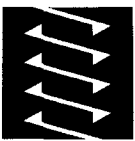


Klaus Neusser

# Zeitreihenanalyse in den Wirtschafts- wissenschaften

2., aktualisierte Auflage

STUDIUM



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XIII
Zeichenerklärung	XV
<b>I Univariate Zeitreihenanalyse</b>	<b>1</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>3</b>
1.1 Einige Beispiele . . . . .	3
1.2 Formale Definition . . . . .	6
1.3 Stationarität . . . . .	12
1.4 Übungsaufgaben . . . . .	19
<b>2 ARMA-Modelle</b>	<b>21</b>
2.1 Der Lag-Operator . . . . .	21
2.2 Einige wichtige Spezialfälle . . . . .	23
2.2.1 Der “Moving-average”-Prozess q-ter Ordnung (MA(q)-Prozess) . . . . .	23
2.2.2 Der autoregressive Prozess erster Ordnung (AR(1)-Prozess) . . . . .	23
2.3 Kausalität und Invertierbarkeit . . . . .	27
2.4 Lineare Prozesse und Filter . . . . .	32
2.4.1 Der Hodrick-Prescott-Filter . . . . .	34
2.5 Die $MA(\infty)$ -Darstellung . . . . .	37
2.6 Die Berechnung der Autokovarianzfunktion eines ARMA-Prozesses . . . . .	38
2.6.1 Erstes Verfahren . . . . .	39
2.6.2 Zweites Verfahren . . . . .	41
2.6.3 Drittes Verfahren . . . . .	42
2.7 Übungsaufgaben . . . . .	43
<b>3 Schätzung von Mittelwert und Autokovarianzfunktion</b>	<b>45</b>
3.1 Die Schätzung des Mittelwertes . . . . .	45
3.2 Die Schätzung der Autokovarianz- und Autokorrelationsfunktion . . . . .	47
3.3 Die Schätzung der langfristigen Varianz . . . . .	51
3.3.1 Beispiel . . . . .	56
3.4 Übungsaufgabe . . . . .	57

<b>4</b>	<b>Prognose einer stationären Zeitreihe</b>	<b>59</b>
4.1	Die Theorie der linearen Kleinst-Quadrate-Prognose	59
4.2	Der Satz von Wold	65
4.3	Der Innovationsalgorithmus	66
4.4	Exponentielles Glätten	68
4.5	Übungsaufgaben	70
<b>5</b>	<b>Die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF)</b>	<b>73</b>
5.1	Definition	73
5.2	Interpretation von ACF und PACF	75
5.3	Schätzung der PACF	75
5.4	Übungsaufgabe	77
<b>6</b>	<b>Schätzung von ARMA-Modellen</b>	<b>79</b>
6.1	Der Yule-Walker-Schätzer eines AR(p)-Modells	79
6.2	OLS-Schätzung eines AR(p)-Modells	81
6.3	Die Schätzung eines ARMA(p,q)-Modells	84
6.4	Schätzung der Ordnungen p und q	89
6.5	Modellierung eines stochastischen Prozesses	91
6.6	Ein Beispiel: Modellierung des realen BIP der Schweiz	92
<b>7</b>	<b>Integrierte Prozesse</b>	<b>99</b>
7.1	Eigenschaften und Interpretation	99
7.1.1	Langfristige Prognose	100
7.1.2	Prognosefehlervarianz	102
7.1.3	Impulsantwortfunktion	102
7.1.4	Die Beveridge-Nelson-Zerlegung	103
7.2	Eigenschaften des OLS Schätzers bei integrierten Prozessen	106
7.3	Test auf Einheitswurzel ("Unit root"-Test)	109
7.3.1	Der Dickey-Fuller-Test	111
7.3.2	Phillips-Perron-Test (PP-Test)	113
7.3.3	Teststrategie	114
7.3.4	Beispiele für "Unit root"-Tests	116
7.4	Erweiterungen der Tests auf Einheitswurzel	117
7.4.1	Strukturbruch in der Trendfunktion	117
7.4.2	Test auf Stationarität	121
7.5	Regression mit integrierten Variablen	121
7.5.1	Das Problem der Scheinkorrelation	121
7.5.2	Einige Regeln zum Umgang mit integrierten Variablen in Regressionen	126
<b>8</b>	<b>Modelle der Volatilität</b>	<b>129</b>
8.1	Spezifikation und Interpretation	129
8.1.1	Rekapitulation der Prognoseeigenschaften des AR(1)-Modells	129
8.1.2	Das ARCH(1)-Modell	130
8.1.3	Allgemeinere Modelle der Volatilität	134

8.2	Tests auf Heteroskedastizität . . . . .	138
8.2.1	Autokorrelation der quadrierten Residuen . . . . .	138
8.2.2	Lagrange-Multiplikator Test von Engle . . . . .	139
8.3	Schätzung der Parameter eines GARCH(p,q)-Modells . . . . .	139
8.3.1	Maximum-Likelihood-Methode . . . . .	139
8.3.2	Momentenschätzmethode . . . . .	142
8.4	Beispiel: SMI . . . . .	143
<b>II</b>	<b>Multivariate Zeitreihenanalyse</b>	<b>151</b>
<b>9</b>	<b>Einleitung</b>	<b>153</b>
<b>10</b>	<b>Definitionen und Stationarität</b>	<b>155</b>
<b>11</b>	<b>Schätzung von Mittelwert und Kovarianzfunktion</b>	<b>161</b>
11.1	Test auf Unkorreliertheit . . . . .	162
11.2	Beispiele . . . . .	163
<b>12</b>	<b>Stationäre Zeitreihenmodelle</b>	<b>167</b>
12.1	Darstellung in "Companion"-Form . . . . .	169
12.2	Kausale Darstellung . . . . .	170
12.3	Kovarianzfunktion . . . . .	172
<b>13</b>	<b>Prognose mittels VAR-Modellen</b>	<b>175</b>
<b>14</b>	<b>Die Schätzung Vektor-autoregressiver Modelle</b>	<b>179</b>
14.1	Der Kleinst-Quadrate-Schätzer . . . . .	179
14.2	Schätzung mittels Yule-Walker-Gleichungen . . . . .	181
14.3	Die Modellierung eines VAR-Modells . . . . .	182
<b>15</b>	<b>Interpretation und Identifikation von VAR-Modellen</b>	<b>185</b>
15.1	Wiener-Granger-Kausalität . . . . .	185
15.2	Strukturelle und reduzierte Form . . . . .	188
15.2.1	Ein Beispiel . . . . .	188
15.2.2	Der allgemeine Fall . . . . .	191
15.3	Identifikation durch kurzfristige Restriktionen . . . . .	192
15.4	Interpretation von VAR-Modellen . . . . .	194
15.4.1	Interpretation von VAR-Modellen: Impulsantwortfunktion . . . . .	194
15.4.2	Interpretation von VAR-Modellen: Varianzzerlegung . . . . .	195
15.4.3	Konfidenzintervalle . . . . .	196
15.4.4	Beispiel 1: Werbung und Umsatz . . . . .	197
15.4.5	Beispiel 2: Ein IS-LM-Modell mit Phillips-Kurve . . . . .	200
15.5	Identifikation durch langfristige Restriktionen . . . . .	204
15.5.1	Ein prototypisches Beispiel . . . . .	204
15.5.2	Eine allgemeine Darstellung . . . . .	206

<b>16 Kointegration</b>	<b>211</b>
16.1 Ein Beispiel . . . . .	211
16.2 Definition und Darstellung kointegrierter Prozesse . . . . .	218
16.2.1 Definition . . . . .	218
16.2.2 VAR- und Fehlerkorrekturmodell . . . . .	220
16.2.3 Die Beveridge-Nelson-Zerlegung . . . . .	222
16.2.4 “Common trend”-Darstellung und trianguläre Darstellung . . . . .	224
16.3 Der Johansen-Test auf Kointegration . . . . .	225
16.4 Beispiel . . . . .	231
<b>17 Der Kalman-Filter</b>	<b>235</b>
17.1 Das Zustandsraummodell . . . . .	235
17.1.1 Beispiele . . . . .	238
17.2 Filtern und Glätten . . . . .	243
17.2.1 Der Kalman-Filter . . . . .	245
17.2.2 Die Kalman-Glättung . . . . .	247
17.3 Schätzung von Zustandsraummodellen . . . . .	249
17.3.1 Die Likelihood-Funktion . . . . .	250
17.3.2 Identifikation . . . . .	251
17.4 Beispiel: Quartalsschätzung des BIP . . . . .	252
17.5 Übungsaufgaben . . . . .	255
<b>Anhang</b>	<b>257</b>
<b>A Komplexe Zahlen</b>	<b>259</b>
<b>B Lineare Differenzgleichungen</b>	<b>263</b>
<b>C Stochastische Konvergenz</b>	<b>265</b>
<b>D Die Delta-Methode</b>	<b>269</b>
<b>E Lösungen der Übungsaufgaben</b>	<b>273</b>
E.1 Aufgaben aus Kapitel 1 . . . . .	273
E.2 Aufgaben aus Kapitel 2 . . . . .	274
E.3 Aufgabe aus Kapitel 3 . . . . .	276
E.4 Aufgaben aus Kapitel 4 . . . . .	276
E.5 Aufgabe aus Kapitel 5 . . . . .	277
E.6 Aufgaben aus Kapitel 17 . . . . .	277
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>279</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>291</b>