

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Nachrichtenübertragung</b>	<b>4</b>
2.1	Das Übertragungssystem . . . . .	4
2.2	Modulation . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Signalbeschreibung im Zeit- und Frequenzbereich</b>	<b>9</b>
3.1	Die harmonische Schwingung . . . . .	9
3.2	Das Spektrum einer periodischen Zeitfunktion . . . . .	12
3.2.1	Leistungsdichtespektrum für periodische Signale . . . . .	15
3.3	Das Spektrum einer aperiodischen Zeitfunktion . . . . .	16
3.3.1	Energiedichtespektrum für aperiodische Signale . . . . .	19
3.4	Eigenschaften der Fouriertransformation . . . . .	20
3.5	Die Übertragungsfunktion . . . . .	23
3.6	Der Übertragungskanal . . . . .	26
3.6.1	Systeme mit linearer Phase . . . . .	26
3.6.2	Systeme mit nichtlinearer Phase . . . . .	29
3.6.3	Systeme mit Dämpfungsverzerrung . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Das Zufallssignal</b>	<b>33</b>
4.1	Wahrscheinlichkeit . . . . .	33
4.1.1	Die Zufallsvariable . . . . .	35
4.1.2	Die Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion . . . . .	35
4.1.3	Die Wahrscheinlichkeitsverteilungsdichtefunktion . . . . .	36
4.1.4	Erwartungswerte einer Zufallsvariablen . . . . .	38
4.2	Der Zufallsprozeß . . . . .	39
4.2.1	Schmitttelwerte und Zeitmittelwerte von Zufallsprozessen . . . . .	41
4.2.2	Stationarität und Ergodizität eines Zufallsprozesses . . . . .	42
4.2.3	Eigenschaften der Autokorrelationsfunktion . . . . .	43
4.2.4	Das Leistungsdichtespektrum von Zufallssignalen . . . . .	44
4.2.5	Zufallsprozesse und lineare Systeme . . . . .	48
4.3	Die Gaußverteilung . . . . .	51
4.3.1	Schmalbandrauschen . . . . .	54

<b>5 Modulation eines sinusförmigen Trägers durch ein analoges Modulationssignal</b>	<b>59</b>
5.1 Die Amplitudenmodulation	63
5.1.1 Hüllkurvendemodulation	65
5.1.2 Synchrondemodulation	66
5.1.3 Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger	67
5.1.4 Einseitenbandmodulation	70
5.1.5 Restseitenbandmodulation	74
5.1.6 Amplitudenmodulation und Rauschen	77
5.2 Die Frequenzmodulation	85
5.2.1 Bandbreite eines sinusförmig modulierten FM-Signals	88
5.2.2 Schmalband-Frequenzmodulation	91
5.2.3 Breitband-Frequenzmodulation	94
5.2.4 Erzeugung eines frequenzmodulierten Signals	95
5.2.5 FM-Demodulation	96
5.2.6 Frequenzmodulation und Rauschen	98
5.3 Die Phasenmodulation	117
5.3.1 Schmalband-Phasenmodulation	120
5.3.2 Breitband-Phasenmodulation	122
5.3.3 Zusammenhang zwischen Phasen- und Frequenzmodulation	122
5.3.4 Phasenmodulation und Phasendemodulation	123
5.3.5 Phasenmodulation und Rauschen	124
<b>6 Abgetastete und diskrete Signale</b>	<b>129</b>
6.1 Abtastung im Zeitbereich	129
6.2 Abtastung im Frequenzbereich	132
6.3 Diskrete Signale	134
<b>7 Modulation eines pulsformigen Trägers durch ein analoges Modulationssignal</b>	<b>140</b>
7.1 Die Pulsamplitudenmodulation	140
7.1.1 Demodulation eines PAM-Signals	144
7.1.2 Pulsamplitudenmodulation und Rauschen	144
7.2 Die Pulsphasenmodulation	146
7.3 Die Pulsdauermodulation	152
7.4 Pulspositionsmodulation und Rauschen	156
<b>8 Die Pulsmodulation</b>	<b>159</b>
8.1 Generierung eines PCM-Signals	160
8.2 Komprimierung eines PCM-Signals	164
8.3 Der Max-Lloyd-Algorithmus	169
8.4 Codiervorgang	170
8.5 Übertragung von PCM-Signalen	171
8.6 Pulsmodulation und Rauschen	175
8.7 Die Differenzpulsmodulation	187
8.8 Die Deltamodulation	191

8.9	Bitsynchronisation . . . . .	196
8.10	Codewortsynchronisation . . . . .	197
<b>9</b>	<b>Modulation eines sinusförmigen Trägers durch ein digitales Modulationssignal</b>	<b>199</b>
9.1	Die Amplitudenumtastung . . . . .	199
9.1.1	ASK-Modulation und Rauschen . . . . .	201
9.2	Die Frequenzumtastung . . . . .	212
9.2.1	FSK-Modulation und Rauschen . . . . .	214
9.2.2	Frequenzumtastung mit kontinuierlichem Phasenverlauf . . . . .	218
9.3	Die Phasenumtastung . . . . .	220
9.3.1	PSK-Modulation und Rauschen . . . . .	221
9.3.2	Die differentielle Phasenumtastung . . . . .	222
9.4	Mehrstufige Modulationsverfahren . . . . .	227
9.4.1	Die mehrstufige Amplitudenumtastung . . . . .	227
9.4.2	Die mehrstufige Frequenzumtastung . . . . .	230
9.4.3	Die mehrstufige Phasenumtastung . . . . .	234
9.4.4	Die Quadraturamplitudenmodulation . . . . .	238
<b>10</b>	<b>Grundlagen der Informationstheorie</b>	<b>243</b>
10.1	Der Optimalempfänger . . . . .	244
10.2	Die Kanalkapazität . . . . .	251
10.3	Die Viterbi-Decodierung . . . . .	255
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>260</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>262</b>