

Bernhard Schmitz

# **Einführung in die Zeitreihenanalyse**

**Modelle, Softwarebeschreibung,  
Anwendungen**

Verlag Hans Huber  
Bern Stuttgart Toronto

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	9
Einführung .....	11
<b>Teil I: Univariate Zeitreihenanalyse .....</b>	<b>19</b>
<b>Kapitel 1: Beschreibung von Zeitreihen .....</b>	<b>19</b>
1.1 Graphische Darstellung .....	19
1.2 Mittelwert und Variabilität .....	20
1.3 Trend .....	20
1.3.1 Linearer Trend .....	21
1.3.2 Polynomialer Trend .....	22
1.3.3 Gleitmittel .....	23
1.4 Trendbereinigung .....	25
1.4.1 Trendbereinigung bei Polynomapproximation .....	25
1.4.2 Trendbereinigung bei Gleitmittelwerten .....	26
1.4.3 Trendbereinigung durch Differenzenbildung .....	26
1.5 Die Spektralanalyse zur Untersuchung periodischer Schwankungen in Zeitreihen .....	27
<b>Kapitel 2: Grundbegriffe .....</b>	<b>30</b>
2.1 Die lag-Funktion und der Backshift-Operator .....	30
2.2 Filter .....	31
2.3 Autokorrelation .....	32
2.4 Partialautokorrelation .....	33
2.5 Stochastischer Prozeß .....	38
2.6 Random Walk und Stationarität .....	39
2.7 Ergodizität .....	42
<b>Kapitel 3: ARIMA-Prozesse .....</b>	<b>43</b>
3.1 White Noise .....	43
3.2 AR(1)-Prozeß .....	45
3.3 AR(2)-Prozeß .....	48
3.4 Der allgemeine AR(p)-Prozeß .....	53
3.5 MA(1)-Prozeß .....	55

3.6	MA(2)-Prozeß .....	58
3.7	MA(q)-Prozeß .....	60
3.8*	ARMA(p,q)-Prozeß .....	60
3.9*	ARIMA(p,d,q)-Prozeß .....	63
3.10*	Operator-Schreibweise .....	64
3.11*	Dualität von AR- und MA-Prozessen .....	66
3.12*	Wurzeln der ARMA-Polynome und Stationaritäts-/ Invertierbarkeitsbedingungen .....	68
3.13*	Saisonale und multiplikative Modelle .....	69
<b>Kapitel 4: Der Ablauf der Zeitreihenanalyse .....</b>		<b>72</b>
4.1	Abfolge der Schritte .....	72
4.2	Identifikation .....	72
4.2.1	Einfache Identifikationstools .....	72
4.2.1.1	Plots .....	72
4.2.1.2	Stichproben-Autokorrelation .....	73
4.2.1.3	Stichproben-Partialautokorrelation .....	76
4.2.2*	Weitere Hilfsmittel zur Identifikation .....	77
4.2.2.1	Die inverse Autokorrelation .....	77
4.2.2.2	Semiautomatische Identifikation: Modellbestimmung mit Indikatortabellen bei extendierter Autokorrelation, Corner- Methode und Vektorkorrelation .....	78
4.2.2.3	Semiautomatische Identifikation mit Hilfe der Kriterien AIC, BIC und HQ .....	82
4.3*	Schätzung .....	84
4.4	Diagnostik .....	86
4.4.1	Residualanalyse .....	87
4.4.2*	Overfitting und Underfitting .....	87
4.5	Zusammenfassung der Anforderungen an ein Modell .....	89
<b>Kapitel 5: Beschreibung wichtiger Programme und Anwendungen bei psychologischen Zeitreihen .....</b>		<b>90</b>
5.1	Beschreibung von BMDP2T anhand eines einfachen Beispiels .....	90
5.2*	Allgemeine Beschreibung des BMDP2T-Programms .....	94
5.3	Beschreibung der Box-Jenkins-Prozedur in SPSSX anhand eines Beispiels .....	96
5.4*	Allgemeine Beschreibung für die Box-Jenkins-Prozedur in SPSSX .....	100
5.5	Beschreibung der Prozedur ARIMA in SAS anhand eines Beispiels .....	101

5.6*	Allgemeine Beschreibung des Programms ARIMA in SAS .....	105
5.7*	Ein ausführliches Beispiel mit Anwendung des TRIPE-Programms .....	107
<b>Teil II: Zeitreihenanalyse bei mehreren Variablen .....</b>		<b>118</b>
<b>Kapitel 6: Interventionsanalyse mit Transferfunktionen .....</b>		<b>118</b>
6.1	Einführung .....	118
6.2	Interventionen, dargestellt als Inputvariablen .....	123
6.3	Systeme mit verschiedener Wirkungsweise und ihre Transferfunktion .....	124
6.4	Eine allgemeine Transferfunktionsdarstellung .....	139
6.5	Die Noise-Komponente .....	140
6.6	Der Ablauf der Transferfunktionsanalyse .....	141
6.7	Beschreibung wichtiger Programme zur Transferfunktionsanalyse und deren Anwendung .....	142
6.7.1	Transferfunktionsanalyse in BMDP anhand eines Beispiels bei einem Pulsinput: simulierte Reihe .....	142
6.7.2*	Allgemeine Beschreibung der Interventionsanalyse in BMDP .....	147
6.7.3*	Transferfunktionsanalyse in BMDP bei Stufen- und Rampeninput: Wartezeitexperiment .....	149
6.7.4	Transferfunktionsanalyse in SAS bei einem Stufeninput: Therapie bei einer depressiven Person .....	153
6.7.5*	Allgemeine Beschreibung der Interventionsanalyse in SAS .....	157
6.7.6	Transferfunktionsanalyse in SAS bei Stufen- und Pulsinput: die Analyse sozialer Normen .....	159
<b>Kapitel 7: Multivariate ARIMA-Modelle .....</b>		<b>164</b>
7.1	Einführung .....	164
7.2	Grundbegriffe: Kausalität und Feedback .....	166
7.2.1	Wiener-Granger-Kausalität .....	166
7.2.2	Mögliche Relationen zwischen zwei Variablen .....	168
7.2.3	Die Bestimmung von Kausalitäts- beziehungsweise Prognostizierbarkeitsrelationen mit Hilfe von Kreuzkorrelationen .....	168
7.2.3.1	Scheinabhängigkeit und Kreuzkorrelationen .....	168
7.2.3.2	Scheinunabhängigkeit und bereinigte (prewhitened) Kreuzkorrelationen .....	172
7.3	Multivariate ARIMA-Modelle .....	177

7.3.1	White Noise .....	177
7.3.2	AR(1)-Modell .....	178
× 7.3.3	AR(2)-Modell .....	182
× 7.3.4	Autokorrelation und Partialautokorrelation .....	183
√ 7.3.5	MA(1)-Modell .....	185
7.3.6*	ARMA-Modell .....	186
7.3.7*	Zusammenhang von univariaten und multivariaten ARIMA-Modellen .....	187
7.3.8*	Stationaritäts- und Invertierbarkeitsbedingungen .....	189
7.4	Der Ablauf der multivariaten Zeitreihenanalyse .....	191
7.4.1	Abfolge der Schritte .....	191
7.4.2	Identifikation .....	191
7.4.3	Schätzung .....	195
7.4.4	Diagnose .....	195
7.5	Anwendung multivariater ARIMA-Modelle bei psychologi- schen Zeitreihen und Beschreibung der verwendeten Soft- ware .....	196
7.5.1	Beschreibung der multivariaten Analyse in SCA anhand eines einfachen Beispiels bei simulierten Daten .....	197
7.5.2*	Allgemeine Beschreibung der multivariaten Zeitreihenanalyse in SCA .....	203
7.5.3	Anwendung multivariater Zeitreihenanalyse bei der Untersuchung sozialer Normbildung .....	206
7.5.4	Therapieverlaufsanalyse auf der Basis der Einschätzungen der Sitzungen durch Klient und Therapeut über einen Zeit- raum von etwa 1,5 Jahren .....	208
7.5.5	Zusammenhang zwischen der Bewertung der Schwanger- schaft und der körperlichen Veränderungen während der Schwangerschaft .....	212
7.5.6	Bivariate Zeitreihenanalyse der gehobenen und ausgeglichenen Stimmung bei alten Menschen .....	213
7.5.7*	Zusammenhang zwischen multivariatem Modell und univa- riaten Modellen der Komponentenzeitreihen für ein AR(1)- Modell .....	215
7.6	Zusammenfassung .....	218
Ausblick .....		220
Anhang .....		224
Literaturverzeichnis .....		226
Sachregister .....		234