

# Angewandte Zeitreihenanalyse mit R

von

Prof. Dr. Rainer Schlittgen

Universität Hamburg

2., vollständig überarbeitete Auflage

**B 379830**

Oldenbourg Verlag München

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Fragestellungen und Datensituation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und einfache Methoden</b>	<b>7</b>
2.1	Stationäre Zeitreihen .....	7
	Darstellung von Zeitreihen .....	7
	Autokovarianz- und Autokorrelationsfunktion .....	10
	Stationarität .....	13
	Schätzen der Kennfunktionen .....	17
	Bootstrap .....	19
2.2	Das Komponentenmodell .....	22
2.3	Deterministische Trends .....	23
	Trendbestimmung mittels Regression .....	23
	Bestimmung der glatten Komponente .....	31
2.4	Saisonbereinigung .....	35
	Einfache Ansätze .....	35
	Etablierte Saisonbereinigungsverfahren .....	39
2.5	Transformationen .....	43
	Instantane Transformationen .....	43
	Lineare Filterung von Zeitreihen .....	46
2.6	Einfache Extrapolationsverfahren .....	49
2.7	R-Funktionen .....	54
<b>3</b>	<b>Lineare Zeitreihenmodelle</b>	<b>57</b>
3.1	Autoregressive Modelle .....	57
	Definition und grundlegende Eigenschaften .....	57
	Schätzen von AR-Parametern .....	61
	Levinson-Durbin-Rekursion und partielle Autokorrelation .....	64
	Spezifikation von AR-Modellen .....	66
3.2	MA-Modelle .....	73
	Definition und grundlegende Eigenschaften .....	73
	Schätzen und Anpassen von MA-Modellen .....	76
3.3	ARMA-Modelle .....	79
	Definition und grundlegende Eigenschaften .....	79

	Schätzen der Parameter .....	80
	Spezifikation von ARMA-Modellen .....	80
3.4	ARIMA-Modelle .....	86
	Definition und Spezifikation von ARIMA-Modellen .....	86
	Saisonale ARIMA-Modelle .....	90
	Konstante Terme in ARIMA-Modellen .....	93
3.5	R-Funktionen .....	94
<b>4</b>	<b>Differenzen- und Trendinstationarität</b>	<b>95</b>
4.1	Instationaritätstypen und ihre Implikationen .....	95
4.2	Einheitswurzeltests .....	97
4.3	R-Funktionen .....	101
<b>5</b>	<b>Prognosen mit univariaten Zeitreihenmodellen</b>	<b>103</b>
5.1	Verfahren der exponentiellen Glättung .....	103
5.2	Prognosen mit ARIMA-Modellen .....	106
5.3	Trendextrapolation mit ARMA-Störungen .....	110
5.4	Zur Auswahl eines Prognosemodells .....	111
5.5	R-Funktionen .....	114
<b>6</b>	<b>Periodizitäten in Zeitreihen</b>	<b>115</b>
6.1	Periodizitäten .....	115
6.2	Periodische Trends .....	117
6.3	Das Periodogramm .....	119
	Definition des Periodogramms .....	119
	Probleme bei der Interpretation des Periodogramms .....	121
	Test auf eine Periodizität .....	124
	Test auf White-Noise .....	126
6.4	Spektren .....	128
	Definition und Eigenschaften .....	128
	Lineare Filter im Frequenzbereich .....	132
6.5	Spektralschätzung .....	137
	Direkte Spektralschätzung .....	139
	Weitere Ansätze zur Spektralschätzung .....	144
6.6	R-Funktionen .....	146

<b>7</b>	<b>Mehrdimensionale Zeitreihen</b>	<b>147</b>
7.1	Kenngößen mehrdimensionaler Zeitreihen .....	147
	Kenngößen im Zeitbereich .....	147
	Kreuzspektren .....	154
7.2	Mehrdimensionale lineare Zeitreihenmodelle .....	158
	VARMA-Prozesse .....	158
	Spezifikation und Schätzung von VARMA-Modellen .....	163
	Granger-Kausalität .....	171
	Kointegration .....	174
7.3	R-Funktionen .....	179
<b>8</b>	<b>Regressionsmodelle für Zeitreihen</b>	<b>181</b>
8.1	Regression mit autokorrelierten Störungen .....	181
8.2	Interventionsanalysen .....	186
8.3	Transferfunktionsmodelle .....	193
8.4	R-Funktionen .....	200
<b>9</b>	<b>Zustandsraummodelle und Kalman-Filter</b>	<b>201</b>
9.1	Zustandsraummodelle .....	201
9.2	Kalman-Filter .....	206
9.3	R-Funktionen .....	214
<b>10</b>	<b>Nichtlineare Modelle</b>	<b>215</b>
10.1	Nichtlinearität in Zeitreihen .....	215
	Nichtlineares bedingtes Niveau .....	215
	Nichtlineare bedingte Streuung .....	216
	Spezifikation nichtlinearer Zeitreihenmodelle .....	216
10.2	Markov-switching Modelle .....	217
	Markov-Ketten .....	218
	Markov-switching autoregressive Prozesse .....	218
	Inferenz .....	221
	Verwandte nichtlineare Zeitreihenmodelle .....	223
10.3	Bedingt heteroskedastische Modelle .....	225
	Das ARCH-Modell .....	225
	Modellanpassung und Parameterschätzung .....	228
	Modellerweiterungen .....	231
10.4	R-Funktionen .....	236

<b>11</b>	<b>Spezielle Probleme</b>	<b>237</b>
11.1	Fehlende Werte.....	237
11.2	Nicht gleichabständige Beobachtungen .....	239
11.3	Ausreißer und robuste Verfahren .....	243
	Ausreißer .....	243
	Robuste Verfahren .....	248
11.4	R-Funktionen .....	251
<b>12</b>	<b>Einführung in R</b>	<b>253</b>
12.1	Erste Schritte .....	253
	Starten und Beenden .....	253
	Die R-Konsole und Skripte .....	254
	Hilfen .....	255
12.2	Datentypen und Objekte.....	256
	Datentypen .....	256
	R-Vektoren.....	257
	Weitere Objekte .....	257
	Indizierung .....	259
12.3	Operatoren und Funktionen .....	261
	Mathematische Operatoren .....	261
	Vergleichsoperatoren .....	262
	Boolesche Operatoren.....	262
	Matrix-Operationen .....	263
	Funktionen .....	265
12.4	Bibliotheken und Programmierung .....	267
	Bibliotheken .....	267
	Kontroll-Strukturen.....	267
	Eigene Funktionen.....	268
12.5	Einlesen und Exportieren von Daten .....	269
12.6	Grafik .....	270
	<b>Die aufgerufenen R-Funktionen</b>	<b>273</b>
	<b>Die Zeitreihen</b>	<b>275</b>
	<b>Literatur</b>	<b>277</b>
	<b>Abkürzungen und Symbole</b>	<b>285</b>
	<b>Sachindex</b>	<b>287</b>