

Winfried Stier

# Methoden der Zeitreihenanalyse

Mit 237 Abbildungen  
und 6 Tabellen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

I.	Elementare Zeitreihenanalyse. . . . .	1
1.1.	Definitionen, Grundkonzepte, Beispiele. . . . .	1
1.2.	Das traditionelle Zeitreihen-Komponentenmodell. . . . .	8
II.	Einfache Saisonbereinigungsverfahren. . . . .	11
11.1.	Saisonbereinigung im additiven Komponentenmodell bei konstanter Saisonfigur. . . . .	11
11.2.	Saisonbereinigung im additiven Komponentenmodell bei variabler Saisonfigur. . . . .	14
11.3.	Einige praktische Probleme der Saisonbereinigung. . . . .	15
III.	Elementare Filter-Operationen. . . . .	19
IV.	Prognosen auf der Basis von Exponential-Smoothing-Ansätzen . . . . .	23
IV.1.	Vorbemerkungen. . . . .	23
IV.2.	Einfaches Exponential-Smoothing. . . . .	24
IV.3.	Exponential-Smoothing nach Holt. . . . .	27
IV.4.	Exponential-Smoothing nach Winters. . . . .	28
IV.5.	Ergänzende Bemerkungen zum Exponential-Smoothing. . . . .	32
V.	Grundzüge der Theorie der stochastischen Prozesse. . . . .	37
V.1.	Zufallsvariable und Zufallsvektoren. . . . .	37
V.2.	Stochastische Prozesse. . . . .	40
V.3.	Stationäre Stochastische Prozesse. . . . .	42
V.4.	Spezielle stationäre Prozesse. . . . .	43
V.4.1.	Weißes Rauschen. . . . .	43
V.4.2.	Autoregressive Prozesse. . . . .	44
V.4.3.	Moving-Average-Prozesse. . . . .	52
V.4.4.	ARMA-Prozesse. . . . .	55
V.4.5.	ARIMA-Prozesse. . . . .	56
V.4.5.1.	Nicht-saisonale ARIMA-Prozesse. . . . .	57
V.4.5.2.	Saisonale ARIMA-Prozesse. . . . .	57
V.4.5.3.	Exkurs: Ein alternativer saisonaler ARIMA-Prozeß. . . . .	60
V.4.5.4.	Exponential Smoothing-Modelle und ARIMA-Modelle. . . . .	62
VI.	Vektorielle stochastische Prozesse. . . . .	65
VI.1.	Grundlagen. . . . .	65
VI.2.	VAR-Prozesse. . . . .	72
VI.2.1.	Exkurs: Kronecker-Produkt und vec-Operator. . . . .	74
VI.3.	Impuls-Antwortfunktionen. . . . .	77
VI.3.1.	Impuls-Antwortfunktionen bei unkorrelierten Innovationen . . . . .	77
VI.3.2.	Exkurs: Dekomposition der Matrix $Z$ . . . . .	78

VI.3.3.	Impuls-Antwortfunktionen bei korrelierten Innovationen. . . . .	79
VI.3.4.	Varianz-Zerlegung. . . . .	82
VI.3.5	Granger-Kausalität . . . . .	83
VII.	Schätzprobleme bei stochastischen Prozessen. . . . .	87
VII.1.	Schätzen von Parametern und Momentfunktionen univariater Prozesse. . . . .	87
VII.1.1.	Grundlagen. . . . .	87
VII.1.2.	Parameterschätzungen bei ARMA-Prozessen.....	91
VII.2.	Parameterschätzung vektorieller Prozesse. . . . .	99
VIII.	Identifikation stochastischer Prozesse. . . . .	105
VIII. 1.	Identifikation univariater ARMA- und ARIMA-Prozesse. . . . .	105
VIII.2.	Identifikation vektorieller ARMA- und ARIMA-Prozesse. . . . .	113
IX.	Modelldiagnose. . . . .	117
IX. 1.	Modelldiagnose bei univariaten ARMA- und ARIMA-Modellen ..	117
IX.2.	Modelldiagnose bei vektoriellen ARMA- und ARIMA-Prozessen .	118
X.	Ausreißer-Analyse. . . . .	121
X.1.	Grundlagen und Beispiele. . . . .	121
X.2.	Additive und innovative Ausreißer und ihre Bestimmung. . . . .	125
X.2.1.	Beispiele. . . . .	129
XI.	Prognosen mit ARMA- und ARIMA-Modellen. . . . .	131
XI.1.	Prognosen mit univariaten ARMA- und ARIMA-Modellen. . . . .	131
XI.2.	Prognosen mit vektoriellen ARMA- und ARIMA-Prozessen . . . . .	136
XII.	Transferfunktionen (ARMAX)-Modelle. . . . .	139
XII.1.	Transferfunktionen-Modelle mit einer Input-Variablen. . . . .	139
XII.1.1.	Grundlagen und Definitionen. . . . .	139
XII.1.2.	Kreuzkorrelationsfunktion und Transferfunktionen-Modelle . . . . .	142
XII.1.3.	Identifikation von Transferfunktionen-Modellen. . . . .	144
XII.1.4.	Parameterschätzungen bei Transferfunktionen-Modellen. . . . .	145
XII.1.5.	Diagnose von Transferfunktionen-Modellen. . . . .	146
XII.1.6.	Prognose mit Transferfunktionen-Modellen. . . . .	147
XII.1.7.	Beispiele. . . . .	149
XII.2.	Transferfunktionen mit mehreren Inputs. . . . .	153
XIII.	Strukturelle Komponentenmodelle. . . . .	161
XIII.1.	Einleitung. . . . .	161
XIII.2.	Modellierung der Komponenten. . . . .	161
XIII.2.1.	Trendkomponente. . . . .	161
XIII.2.2.	Zyklus-Komponente. . . . .	162
XIII.2.3.	Saisonkomponente. . . . .	163
XIII.3.	Das "Basic Structural Model" nach Harvey. . . . .	164

XIII.4.	Strukturelle Komponentenmodelle und ARIMA-Modelle. . . . .	164
XIII.5.	Parameterschätzung bei strukturellen Komponentenmodellen . .	167
XIII.5.1.	Zustandsraummodelle. . . . .	167
XIII.5.2.	Kaiman-Filter. . . . .	169
XIII.5.3.	Maximum-Likelihood-Schätzungen. . . . .	171
XIII.6.	Beispiel. . . . .	172
XIII.7.	Abschließende Bemerkungen. . . . .	177
XIV.	Grundzüge der Spektralanalyse. . . . .	179
XIV.1.	Vorbemerkungen. . . . .	179
XIV.2.	Spektrn stationärer Prozesse. . . . .	180
XIV.3.	Schätzung eines Spektrums. . . . .	183
XIV.4.	Spektralanalyse und Saisonalität. . . . .	186
XV.	Saisonbereinigungsverfahren und Probleme der Saisonbereinigung. . . . .	195
XV.1.	Einleitung. . . . .	195
XV.2.	Bemerkungen zu einfachen Saisonbereinigungsverfahren und einigen Grundproblemen der Saisonbereinigung. . . . .	195
XV.3.	Spezielle Saisonbereinigungsverfahren. . . . .	197
XV.3.1.	Verfahren auf der Basis von Ratio-to-Moving-Average-Methoden	197
XV.3.1.1.	Verfahren des Bureau of the Census: Census X-II. . . . .	197
XV.3.1.2.	Theoretische Überlegungen zum Census X-11-Verfahren . . . .	201
XV.3.1.3.	Census X-11-ARIMA. . . . .	202
XV.3.1.4.	Verfahren des Bureau of the Census: Census X-12-ARIMA . . . .	202
XV.3.1.5.	Eine robuste Version von Census X-II: SABL. . . . .	203
XV.3.2.	Verfahren auf der Basis von Regressionsmodellen. . . . .	205
XV.3.2.1.	Berliner Verfahren (BVI - BVIV). . . . .	205
XV.3.2.2.	Das ASA-II-Verfahren. . . . .	209
XV.4.	Ein Verfahren auf der Basis von ARIMA-Modellen: SEATS. . . . .	209
XV.5.	Weitere Verfahren. . . . .	217
XV.6.	Saisonbereinigung als Filter-Design-Problem. . . . .	219
XV.6.1.	Die Lösung des Design-Problems nach O'Gorman. . . . .	220
XV.6.2.	Die Lösung des Design-Problems nach Stier. . . . .	220
XV.7.	Zum Vergleich von Saisonbereinigungsverfahren. . . . .	222
XV.7.1.	Über numerische Vergleiche alternativ saisonbereinigter Zeitreihen. . . . .	222
XV.7.2.	Zum Problem der Zielsetzungen bei Saisonbereinigungsverfahren und der Interpretation bereinigter Reihen. . . . .	225
XV.7.3.	Zum Problem von Güte- und Vergleichskriterien. . . . .	226
XV.7.4.	Über globale Verfahrensvergleiche im Frequenzbereich. . . . .	227
XV.7.5.	Methodologische Überlegungen zur Güte und zum Vergleich von Saisonbereinigungsverfahren. . . . .	230
XVI.	Grundzüge der Theorie digitaler Filter. . . . .	235
XVI.1.	Grundlagen. . . . .	235

XVI.2.	Elemente der z-Transformation. . . . .	236
XVI.3.	Grundbegriffe der Filtertheorie. . . . .	237
XVII.	Konstruktionsmethoden für digitale Filter. . . . .	245
XVII.1.	Konstruktionsmethoden für FIR-Filter. . . . .	245
XVII.1.1.	Einfache FIR-Filter. . . . .	245
XVII.2.	FIR-Fenster-Filter. . . . .	250
XVII.3.	Modifizierte FIR-Fenster-Filter. . . . .	254
XVII.4.	Optimale FIR-Filter. . . . .	256
XVII.5.	Konstruktion von IIR-Filtern. . . . .	258
XVII.5.1.	Einfache IIR-Filter. . . . .	259
XVII.5.2.	IIR-Filter-Design durch Platzierung von Null- und Polstellen in der z-Ebene. . . . .	266
XVII.6.	Filtern im Frequenzbereich. . . . .	275
XVIII.	Unit-roots und Unit-root-Tests. . . . .	281
XVIII.1.	Vorbemerkungen. . . . .	281
XVIII.2.	Differenzen-Stationäre versus Trend-Stationäre Prozesse. . . . .	281
XVIII.3.	Trendbereinigung bei DS- und TS-Prozessen. . . . .	284
XVIII.4.	Unit-root-Tests. . . . .	286
XVIII.4.1.	Grundlagen. . . . .	286
XVIII.4.1.1.	Brownscher Bewegungsprozeß. . . . .	288
XVIII.4.1.2.	Verteilungseigenschaften des Brownschen Prozesses. . . . .	289
XVIII.4.2.	Unit-root-Tests ohne Autokorrelation. . . . .	291
XVIII.4.3.	Unit-root-Tests mit Autokorrelation. . . . .	294
XVIII.4.3.1.	Phillips-Perron-Test . . . . .	294
XVIII.4.3.2.	Augmented Dickey-Fulier-Test . . . . .	296
XVIII.4.4.	Weitere unit-root-Tests. . . . .	301
XVIII.4.4.1.	Einige praktische Beispiele. . . . .	305
XVIII.4.5.	Kritische Würdigung der unit-root-Tests. . . . .	307
XIX.	Kointegration. . . . .	315
XIX.1.	Grundlagen. . . . .	315
XIX.1.1.	Eigenschaften kointegrierter Prozesse. . . . .	317
XIX.1.1.1.	Einführende Beispiele. . . . .	317
XIX.1.1.2.	Darstellungsformen kointegrierter Prozesse. . . . .	321
XIX.1.2.	Kointegrationstests und Schätzung von Kointegrationsvektoren	324
XIX.1.3.	Testen und Schätzen im Fehler-Korrektur-Modell mit Kointegrationsrang Eins. . . . .	327
XIX.2.	Full-Information Maximum-Likelihood-Analyse kointegrierter Systeme. . . . .	329
XIX.2.1.	Einführung. . . . .	329
XIX.2.2.	Kanonische Korrelation. . . . .	329
XIX.2.3.	Maximum-Likelihood-Schätzungen. . . . .	331
XIX.2.4.	Likelihood-Quotienten-Tests. . . . .	333
XIX.2.5.	Beispiele. . . . .	336

XIX.2.6.	Spurious Regression. . . . .	342
XX.	Nicht-lineare Zeitreihenmodelle. . . . .	349
XX.I.	Modellierung von Heteroskedastizität (ARCH-GARCH-Modelle) .	349
XX.1.1.	Vorbemerkungen. . . . .	349
XX.1.2.	ARCH-Modelle. . . . .	350
XX.I.3.	Parameterschätzungen in ARCH-Modellen. . . . .	352
XX.1.4.	Ein einfacher ARCH-Test . . . . .	353
XX.I.5.	GARCH-Modelle. . . . .	353
XX.1.6.	EGARCH-Modelle. . . . .	355
XX.1.7.	TARCH-Modell. . . . .	358
XX.1.8.	Prognosen mit heteroskedastischen Modellen. . . . .	358
XX.1.9.	Beispiele. . . . .	359
XX.2.	Bilineare Prozesse. . . . .	362
XX.3.	Random Coefficient Autoregressive Modelle. . . . .	366
XX.4.	TARMA-Modelle. . . . .	367
XX.5.	CTARMA-Modelle. . . . .	371
XXI.	Literatur. . . . .	377
XXII.	Index: . . . . .	393