Seekabelanlage	40
2.4.4 Seekabel	43
2.4.5 Unterwasser-Zwischenverstärker und Entzerrer	44
2.4.6 Endstellen	46
2.4.7 Verlegen eines Seekabels	48
2.5 Beispiele	49
2.5.1 Leitungsbeläge von Koaxialkabeln	49
2.5.2 Symmetrische Kabel	51
2.5.3 Signalquader und Übertragungskanal	52
2.5.4 Frequenzspektrum eines Ringmodulators	53

<b>3</b>	<b>Richtfunktechnik</b>	<b>55</b>
3.1	Einführung	55
3.2	Richtfunksysteme in Übertragungsnetzen	57
3.3	Aufbau einer Richtfunklinie	59
3.3.1	Analoge Richtfunkstrecken	59
3.3.2	Digitale Richtfunkstrecken	61
3.4	Wellenausbreitung im freien Raum	64
3.4.1	Einführung	64
3.4.2	Die erste Fresnelzone	69
3.4.3	Geländeschnitt	71
3.4.4	Freiraumdämpfung und Funkfeld-Gesamtdämpfung	73
3.5	Geräusche und Geräuschabstand bei der Analogübertragung	76
3.6	Der Systemwert	79
3.6.1	Hypothetische Bezugskreise	81
3.6.2	Geräuschempfelungen für zulässige Geräusche	82
3.6.3	Geräuschbilanz	82
3.7	Geräusche und Geräuschabstand bei der PCM-Übertragung	83
3.8	Antennen und Energieleitungen	86
3.8.1	Grundbegriffe	86
3.8.2	Antennentypen	87
3.8.3	Energieleitungen	94
3.9	Frequenzplanung	95
3.9.1	Aufteilung der Frequenzbereiche	95
3.9.2	Aufbau eines Frequenzrasters	96
3.10	Beispiele	98
3.10.1	Erdüberhöhung zwischen zwei Punkten	98
3.10.2	Berechnung einer Fresnelellipse	98
3.10.3	Freiraumdämpfung	99
3.10.4	Antennengewinn einer Parabolantenne	99
3.10.5	Berechnung der Systemdämpfung	100
3.10.6	Berechnung des Empfangspegels	101
3.10.7	Berechnung einer digitalen Übertragungsstrecke	102
3.10.8	Geräuschbilanz für ein Analogsystem	106
<b>4</b>	<b>Satellitenfunk</b>	<b>109</b>
4.1	Einführung	109
4.2	Satellitenbahnen	115
4.3	Frequenzbereiche	121
4.4	Berechnung einer Funkverbindung	122
4.4.1	Streckendämpfung	123

4.4.2	Rauschleistung, Rauschtemperatur und Güte $G_E/T'$ . . .	124
4.4.3	Eigenschaften der Frequenzmodulation für Fernsehübertragung . . . . .	131
4.4.4	Digitale Modulationsverfahren . . . . .	135
4.5	Aufbau eines geostationären Satelliten . . . . .	137
4.5.1	Rundfunksatelliten und Fernmeldesatelliten . . . . .	137
4.5.2	Satellitenantennen . . . . .	139
4.5.3	Repeater . . . . .	141
4.5.4	Übersicht über die Baugruppen im Versorgungsmodul . . . . .	144
4.6	Erdefunkstellen . . . . .	146
4.7	Elevations- und Azimutwinkel . . . . .	149
4.8	Netzzugriffssystem für „Neue Dienste“ . . . . .	150
4.9	Beispiele . . . . .	154
4.9.1	Bahngleichung . . . . .	154
4.9.2	Berechnung der Signallaufzeit . . . . .	156
4.9.3	Maximale Kommunikationsentfernung . . . . .	157
4.9.4	Systemrauschtemperatur . . . . .	159
4.9.5	Berechnung des Gütefaktors einer Empfangsanlage . . . .	160
4.9.6	Berechnung der äquivalenten Strahlungsleistung und des Gütefaktors . . . . .	161
<b>5</b>	<b>Nachrichtenübertragung über Kurzwellen</b> . . . . .	<b>165</b>
5.1	Einführung . . . . .	165
5.2	Ionosphäre und Wellenausbreitung . . . . .	171
5.3	Kurzwellen-Richtantennen . . . . .	175
5.4	Seefunk . . . . .	177
5.4.1	Einführung . . . . .	177
5.4.2	Frequenzbereiche . . . . .	177
5.4.3	Technische Anlagen . . . . .	179
5.5	Beispiel . . . . .	181
5.5.1	Plasmafrequenz und Reflexion von Kurzwellen . . . . .	181
<b>6</b>	<b>Nachrichtenübertragung über Lichtwellenleiter</b> . . . . .	<b>183</b>
6.1	Einführung . . . . .	183
6.2	Grundsätzlicher Aufbau einer optischen Übertragungsstrecke . .	186
6.3	Physikalische Grundlagen . . . . .	187
6.4	Lichtwellenleiter . . . . .	192
6.4.1	Mehrmoden-Stufenprofilfaser . . . . .	192
6.4.2	Mehrmoden-Gradientenfaser . . . . .	193
6.4.3	Monomodefaser . . . . .	196

6.5	Verluste in Lichtwellenleitern . . . . .	198
6.6	Herstellung von Glasfasern und Kabelkonstruktion . . . . .	200
6.7	Verbindungstechnik . . . . .	204
6.7.1	Spleißverbindung . . . . .	205
6.7.2	Steckverbindungen . . . . .	207
6.8	Optische Bauelemente . . . . .	209
6.8.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	209
6.8.2	Lumineszenzdiode . . . . .	211
6.8.3	Laserdiode . . . . .	213
6.8.4	PIN-Fotodiode . . . . .	216
6.8.5	Lawinen-Fotodiode . . . . .	218
6.9	Systeme mit Lichtwellenleitern . . . . .	220
6.10	Dämpfungsplanung einer Lichtwellenleiter- Übertragungsstrecke . . . . .	223
6.11	Lichtwellenleiter-Seekabel . . . . .	226
6.12	Beispiele . . . . .	231
6.12.1	Berechnung des Akzeptanzwinkels einer Stufenprofilfaser . . . . .	231
6.12.2	Anzahl der ausbreitungsfähigen Moden in einer Stufenprofilfaser . . . . .	231
6.12.3	Berechnung von Laufzeitdifferenzen . . . . .	232
6.12.4	Berechnung des Kernradius einer Monomodefaser . . . . .	232
6.12.5	Berechnung der Lichtwellenlänge einer Lumineszenzdiode . . . . .	233
6.12.6	Bandbreite einer Avalanche-Fotodiode . . . . .	233
6.12.7	Berechnung einer Lichtwellenleiter- Übertragungsstrecke . . . . .	234
6.12.8	Dispersion von Monomode-Fasern . . . . .	235
7	<b>Anhang</b> . . . . .	236
7.1	Pegel und Dämpfung . . . . .	236
7.2	Beispiele zur Pegelrechnung . . . . .	238
	<b>Terminologie</b> . . . . .	241
	<b>Literaturverzeichnis und Bildnachweis</b> . . . . .	246
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	249