

Inhaltsverzeichnis

1	Frequenzanalyse zeitkontinuierlicher Signale	1
1.1	Signale und ihre Modelle	1
1.1.1	Signale im Kommunikationsprozeß	1
1.1.2	Signalbeschreibung	3
1.1.3	Energie- und Leistungssignale	6
1.2	Frequenzanalyse periodischer Signale	10
1.2.1	Die reelle FOURIER-Reihe	10
1.2.2	Die komplexe FOURIER-Reihe	11
1.2.3	Berechnung der FOURIER-Koeffizienten	12
1.2.4	Betrags- und Phasenspektrum	13
1.2.5	PARSEVALsche Gleichung	15
1.3	Frequenzanalyse von Energiesignalen	16
1.3.1	Die FOURIER-Transformation	16
1.3.2	Spektrale Amplitudendichte	17
1.3.3	Energiedichtetespektrum	22
1.4	Frequenzanalyse von Leistungssignalen	24
1.4.1	Anwendbarkeitsgrenzen der FOURIER-Transformation	24
1.4.2	Erweiterung des Gültigkeitsbereichs der FOURIER-Transformation	25
1.4.3	Leistungsdichtetespektrum	27
1.5	Faltungssatz und Anwendungen	30
1.5.1	Faltung als Signaloperation	30
1.5.2	Faltungssatz der FOURIER-Transformation	30
1.5.3	Lineare zeitinvariante Systeme	31
1.5.4	Fensterfunktionen	33

2 Frequenzanalyse zeitdiskreter Signale	36
2.1 Abtastung und Rekonstruktion	36
2.1.1 Abtastung	36
2.1.2 Rekonstruktion	37
2.1.3 Rechenregeln für abgetastete Signale	41
2.2 Die diskrete FOURIER-Transformation (DFT)	42
2.2.1 Transformationsgleichungen	42
2.2.2 Weitere Eigenschaften der DFT	43
2.2.3 DFT und Samplingreihe	47
2.3 Die schnelle FOURIER-Transformation (FFT)	49
2.3.1 Ansatz	49
2.3.2 Algorithmus	50
2.4 Praktische Anwendung der DFT/FFT	52
2.4.1 Folgen der endlichen Abtastwertezahl	52
2.4.2 Lattenzauneffekt	53
2.4.3 Zero padding	56
2.4.4 Beispiele	56
3 Digitale Filter	63
3.1 Grundlagen	63
3.1.1 Aufgabenstellung	63
3.1.2 Systemstruktur	64
3.1.3 Entwicklungsablauf	66
3.2 Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme	68
3.2.1 Beschreibung im Frequenzbereich (DTFT)	68
3.2.2 DTFT und Samplingreihe	71
3.2.3 z-Transformation	72
3.3 Entwurf digitaler Filter	74
3.3.1 Definition der Filterparameter	74
3.3.2 Berechnung der Übertragungsfunktion des Analogfilters	77

3.3.3	Berechnung der Übertragungsfunktion des Digitalfilters	78
3.3.4	Beispiel	81
3.4	Realisierung digitaler Filter	84
3.4.1	Signalflußbilder digitaler Filter	84
3.4.2	Spezielle Filterstrukturen	89
3.4.3	Realisierung von FIR-Filtern mit Fensterverfahren	91
4	Zeit-Frequenz-Analyse	94
4.1	Unschärferelation	94
4.1.1	Einführendes Beispiel	94
4.1.2	Zeitgesetz der Nachrichtentechnik	95
4.1.3	Klassische Form der Unschärferelation	97
4.1.4	Unschärferelation der Informationstechnik	98
4.2	Kurzzeit-FOURIER-Transformation (STFT)	99
4.2.1	Mathematische Analyse der Zeitfensterung	99
4.2.2	Kurzeitspektrum	101
4.2.3	Beispiel	104
4.2.4	Alternativen zur STFT	108
4.3	Wavelet-Analyse	112
4.3.1	Die Wavelet-Transformation (WT)	112
4.3.2	Interpretation durch Detailsignale	115
4.3.3	Digitalfilter-Realisierung	117
4.3.4	Erzeugung von Wavelets	120
4.3.5	Beispiele	123
A	Übersichten	127
A.1	Zusammenfassung der Hin- und Rücktransformationsgleichungen	127
A.2	Rechenregeln der FOURIER-Reihe	128
A.3	Rechenregeln der FOURIER-Transformation	129
A.4	Rechenregeln der DFT	130
A.5	Rechenregeln der DTFT / z-Transformation	131

A.6	Beispiele zur FOURIER-Reihe	132
A.7	Beispiele zur FOURIER-Transformation	133
A.8	Beispiele zur z -Transformation	134
A.9	Fensterfunktionen	135
A.10	Mitten- und Grenzfrequenzen von Terz- und Oktavfiltern	137
A.11	Kanalaufteilung einer Frequenzgruppen-Filterbank	138