

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	IX
1. Beschreibung von Zeitreihen	1
1.1 <i>Darstellung von Zeitreihen</i>	1
1.2 <i>Empirische Momente</i>	3
1.3 <i>Das klassische Komponentenmodell</i>	9
1.4 <i>Trendbestimmung</i>	12
1.4.1 <i>Lineare Trends</i>	13
1.4.2 <i>Lineare Regressionsmodelle zur Trendbestimmung</i>	15
1.4.3 <i>Residuen-Analyse</i>	17
1.4.4 <i>Robuste Schätzung linearer Trendmodelle</i>	20
1.4.5 <i>Nichtlineare Trendmodelle</i>	23
1.4.6 <i>Splines</i>	28
1.4.7 <i>Trendzerlegung von Zeitreihen</i>	31
1.5 <i>Transformation von Zeitreihen durch Filter</i>	35
1.5.1 <i>Vorbemerkung</i>	35
1.5.2 <i>Gleitende Durchschnitte</i>	36
1.5.3 <i>Differenzenfilter</i>	39
1.5.4 <i>Faltungen</i>	41
1.5.5 <i>Exponentielle Glättung</i>	44
1.6 <i>Analyse zyklischer Schwankungen</i>	50
1.6.1 <i>Grundlagen</i>	50
1.6.2 <i>Das Periodogramm</i>	54
1.6.3 <i>Probleme bei der Interpretation des Periodogramms</i>	63
1.6.4 <i>Periodogramm und Fouriertransformation von Zeitreihen</i>	68
1.6.5 <i>Periodogramm und Autokovarianzfunktion</i>	75
1.7 <i>Saisonbereinigung</i>	81
1.8 <i>Aufgaben</i>	86
2. Stochastische Prozesse	90
2.1 <i>Definition und Beschreibung stochastischer Prozesse</i>	90
2.2 <i>Stationäre Prozesse</i>	100
2.3 <i>Lineare stochastische Prozesse</i>	104
2.3.1 <i>Motivation</i>	105
2.3.2 <i>Lineare Filter und stochastische Prozesse</i>	107
2.3.3 <i>Moving-Average-Prozesse</i>	116
2.3.4 <i>Autogressive Prozesse</i>	121
2.3.5 <i>ARMA-Prozesse</i>	132
2.3.6 <i>Prozesse mit Ausreißern</i>	139
2.4 <i>Prozesse mit langem Gedächtnis</i>	141
2.5 <i>Zustandsraummodelle</i>	144
2.6 <i>Aufgaben</i>	152
3. Spektren stationärer Prozesse	155
3.1 <i>Definition und Grundlagen</i>	155
3.2 <i>Lineare Filter im Frequenzbereich</i>	164

3.3	<i>Spektren linearer Prozesse</i>	178
3.4	<i>Aufgaben</i>	187
4.	Prognose	191
4.1	<i>Grundlagen</i>	191
4.1.1	Optimale Prognosen	191
4.1.2	Die partielle Autokorrelationsfunktion	194
4.2	<i>Prädiktionstheorie stationärer Prozesse</i>	201
4.2.1	Prädiktion im Zeitbereich	201
4.2.2	Prädiktion im Frequenzbereich	207
4.3	<i>Rekursive Prognoseverfahren</i>	213
4.3.1	Der Box-Jenkins Ansatz	214
4.3.2	Der Kalman-Filter	220
4.3.3	Anwendungen des Kalman-Filters	227
4.4	<i>Aufgaben</i>	228
5.	Statistische Analyse im Zeitbereich:	230
	Schätzung der Momentfunktionen	
5.1	<i>Ergodizität</i>	230
5.2	<i>Schätzung des Erwartungswertes</i>	232
5.3	<i>Schätzung der Kovarianzfunktion</i>	236
5.4	<i>Schätzung der Korrelationsfunktion</i>	243
5.5	<i>Robuste Schätzung der Momentfunktionen</i>	247
5.6	<i>Aufgaben</i>	251
6.	Statistische Analyse im Zeitbereich:	253
	Anpassung linearer Prozesse	
6.1	<i>Modellschätzung</i>	253
6.1.1	Autoregressive Prozesse	253
6.1.2	Moving-Average-Prozesse	262
6.1.3	ARMA-Prozesse: Ein einfaches Schätzverfahren	267
6.1.4	ARMA-Prozesse: Grundlagen der Likelihood-Methoden	269
6.1.5	ARMA-Prozesse: Weitere Aspekte der Likelihood-Methoden	275
6.1.6	ARMA-Prozesse: Kleinst-Quadrate-Methoden	280
6.1.7	ARMA-Prozesse: Asymptotische Eigenschaften der Schätzfunktionen	284
6.2	<i>Spezifikation von ARMA-Modellen</i>	288
6.2.1	Überblick	288
6.2.2	Behandlung instationärer Prozesse	289
6.2.3	Der klassische Box-Jenkins-Ansatz: ACF und PACF	301
6.2.4	Inverse Autokorrelationsfunktion	306
6.2.5	Vektorkorrelation stochastischer Prozesse	311
6.3	<i>Modelldiagnose</i>	322
6.3.1	Überblick	322
6.3.2	Diagnostische Tests	323
6.3.3	Semiautomatische Modellselektion	332
6.4	<i>Prognosen mit angepassten ARIMA-Modellen</i>	342
6.5	<i>Aufgaben</i>	348

7. Statistische Inferenz im Frequenzbereich	353
7.1 <i>Das Periodogramm als Schätzer der Spektraldichte</i>	353
7.2 <i>Die Verteilung des Periodogramms</i>	361
7.3 <i>Anwendungen des Periodogramms</i>	364
7.3.1 Schätzung der Spektralverteilungsfunktion	364
7.3.2 Analyse harmonischer Vorgänge	367
7.3.3 Tests auf White-Noise	370
7.3.4 Anpassung linearer Prozesse im Frequenzbereich	376
7.4 <i>Direkte Spektralschätzer</i>	377
7.4.1 Definition und Berechnung der Schätzer	377
7.4.2 Asymptotische Eigenschaften	380
7.4.3 Spektralfenster und Erwartungswert von Spektralschätzern	382
7.4.4 Bias direkter Spektralschätzer: Bandbreite und Leakage-Effekt	389
7.4.5 Leakage-Reduktion durch Datenfenster	392
7.4.6 Asymptotik bei Tapermodifikation und Einsatz der FFT	398
7.5 <i>Indirekte Spektralschätzer</i>	400
7.6 <i>Weitere Ansätze zur Spektralschätzung</i>	423
7.6.1 Filterbankmethode	423
7.6.2 Autoregressive Spektralschätzung	425
7.6.3 Robuste Spektralschätzung	430
7.6.4 Bestimmung des fraktionellen Exponenten bei ARFIMA-Prozessen	431
7.7 <i>Aufgaben</i>	434
8. Nichtlineare Prozesse	436
8.1 <i>Nichtlineare autoregressive Prozesse</i>	437
8.1.1 Grundlagen	437
8.1.2 Kernregressionsschätzung	439
8.1.3 Neuronale Netze und Backpropagation	445
8.2 <i>Autoregressive Prozesse mit stochastischen Koeffizienten</i>	447
8.2.1 Grundlagen	447
8.2.2 ARCH-Modelle	450
8.3 <i>Bilineare Prozesse</i>	456
8.4 <i>Prozesse mit vergangenheitsabhängigen Koeffizienten</i>	460
8.4.1 Zustandsabhängige Modelle	460
8.4.2 Threshold Autoregressive Prozesse	466
8.5 <i>Lagrange-Multiplikator-Tests auf Linearität</i>	470
Anhang	479
<i>Anhang A: Trigonometrische Funktionen</i>	479
<i>Anhang B: Komplexe Zahlen</i>	484
B.1 Grundlagen	484
B.2 Trigonometrische Darstellung komplexer Zahlen	486
B.3 Exponentialdarstellung komplexer Zahlen	488
<i>Anhang C: Wahrscheinlichkeitsrechnung</i>	490
C.1 Zufallsexperimente und Wahrscheinlichkeiten	490
C.2 Zufallsvariablen und ihre Verteilungen	491
C.3 Momente	495

C.4 Die multivariante Normalverteilung	500
C.5 χ^2 , F , t -Verteilung	507
C.6 Konvergenz einer Folge von Zufallsvariablen	509
<i>Anhang D: Die Delta-Methode</i>	<i>512</i>
<i>Anhang E: Lineare Approximation</i>	<i>517</i>
E.1 Univariate lineare Approximation	517
E.2 Multivariate lineare Approximation	521
E.3 Partielle und multiple Korrelation	522
<i>Anhang F: Die Beispielreihen</i>	<i>528</i>
<i>Anhang G: Lösungen zu den Aufgaben</i>	<i>536</i>
Symbolverzeichnis	546
Literaturverzeichnis	550
Sachverzeichnis	564