

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>Zeichenerklärung</b>	<b>XV</b>
<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 . . . . .	11
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 . . . . .	52
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 . . . . .	105
7.3	Test auf Einheitswurzel ("Unit root"-Test) . . . . .	108
7.3.1	Der Dickey-Fuller-Test . . . . .	111
7.3.2	Phillips-Perron-Test (PP-Test) . . . . .	112
7.3.3	Teststrategie . . . . .	113
7.3.4	Beispiele für "Unit root"-Tests . . . . .	115
7.4	Erweiterungen der Tests auf Einheitswurzel . . . . .	117
7.4.1	Strukturbruch in der Trendfunktion . . . . .	117
7.4.2	Test auf Stationarität . . . . .	120
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 . . . . .	125
<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	Berechnung der Kovarianzfunktion eines kausalen VAR-Prozesses . . . . .	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 . . . . .	191
15.4	Interpretation von VAR-Modellen . . . . .	193
15.4.1	Interpretation von VAR-Modellen: Impulsantwortfunktion . . . . .	193
15.4.2	Interpretation von VAR-Modellen: Varianzzerlegung . . . . .	194
15.4.3	Konfidenzintervalle . . . . .	195
15.4.4	Beispiel 1: Werbung und Umsatz . . . . .	196
15.4.5	Beispiel 2: Ein IS-LM-Modell mit Phillips-Kurve . . . . .	197
15.5	Identifikation durch langfristige Restriktionen . . . . .	201

<b>16 Kointegration</b>	<b>209</b>
16.1 Ein Beispiel . . . . .	209
16.2 Definition und Darstellung kointegrierter Prozesse . . . . .	215
16.2.1 Definition . . . . .	215
16.2.2 VAR- und Fehlerkorrekturmodell . . . . .	218
16.2.3 Die Beveridge-Nelson-Zerlegung . . . . .	220
16.2.4 “Common trend”-Darstellung und trianguläre Darstellung . . . . .	222
16.3 Der Johansen-Test auf Kointegration . . . . .	223
16.4 Beispiel . . . . .	229
<b>Anhang</b>	<b>233</b>
<b>A Komplexe Zahlen</b>	<b>235</b>
<b>B Lineare Differenzgleichungen</b>	<b>237</b>
<b>C Stochastische Konvergenz</b>	<b>239</b>
<b>D Die Delta-Methode</b>	<b>243</b>
<b>E Lösungen der Übungsaufgaben</b>	<b>247</b>
E.1 Aufgaben aus Kapitel 1 . . . . .	247
E.2 Aufgaben aus Kapitel 2 . . . . .	248
E.3 Aufgabe aus Kapitel 3 . . . . .	250
E.4 Aufgaben aus Kapitel 4 . . . . .	250
E.5 Aufgabe aus Kapitel 5 . . . . .	251
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>253</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>261</b>