

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	5
<b>1. Elektromagnetische Wellen im Bereich hoher Frequenzen</b>	11
1.1 Prinzip der Wellenabstrahlung	11
1.2 Frequenzbereiche und technische Anwendungsgebiete	13
1.3 Leitungsarten	13
<b>2. Allgemeine Grundlagen elektromagnetischer Wellen</b>	19
2.1 Elektromagnetische Grundbegriffe	19
2.1.1 Felder und Größen	19
2.1.2 Komplexe Werte	21
2.1.3 Vektoren	22
2.2 Maxwell'sche Gleichungen	23
2.3 Ebene Wellen	24
2.4 Leistungsübertragung	26
2.5 Polarisierete Wellen	27
2.5.1 Linear polarisierte Wellen	27
2.5.2 Zirkular polarisierte Wellen	28
2.6 Feldwellenwiderstand, Übertragungskonstante	31
2.7 Eindringtiefe elektromagnetischer Wellen	32
2.8 Parallelplatten - Leiter	36
<b>3. Widerstände, Leitungen, Anpassung, S-Parameter</b>	39
3.1 Leitungsgleichungen	39
3.2 Leitungsdiskontinuitäten	39
3.3 Reflexionen, Welligkeit	41
3.4 Messung von Reflexionen	42
3.5 Stehwellenverhältnis, Welligkeit	43
3.6 Leitungsdiagramm (Smith-Diagramm)	47
3.6.1 Widerstände, Leitwerte	47
3.6.2 Komplexe Reflexionsfaktoren im Smith-Diagramm	52
3.6.3 Leitungstransformation	52
3.7 S-Parameter	55
3.7.1 Zweitor	56
3.7.2 Mehrtor	61
3.8 Transformationsschaltungen	64
3.8.1 Komplexe Widerstandstransformation	64
3.8.2 Allgemeine Widerstandsanpassung	66
3.8.3 Transistoranpassungsschaltungen	67

<b>4.</b>	<b>Rechteckhohlleiter</b> . . . . .	74
4.1	Entstehung von Hohlleiterwellen durch Überlagerung ebener Wellen . . . . .	76
4.2	Die $H_{10}$ -Welle des Rechteckhohlleiters . . . . .	80
4.2.1	Das Wellenfeld der $H_{10}$ -Welle . . . . .	80
4.2.2	Feldwellenwiderstand, Leitungswiderstand . . . . .	80
4.2.3	Wellenlänge, Phasenkonstante, Wellengeschwindigkeit . . . . .	82
4.2.4	Grenzfrequenz und Übertragungsbereich . . . . .	83
4.2.5	Wandströme . . . . .	84
4.2.6	Wellendämpfung . . . . .	86
4.2.7	Aperiodische Dämpfung . . . . .	88
4.2.8	Leistungsübertragung . . . . .	90
4.2.9	Ausführungsformen der Rechteckhohlleiter . . . . .	94
4.2.10	Hohlleiterflanschverbindung . . . . .	96
4.3	$H_{nm}$ -Wellen des Rechteckhohlleiters . . . . .	99
4.4	$E_{nm}$ -Wellen des Rechteckhohlleiters . . . . .	101
<b>5.</b>	<b>Rundhohlleiter</b> . . . . .	102
5.1	Wellenfelder der Rundhohlleiter . . . . .	102
5.2	Dämpfung von Wellen in Rundhohlleitern . . . . .	106
5.3	Der Rundhohlleiter in der Richtfunktechnik . . . . .	110
5.4	Strahlungscharakteristik von Rundhohlleiterwellen . . . . .	112
5.5	Rundhohlleiterbauteile bei Antennensystemen . . . . .	113
<b>6.</b>	<b>Lineare Hohlleiterbauelemente</b> . . . . .	115
6.1	Grundkomponenten . . . . .	115
6.2	Kurzschlußschieber . . . . .	116
6.3	Hohlleiterübergänge . . . . .	118
6.3.1	Getaperte Hohlleiterübergänge . . . . .	118
6.3.2	Wellenwiderstandstransformator . . . . .	118
6.3.3	Rechteckhohlleiter-Koaxialkabel-Übergang (Adapter) . . . . .	119
6.4	Schraubenanpassung . . . . .	120
6.5	E-H-Tuner, Magisches T . . . . .	120
6.6	Abschlußwiderstand, Dämpfungselement . . . . .	123
6.7	Frequenzmesser . . . . .	125
6.8	Richtungskoppler . . . . .	127
6.8.1	Rechteckhohlleiterkoppler . . . . .	127
6.8.2	Schwebungskoppler . . . . .	130
6.8.3	Kreuzkoppler . . . . .	130
6.9	Hohlleiterfilter . . . . .	131
6.9.1	Einkreisfilter . . . . .	131
6.9.2	Mehrkreisfilter . . . . .	132
<b>7.</b>	<b>Nichtlineare Hohlleiterbauelemente, Ferritbauelemente</b> . . . . .	134
7.1	Gleichrichter . . . . .	134
7.2	Bolometer . . . . .	135

7.3	Modulatoren . . . . .	136
7.4	Ferritbauelemente . . . . .	137
7.4.1	Wirkungsweise von Ferriten . . . . .	137
7.4.2	Ferritdämpfungselemente . . . . .	142
7.4.3	Richtungsleitungen . . . . .	143
7.4.4	Nichtreziproke Phasenschieber . . . . .	144
7.4.5	Zirkulator . . . . .	144
7.4.6	Funktionsweise des Faraday-Drehers . . . . .	146
7.4.7	Isolator . . . . .	147
7.4.8	Faraday-Zirkulator . . . . .	148
<b>8.</b>	<b>Streifenleiter und ihre Übertragungseigenschaften . . . . .</b>	<b>150</b>
8.1	Art und Herstellungsmethoden von Mikrostreifenleitern . . . . .	150
8.2	Wellenwiderstand, Wellenlänge und Dämpfung von Mikrostreifenleitungen . . . . .	153
8.3	Streifenleitergehäuse und koaxiale Übergänge . . . . .	161
8.4	Berechnung von Mikrostreifenleiterschaltungen . . . . .	162
8.4.1	Widerstandsanpassung . . . . .	162
8.4.2	Wellenwiderstandstransformation . . . . .	164
8.4.3	Bemessen eines 2-GHz-Tiefpasses . . . . .	166
<b>9.</b>	<b>Streifenleiterschaltungen . . . . .</b>	<b>170</b>
9.1	Integrierte Widerstände . . . . .	170
9.2	Integrierte Kondensatoren . . . . .	171
9.3	Integrierte Induktanzen . . . . .	172
9.4	Realisierung von Blindwiderständen durch Leitungen . . . . .	173
9.5	Tiefpaßfilter, Hochpaßfilter . . . . .	173
9.6	Bandpaßfilter, Bandsperre . . . . .	176
9.7	Streifenleiterrichtungskoppler . . . . .	178
9.7.1	Hybrid-Koppler . . . . .	178
9.7.2	Leitungskoppler . . . . .	180
9.7.3	Dimensionierung von Leitungskopplern . . . . .	182
9.8	Mikrostreifenleiter-Zirkulator . . . . .	190
9.9	Streumatrizen von Streifenleiterbauteilen . . . . .	192
<b>10.</b>	<b>Integrierte Streifenleiterschaltungen . . . . .</b>	<b>194</b>
10.1	Streifenleitermodulatoren . . . . .	194
10.1.1	Anwendung der Modulatoren in Satellitentechnik und bei Phased-Array-Antennen . . . . .	194
10.1.2	Mikrowellenintegrierter PIN-Diodenschalter . . . . .	195
10.1.3	Ferritphasenschieber . . . . .	198
10.1.4	Analoger Modulator, Schrittmulator . . . . .	199
10.2	Streifenleitmischer . . . . .	200
10.2.1	Wirkungsweise von Mischern . . . . .	200
10.2.2	Eintaktmischer . . . . .	201
10.2.3	Gegentaktmischer . . . . .	204

10.2.4	Vervielfacher . . . . .	206
10.3	Streifenleiteroszillator . . . . .	207
10.4	Endverstärker in Mikrostreifenleitertechnik . . . . .	209
<b>11.</b>	<b>Streifenleiterdiskontinuitäten . . . . .</b>	<b>211</b>
11.1	Rechtwinkliger Knick der Mikrostreifenleitung . . . . .	211
11.2	Rechtwinklige Leitungsverzweigung . . . . .	212
11.3	Leerlaufende Stichleitungen bei Mikrostreifenleitern . . . . .	213
<b>12.</b>	<b>Vergleich der Mikrostreifenleiter mit anderen Streifenleitertypen . . . . .</b>	<b>215</b>
12.1	Symmetrische Streifenleiter (Tri-Plate-Leitungen) . . . . .	216
12.2	Schlitzleitungen . . . . .	220
12.3	Koplanarleitungen . . . . .	224
12.4	Brennerleitung (Suspended-Substrate-Leitung) . . . . .	226
12.5	Kammerleitung . . . . .	227
<b>13.</b>	<b>Aufgaben zu Mikrowellen, Streifenleitern, Hohlleitern . . . . .</b>	<b>229</b>
13.1	Übungen zu Kap. 1 . . . . .	229
13.2	Übungen zu Kap. 2 . . . . .	230
13.3	Übungen zu Kap. 3 . . . . .	231
13.4	Übungen zu Kap. 4 . . . . .	232
13.5	Übungen zu Kap. 5 . . . . .	233
13.6	Übungen zu Kap. 6 . . . . .	234
13.7	Übungen zu Kap. 7 . . . . .	235
13.8	Übungen zu Kap. 8 . . . . .	236
13.9	Übungen zu Kap. 9 . . . . .	237
13.10	Übungen zu Kap. 10 . . . . .	238
13.11	Übungen zu Kap. 11 . . . . .	239
13.12	Übungen zu Kap. 12 . . . . .	240
	Lösungen zu Übungen 13.1 - 13.12 . . . . .	241
<b>14.</b>	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>254</b>
<b>15.</b>	<b>Sachwörterverzeichnis . . . . .</b>	<b>259</b>