

Inhaltsverzeichnis

1 Abtastung und Mehrdeutigkeit zeitdiskreter Signale	1
1.1 Einführung	1
1.2 Gleichmäßige Abtastung kontinuierlicher Signale	1
Experiment 1.1: Rekonstruktion des kontinuierlichen Signals aus den Abtastwerten	2
1.3 Gleichmäßige Abtastung als Ursache der Mehrdeutigkeit	6
Experiment 1.2: Kontinuierliche Signale mit gleichen Abtastwerten	7
Experiment 1.3: Untersuchung eines Anti-Aliasing-Tiefpassfilters	13
Experiment 1.4: Anti-Aliasing-Tiefpassfilterung bei Überabtastung	19
2 Spektrum kontinuierlicher und zeitdiskreter deterministischer Signale	23
2.1 Einführung	23
2.2 Spektrum periodischer Signale über die Fourier-Reihe	23
2.3 Amplitudenspektrum	25
2.4 Annäherung der Fourier-Reihe mit Hilfe der DFT	28
2.4.1 Der Schmiereffekt (<i>Leakage</i>) der DFT	37
Experiment 2.1: Die Fourier-Reihe über die DFT für ein Signal mit begrenzter Anzahl von Harmonischen	41
Experiment 2.2: Modal-Analyse eines Hochhauses mit 3 Stockwerken	48
Experiment 2.3: Fourier-Reihe über die FFT für ein rechteckiges Signal	54
Experiment 2.4: Testen der A/D-Wandler mit Hilfe der FFT	64
2.5 Spektrum aperiodischer Signale über die Fourier-Transformation	71
2.6 Annäherung der Fourier-Transformation kontinuierlicher Signale mit Hilfe der DFT	74
Experiment 2.5: Die Annäherung der Fourier-Transformation einer abklingenden Schwingung über die DFT	78
2.7 Erweiterte Fourier-Transformation	82
2.8 DFT-Annäherung der Fourier-Transformation zeitdiskreter Signale	89
Experiment 2.6: Fourier-Transformation des Ausschnitts eines periodischen Signals über die DFT	92

2.9	Spektrum komplexer Signale	95
2.10	Zusammenfassung	99
2.10.1	Annäherung der komplexen Fourier-Reihe	100
2.10.2	Annäherung der Fourier-Transformation kontinuierlicher Signale über die DFT	101
2.10.3	Annäherung der Fourier-Transformation zeitdiskreter Signale (DTFT) über die DFT	102
3	Spektrum kontinuierlicher und zeitdiskreter stochastischer Signale	103
3.1	Einführung	103
3.2	Zufallsvariablen	103
3.2.1	Normal verteilte Zufallsvariablen	104
3.2.2	Gemeinsame Zufallsvariablen	107
3.3	Nichtstationäre, stationäre und ergodische Zufallsprozesse	110
3.4	Die Schätzung der spektralen Leistungsdichte zufälliger Signale	112
3.4.1	Der Einsatz der DFT in der Schätzung der spektralen Leistungsdichte ..	116
3.5	Weitere Verfahren zur Schätzung der spektralen Leistungsdichte	117
3.5.1	Die Bartlett-Methode: Gemittelte Periodogramme	117
3.5.2	Die Welch-Methode: Gemittelte modifizierte Periodogramme	117
3.5.3	Die Blackman-Tukey-Methode: Gewichtete Periodogramme	118
Experiment 3.1:	Welch-Schätzung der spektralen Leistungsdichte über MATLAB-Funktion	119
Experiment 3.2:	Blackman-Tukey-Schätzung der spektralen Leistungsdichte	122
3.6	Der Einfluss linearer Systeme auf stochastische ergodische Prozesse	123
Experiment 3.3:	Identifikation des Frequenzgangs mit Hilfe von spektralen Leistungsdichten	126
Experiment 3.4:	Einschwingvorgang für Mittelwert und Varianz bei Anregung mit weißem Rauschen	129
Experiment 3.5:	Untersuchung eines mechanischen Systems angeregt durch eine Zufallsbewegung	131
Experiment 3.6:	Einsatz der MATLAB-Funktionen für die Ermittlung der spektralen Kreuzleistungsdichte zur Identifikation eines mechanischen Systems	137
3.7	<i>Multitaper</i> -Verfahren zur Schätzung der spektralen Leistungsdichte	146
Experiment 3.7:	Einsatz der MATLAB-Funktionen für das <i>Multitaper</i> -Verfahren	147
3.8	Parametrische Methoden zur Schätzung der spektralen Leistungsdichte	150
3.8.1	Beziehung zwischen den Parametern des Modells und der Autokorrelationsfunktion	152
3.9	Das Yule-Walker-Verfahren für die Schätzung der Parameter des AR-Modells ..	155

<i>Experiment 3.8: Schätzung der Parameter eines AR-Modells mit dem Yule-Walker-Verfahren</i>	156
3.10 Das Burg-Verfahren für die Schätzung der Parameter eines AR-Modells	164
<i>Experiment 3.9: Schätzung der Parameter der AR-Modelle mit dem Burg-Verfahren</i>	167
3.11 Das Kovarianz-Verfahren für die Schätzung des AR-Modells	170
<i>Experiment 3.10: Schätzung der Parameter eines AR-Modells mit dem Kovarianz-Verfahren</i>	172
3.12 Das Verfahren des kleinsten quadratischen Fehlers	174
<i>Experiment 3.11: Schätzung der Parameter eines AR-Modells mit dem Least-Square-Verfahren</i>	175
3.13 Das MA-Modell zur Schätzung der spektralen Leistungsdichte	182
<i>Experiment 3.12: Schätzung der Parameter eines MA-Modells über ein AR-Modell</i>	183
3.14 Schätzung der spektralen Leistungsdichte für ARMA-Prozesse	188
<i>Experiment 3.13: Schätzung der spektralen Leistungsdichte eines ARMA-Prozesses</i>	190
4 Eigenwertanalyse-Verfahren zur Schätzung der spektralen Leistungsdichte	195
4.1 Eigenwertzerlegung für die Analyse dynamischer Systeme	195
4.1.1 Eigenwertzerlegung für die Analyse kontinuierlicher Systeme	195
4.1.2 Eigenwertzerlegung für die Analyse zeitdiskreter Systeme	200
4.2 Eigenwertanalyse-Verfahren zur spektralen Schätzung	204
4.2.1 Pisarenko-Verfahren der Eigenwertzerlegung	208
<i>Experiment 4.1: Einsatz des Pisarenko-Verfahrens</i>	209
4.2.2 MUSIC-Verfahren der Eigenwertzerlegung	212
<i>Experiment 4.1: Einsatz des MUSIC-Verfahrens</i>	213
4.2.3 ESPRIT-Verfahren der Eigenwertzerlegung	219
5 Spektrale Analyse mit Simulink-Modellen	223
5.1 Statistik-Blöcke	223
<i>Experiment 5.1: Gemittelte Autokorrelation einer gefilterten Sequenz</i>	224
5.2 Blöcke zur Ermittlung der spektralen Leistungsdichte	230
5.2.1 Einsatz des <i>Periodogram</i> -Blocks	230
<i>Experiment 5.2: Spektrale Leistungsdichte mit Periodogram-Block</i>	231
5.2.2 Einsatz des Blocks <i>Yule-Walker Method</i>	235
<i>Experiment 5.3: Spektrale Leistungsdichte mit Yule-Walker-Block</i>	235
5.2.3 Einsatz der Blöcke <i>Covariance Method</i> , <i>Modified Covariance Method</i> und <i>Burg Method</i>	238
<i>Experiment 5.4: Spektrale Leistungsdichte mit den restlichen parametrischen Verfahren</i>	238
<i>Experiment 5.5: Spektrale Leistungsdichte mit Spectrum Scope-Block</i>	241

5.3	Schätzung der spektralen Leistungsdichte mit <i>Pre-Whitening</i>	247
	<i>Experiment 5.6: Simulation der Schätzung der spektralen Leistungsdichte mit Pre-Whitening</i>	248
5.4	Das Prinzip eines FFT-Zooms	250
	<i>Experiment 5.7: Simulation des Zoom-Verfahrens</i>	253
Literaturverzeichnis		261
Index		265
Index der MATLAB-Funktionen		267