

**Untersuchungen über das  
Spar-, Giro- und Kreditwesen**

---

**Abteilung A: Wirtschaftswissenschaft**

**Begründet von Fritz Voigt**

**Herausgegeben von**

**G. Ashauer, W. Breuer, H.-J. Krümmel, B. Rudolph und A. Weber**

**Band 169**

**Marktbasierte Zinsprognosen  
mit Regime-Switching-Modellen**

**Von**

**Ralf Ahrens**



**Duncker & Humblot · Berlin**

RALF AHRENS

Marktbasierte Zinsprognosen  
mit Regime-Switching-Modellen

Untersuchungen über das  
Spar-, Giro- und Kreditwesen

Abteilung A: Wirtschaftswissenschaft

Herausgegeben von

G. Ashauer, W. Breuer, H.-J. Krümmel, B. Rudolph, A. Weber

Band 169

# Marktbasierte Zinsprognosen mit Regime-Switching-Modellen

Von  
Ralf Ahrens



Duncker & Humblot · Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Ahrens, Ralf:**

Marktbasierte Zinsprognosen mit Regime-Switching-Modellen /  
von Ralf Ahrens. – Berlin : Duncker und Humblot, 2000

(Untersuchungen über das Spar-, Giro- und Kreditwesen :

Abt. A, Wirtschaftswissenschaft ; Bd. 169)

Zugl.: Gießen, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-428-10239-8

Alle Rechte vorbehalten

© 2000 Duncker & Humblot GmbH, Berlin

Fremddatenübernahme und Druck:

Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin

Printed in Germany

ISSN 0720-7336

ISBN 3-428-10239-8

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier  
entsprechend ISO 9706 ☺

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit an der Professur für Geld, Kredit und Währung der Justus-Liebig-Universität Gießen entstanden und wurde vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften im Juli 1999 als Dissertation angenommen.

Besonders danken möchte ich an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Horst Rinne, der sich im Oktober 1997 spontan bereit erklärt hat, die Arbeit zu betreuen und zu begutachten. Herrn Professor Dr. Jochen Michaelis danke ich für die nicht minder spontane Bereitschaft, das Zweitgutachten zu erstellen, sowie für das freundliche und produktive Arbeitsklima an der Professur für Geld, Kredit und Währung.

Herrn Dipl.-Volkswirt Martin Mandler möchte ich für die gewissenhafte und kritische Durchsicht des gesamten Manuskripts sowie die daraus resultierenden Verbesserungsvorschläge danken. Frau Dipl.-Ökonomin Katja Specht hat den methodischen Teil der Arbeit korrekturgelesen und mich dabei auf einige Unklarheiten aufmerksam gemacht. Herrn Professor Dr. Martin Bohl und Herrn Professor Dr. Dr. Wolfgang Gohout danke ich für die fachliche und freundschaftliche Unterstützung, die mir während meiner Promotionszeit in vielen Gesprächen zuteil geworden ist. Bei Herrn Professor Dr. Axel Weber möchte ich mich für die Aufnahme der Arbeit in die von ihm herausgegebene Schriftenreihe sowie für die gute Zusammenarbeit am Center for Financial Studies bedanken.

Frankfurt am Main, im März 2000

*Ralf Ahrens*



## Inhaltsübersicht

1. Einleitung .....	23
I. Methodische Grundlagen .....	29
2. Vorläufer von Regime-Switching-Modellen und verwandte Modelle .....	29
3. Grundlegende Regime-Switching-Modelle .....	40
4. Das First-Order-Regime-Switching-Modell .....	61
II. Theoretische und empirische Grundlagen marktbasierter Zinsprognosen .....	88
5. Finanzmarktprognosen und Informationseffizienz .....	88
6. Theorie und Empirie der Informationseffizienz auf Fremdkapitalmärkten .....	102
7. Motivation von Zinsprognosen mit Regime-Switching-Modellen .....	132
III. Empirischer Teil .....	146
8. Statistische Beurteilung der Prognosegüte .....	146
9. Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld .....	150
10. Prognose der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere .....	204
11. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	251
Anhang .....	253
Literaturverzeichnis .....	260
Sachwortverzeichnis .....	273





## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	23
1.1 Marktbasierte Zinsprognosen .....	23
1.2 Regime-Switching-Modelle in der Ökonomie .....	24
1.3 Aufbau der Arbeit .....	26
I. Methodische Grundlagen .....	29
2. Vorläufer von Regime-Switching-Modellen und verwandte Modelle .....	29
2.1 Strukturbrüche und Regimewechsel in ökonomischen Zeitreihen .....	29
2.2 Zeitreihenmodelle mit Dummy-Variablen .....	30
2.3 Modelle mit gemischten Verteilungen .....	33
2.4 Switching-Regression-Modelle .....	35
2.5 Switching-Regression-Modelle mit Markov-Struktur .....	37
3. Grundlegende Regime-Switching-Modelle .....	40
3.1 Einführung .....	40
3.2 Eigenschaften des Markov-Prozesses .....	42
3.3 Autoregressive Zeitreihenmodelle mit Markov-Regimewechseln .....	44
3.3.1 Das Modell von Hamilton (1988, 1989) .....	44
3.3.2 Das Modell von Hamilton (1993) .....	46
3.3.3 Die Klassifikation von Krolzig und Lütkepohl (1995) .....	47
3.3.4 Das Segmented-Trend-Modell von Engel und Hamilton (1990) .....	48

3.4 Filter-Inferenz über unbeobachtbare Regime, dargestellt anhand des MSM(2)-AR(1)-Modells .....	49
3.4.1 Grundproblematik .....	49
3.4.2 Berechnung von Regimewahrscheinlichkeiten zum Zeitpunkt $t = 2$ .....	51
3.4.3 Berechnung von Regimewahrscheinlichkeiten zu einem beliebigen Zeitpunkt $t$ .....	52
3.5 Geglättete Regimewahrscheinlichkeiten .....	54
3.6 Möglichkeiten der Modellschätzung .....	56
3.7 Modellauswahl und Spezifikationstests .....	58
3.8 Prognosen .....	59
4. Das First-Order-Regime-Switching-Modell .....	61
4.1 Eigenschaften .....	61
4.2 Modellaufbau .....	63
4.3 Bekannte Regime-Switching-Modelle als Spezialfälle des FORS-Modells .....	64
4.3.1 Das MSI-Modell .....	64
4.3.2 Reformulierung des MSM-Modells .....	67
4.3.3 Bivariate Modellspezifikationen ohne lineare Abhängigkeiten .....	70
4.3.4 Vektorautoregressive Regime-Switching-Modelle .....	72
4.3.5 Modelle mit zeitvariablen Übergangswahrscheinlichkeiten .....	74
4.3.6 Regime-Switching-ARCH-Modelle .....	74
4.4 Kombination von GARCH- und Regime-Switching-Prozessen: Das Generalized-Regime-Switching-(GRS-)Modell .....	75
4.5 Rekursive Maximum-Likelihood-Schätzung von FORS-Modellen .....	79
4.6 Geglättete Regimewahrscheinlichkeiten .....	81
4.7 Prognosen .....	83

	Inhaltsverzeichnis	11
II. Theoretische und empirische Grundlagen marktbasierter Zinsprognosen		88
5. Finanzmarktprognosen und Informationseffizienz		88
5.1 Theorie informationseffizienter Finanzmärkte		88
5.2 Argumente gegen die Informationseffizienz von Finanzmärkten		90
5.2.1 Preisbildung unter Berücksichtigung von Informationskosten		90
5.2.2 Die Bedeutung des „Noninformational Trading“		92
5.2.3 Preisbildung bei unterschiedlicher Vermögensausstattung und heterogenen Erwartungen		94
5.2.4 Die Bedeutung von zeitlichen Informationsvorsprüngen		95
5.3 Möglichkeiten und Grenzen empirischer Markteffizienztests		96
5.3.1 Das Random-Walk-Modell		96
5.3.2 Das Random-Walk-Modell mit Drift		97
5.3.3 Performance von Investmentfonds als Indikator für Markteffizienz bei Informationskosten		98
5.3.4 Konsequenzen empirischer Markteffizienztests für die Prognose von Finanzmarktpreisen		99
5.4 Fazit		100
6. Theorie und Empirie der Informationseffizienz auf Fremdkapitalmärkten		102
6.1 Theoretische Grundlagen		102
6.1.1 Ökonomische Theorien zur Zinsbildung und Zinsstruktur		102
6.1.2 Inadäquanz makroökonomischer Strukturgleichungen für die Prognose von Zinssätzen		105
6.1.3 Vereinbarkeit von Erwartungshypothese und Random-Walk-Modell		106
6.2 Die Rationale Erwartungshypothese der Zinsstruktur		108
6.2.1 Der Informationsgehalt von Zinsspannen für die künftige Zinsentwicklung		108
6.2.2 Vorherrschende Erklärungen für die Ablehnung der Rationalen Erwartungshypothese		113
6.2.3 Aktives Portfoliomanagement und Prognosen mit Zinsspannen		115

6.3	Ergänzende Überlegungen zur Rationalität von Markterwartungen .....	116
6.3.1	Random Walk-Modell und Rationale Erwartungshypothese im Vergleich .....	116
6.3.2	Der Informationsgehalt von Marktumfragen zur Zinsentwicklung ..	116
6.3.3	Der Informationsgehalt von Zinsterminsätzen .....	118
6.4	Ergebnisse ausgewählter neuerer Zinsprognosestudien .....	120
6.5	Fazit .....	130
7.	Motivation von Zinsprognosen mit Regime-Switching-Modellen .....	132
7.1	Grundlagen .....	132
7.2	Peso-Probleme und rationale Prognosefehler .....	134
7.3	Modellierung des allgemeinen Peso-Problems mit Regime-Switching-Modellen .....	138
7.4	Peso-Probleme in der Zinsstruktur .....	141
7.5	Zeitvariable Stationarität kurzfristiger Zinssätze .....	143
III.	Empirischer Teil .....	146
8.	Statistische Beurteilung der Prognosegüte .....	146
8.1	<i>Ex-ante</i> -Prognosen .....	146
8.2	Quantitative Prognosefehlermaße .....	147
8.3	Kritik an konventionellen Prognosefehlermaßen .....	149
9.	Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld .....	150
9.1	Datenbeschreibung und Vorgehensweise .....	150
9.2	Univariate Modelle I: Der kurzfristige Zinssatz als stationäre Zeitreihe ...	156
9.3	Univariate Modelle II: Der kurzfristige Zinssatz als instationäre Zeitreihe	162
9.4	Bivariate Modelle ohne lineare Abhängigkeiten .....	169
9.5	Vektorautoregressive Modelle .....	176

Inhaltsverzeichnis	13
9.6 Auswahl der leistungsfähigsten Modelle .....	185
9.7 Graphische Beurteilung der Prognosegüte .....	187
9.8 Stabilität der Modellparameter und Prognosestabelle .....	198
10. Prognose der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere .....	204
10.1 Datenbeschreibung und Vorgehensweise .....	204
10.2 Univariate Modelle .....	208
10.3 Bivariate Modelle ohne lineare Abhängigkeiten .....	214
10.4 Vektorautoregressive Modelle .....	219
10.5 Auswahl der leistungsfähigsten Modelle .....	225
10.6 Graphische Beurteilung der Prognosegüte .....	229
10.7 Stabilität der Modellparameter und Prognosestabelle .....	240
10.8 Vergleich kommerzieller Zinsprognosen .....	246
11. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	251
<b>Anhang</b> .....	<b>253</b>
A.1 Zinsstruktur und Auslandszinssätze (Abbildungen) .....	253
A.2 RATS-Programmcodes .....	254
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>260</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>273</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Klassifikation von Markov-Switching-VAR-Modellen nach Krolzig und Lütkepohl (1995) .....	48
Tabelle 3-2:	Auswahl von MS-AR-Modellen nach Krolzig (1997) .....	59
Tabelle 9-1:	Univariate AR(1)-Modelle I: Zinssatz für 3-Monatsgeld ( $r_t$ ) .....	158
Tabelle 9-2:	Prognosegüte univariater AR(1)-Modelle I (Zinssatz für 3-Monatsgeld); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	159
Tabelle 9-3:	Univariate AR(1)-Modelle II: Zinssatz für 3-Monatsgeld ( $r_t$ ) .....	160
Tabelle 9-4:	Prognosegüte univariater AR(1)-Modelle II (Zinssatz für 3-Monatsgeld); Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	161
Tabelle 9-5:	MSI-AR(0)-Modelle: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) .....	163
Tabelle 9-6:	Prognosegüte von MSI-AR(0)-Modellen (Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld); Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	164
Tabelle 9-7:	Univariate AR(1)-Modelle: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) .....	165
Tabelle 9-8:	Prognosegüte univariater AR(1)-Modelle (Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld); Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	166
Tabelle 9-9:	Univariate AR(3)-Modelle: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) .....	167
Tabelle 9-10:	Prognosegüte univariater AR(3)-Modelle (Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld); Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	168
Tabelle 9-11:	Bivariate Regime-Switching-Modelle: Zeitgleiche gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	170

Tabelle 9-12: Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (zeitgleiche gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	171
Tabelle 9-13: Bivariate Regime-Switching-Modelle: Gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	173
Tabelle 9-14: Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	174
Tabelle 9-15: Bivariate Regime-Switching-Modelle: Gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t^{US}$ ) .....	175
Tabelle 9-16: Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für 3-Monatsgeld); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	176
Tabelle 9-17: Vektorautoregressive Modelle erster Ordnung: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) ..	178
Tabelle 9-18: Vektorautoregressive Modelle dritter Ordnung: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) ..	179
Tabelle 9-19: Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	180
Tabelle 9-20: Vektorautoregressive Modelle erster Ordnung: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t^{US}$ ) .....	181
Tabelle 9-21: Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für Dreimonatsgeld); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	182
Tabelle 9-22: Vektorautoregressive Modelle erster Ordnung: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und Zinsdifferenz ( $R_t - r_t$ ) ....	183



Tabelle 9-23:	Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und Zinsdifferenz); Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	184
Tabelle 9-24:	Prognosevergleich der in den Abschnitten 9.2–9.5 jeweils überlegenen Modelle; Prognosen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	185
Tabelle 9-25:	MSI-AR(3)-Modell: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) .....	199
Tabelle 9-26:	Prognosegüte des MSI-AR(3)-Modells (monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld); Prognose des Zinssatzes für 3-Monatsgeld über den Zeitraum von Januar 1994 bis Dezember 1998. ....	200
Tabelle 9-27:	Prognosen des Dreimonatszinssatzes für den Zeitraum von Februar 1996 bis Dezember 1999 mit dem MSI-AR(3)-Modell (Zeitraum der Modellschätzung: Januar 1970 bis Dezember 1993) .....	201
Tabelle 10-1:	MSI-AR(0)-Modelle: Monatliche Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	209
Tabelle 10-2:	Prognosegüte von MSI-AR(0)-Modellen (monatliche Änderungen der Umlaufrendite); Prognose der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	210
Tabelle 10-3:	Univariate AR(1)-Modelle: Monatliche Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	211
Tabelle 10-4:	Prognosegüte univariater AR(1)-Modelle (monatliche Änderungen der Umlaufrendite); Prognose der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	212
Tabelle 10-5:	Univariate AR(3)-Modelle: Monatliche Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	213
Tabelle 10-6:	Prognosegüte univariater AR(3)-Modelle (monatliche Änderungen der Umlaufrendite); Prognose der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	214
Tabelle 10-7:	Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (zeitgleiche gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 ....	216
Tabelle 10-8:	Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	217

Tabelle 10-9: Bivariate Regime-Switching-Modelle: Gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen ( $\Delta R_t^{US}$ ) .....	218
Tabelle 10-10: Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	219
Tabelle 10-11: Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	220
Tabelle 10-12: Vektorautoregressive Modelle erster Ordnung: Monatliche Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen ( $\Delta R_t^{US}$ ) .....	222
Tabelle 10-13: Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen der Umlaufrendite und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	223
Tabelle 10-14: Vektorautoregressive Modelle erster Ordnung: Monatliche Änderungen der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) und Zinsdifferenz ( $R_t - r_t$ ) .....	224
Tabelle 10-15: Prognosegüte vektorautoregressiver Modelle (monatliche Änderungen der Umlaufrendite und Zinsdifferenz); Prognosen der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	225
Tabelle 10-16: Prognosevergleich der in den Abschnitten 10.2–10.4 jeweils überlegenen Modelle; Prognose der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1991 bis Dezember 1998 .....	226
Tabelle 10-17: Bivariates MSIH-VAR(0)-Modell: Gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld ( $\Delta r_t$ ) und der Umlaufrendite ( $\Delta R_t$ ) .....	241
Tabelle 10-18: Prognosegüte des MSIH-VAR(0)-Modells (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite); Prognose der Umlaufrendite über den Zeitraum von Januar 1994 bis Dezember 1998. ....	242
Tabelle 10-19: Prognosen der Umlaufrendite für den Zeitraum von Februar 1996 bis Dezember 1999 (Bivariates MSIH-VAR(0)-Modell: gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld und der Umlaufrendite, Zeitraum der Modellschätzung: Januar 1970 bis Dezember 1993) .....	243

Tabelle 10-20: Einjahres-Prognose der Umlaufrendite für Dezember 1998 .....	247
Tabelle 10-21: Einjahres-Prognose der Rendite 10jähriger Bundesanleihen für Dezember 1998 .....	248
Tabelle 10-22: Einjahres-Prognose der Umlaufrendite für Dezember 1999 .....	249
Tabelle 10-23: Einjahres-Prognose der Rendite 10jähriger Bundesanleihen für Dezember 1999 .....	250

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1:	Pfadabhängige Berechnung der bedingten Varianz in konventionellen Regime-Switching-GARCH-Modellen .....	78
Abbildung 4.2:	Pfadunabhängige Berechnung der bedingten Varianz im GRS-Modell .....	78
Abbildung 9.1:	Verlauf des Zinssatzes für 3-Monatsgeld .....	151
Abbildung 9.2:	Erste Differenzen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld .....	153
Abbildung 9.3:	<i>Ex-ante</i> -Regimewahrscheinlichkeiten (Regime 1); MSIH-VAR(1)-Modell für Dreimonatszinssatz und Zinsdifferenz .....	186
Abbildung 9.4:	Geglättete Regimewahrscheinlichkeiten (Regime 1); MSIH-VAR(1)-Modell für Dreimonatszinssatz und Zinsdifferenz .....	186
Abbildung 9.5:	Beitrag zur Erklärung der Änderungen des Dreimonatszinssatzes; MSIH-VAR(1)-Modell für Dreimonatszinssatz und Zinsdifferenz ...	187
Abbildung 9.6:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 3 Monate ..	188
Abbildung 9.7:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 6 Monate ..	189
Abbildung 9.8:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 9 Monate ..	189
Abbildung 9.9:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 12 Monate	190
Abbildung 9.10:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 24 Monate	190
Abbildung 9.11:	Prognosefehler Dreimonatszinssatz – Prognosehorizont: 36 Monate	191
Abbildung 9.12:	3-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	192
Abbildung 9.13:	6-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	193
Abbildung 9.14:	9-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	194
Abbildung 9.15:	12-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	195
Abbildung 9.16:	24-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	196
Abbildung 9.17:	36-Schritt-Prognosen des Zinssatzes für Dreimonatsgeld .....	197
Abbildung 10.1:	Verlauf der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere .....	205

Abbildung 10.2:	Erste Differenzen der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere	205
Abbildung 10.3:	<i>Ex-ante</i> -Regimewahrscheinlichkeiten (Regime 1); MSIH-VAR(0)-Modell für Umlaufrendite und Zinssatz für Dreimonatsgeld	227
Abbildung 10.4:	Geglättete Regimewahrscheinlichkeiten (Regime 1); MSIH-VAR(0)-Modell für Umlaufrendite und Zinssatz für Dreimonatsgeld	228
Abbildung 10.5:	Beitrag zur Erklärung der Änderungen der Umlaufrendite; MSIH-VAR(0)-Modell für Umlaufrendite und Zinssatz für Dreimonatsgeld	228
Abbildung 10.6:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 3 Monate	230
Abbildung 10.7:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 6 Monate	230
Abbildung 10.8:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 9 Monate	231
Abbildung 10.9:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 12 Monate	231
Abbildung 10.10:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 24 Monate	232
Abbildung 10.11:	Prognosefehler Umlaufrendite – Prognosehorizont: 36 Monate	232
Abbildung 10.12:	3-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	234
Abbildung 10.13:	6-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	235
Abbildung 10.14:	9-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	236
Abbildung 10.15:	12-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	237
Abbildung 10.16:	24-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	238
Abbildung 10.17:	36-Schritt-Prognosen der Umlaufrendite	239
Abbildung A-1:	Zinsspread	253
Abbildung A-2:	Zinssatz auf U.S.-amerikanische Treasury Bills	253
Abbildung A-3:	U.S.-amerikanischer Kapitalmarktzins	253

## Verzeichnis häufig verwendeter Symbole

$\Delta$	Differenzenoperator
$\left. \begin{array}{l} E(y_t   \Phi_{t-1}) \\ E_{t-1} y_t \end{array} \right\}$	bedingter Erwartungswert der Zufallsvariable $y_t$ zum Zeitpunkt $t - 1$
$\left. \begin{array}{l} f_i(y_t   \dots) \\ f(y_t   i) \end{array} \right\}$	durch das Regime $i$ bedingte Verteilung der Zufallsvariablen $y_t$
$\Phi_t$	Informationsmenge zum Zeitpunkt $t$
$\lambda$	Vektor der Modellparameter
$\left. \begin{array}{l} \mu(S_t = i) \\ \mu_i \end{array} \right\}$	Mittelwert im Regime $i$
$P_t$	Vektor der Regimezustandswahrscheinlichkeiten
$p_{it}$	Zustandswahrscheinlichkeit für das Regime $i$ zum Zeitpunkt $t$
$\left. \begin{array}{l} \Pr(S_t = i   \Phi_{t-1}) \\ p_{it,t-1} \end{array} \right\}$	<i>ex-ante</i> -Regimezustandswahrscheinlichkeit
$\left. \begin{array}{l} \Pr(S_t = i   \Phi_t) \\ p_{it,t} \end{array} \right\}$	Filter-Regimezustandswahrscheinlichkeit
$\left. \begin{array}{l} \Pr(S_t = i   \Phi_T) \\ p_{it,T} \end{array} \right\}$	geglättete Regimezustandswahrscheinlichkeit
$\Pi$	Matrix der Regimeübergangswahrscheinlichkeiten
$\left. \begin{array}{l} \Pr(S_t = j   S_{t-1} = i) \\ \pi_{ij} \end{array} \right\}$	Übergangswahrscheinlichkeit von Regime $i$ nach Regime $j$
$\tau_{ij}^t$	Element der Matrix $\Pi^t$
$R_t^{(n)}$	$n$ -periodiger Zinssatz bzw. $n$ -periodige Rendite zum Zeitpunkt $t$

$S_t$	Regimeindikatorvariable zum Zeitpunkt $t$
$\left. \begin{array}{l} \sigma^2(S_t = i) \\ \sigma_i^2 \end{array} \right\}$	Varianz im Regime $i$
$T$	Anzahl der Beobachtungen
$t$	Zeitindex
$\tilde{y}_t$	Zeitreihe der Variablen $y$ von $y_0$ bis $y_t$

# 1. Einleitung

## 1.1 Marktbasierte Zinsprognosen

Aufgrund der einzel- und gesamtwirtschaftlichen Relevanz von Zinsänderungen ist das Interesse von Ökonomen, Wirtschaftspolitikern und Praktikern an Zinsprognosen traditionell sehr groß. Dennoch finden sich in der wissenschaftlichen Literatur nur relativ wenige Studien, welche die Prognosegüte ökonomischer und zeitreihenanalytischer Verfahren außerhalb des Stützbereichs analysieren. Zweifel an der Relevanz und Sinnhaftigkeit von Zinsprognosen werden häufig mit einem Verweis auf die Theorie informationseffizienter Finanzmärkte begründet. Kritiker übersehen allerdings bisweilen, daß erfolgreiche Zinsprognosen mit Markteffizienz vereinbar sein können, solange es sich bei den zur Prognose herangezogenen Informationen um aktuelle Finanzmarktpreise handelt.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, Möglichkeiten der Prognose von Geld- und Kapitalmarktzinssätzen aufzuzeigen. Dies geschieht im Rahmen einer theoretischen Analyse sowie einer breit angelegten empirischen Untersuchung. Die dem Konzept der Arbeit zugrunde liegende Idee „marktbasierter Zinsprognosen“ wird von Mishkin wie folgt beschrieben: „What is suggested (...) is that macro forecasters let the market do the work for them and use the information in current market prices to generate forecasts“.<sup>1</sup> Diesem Motto folgend, besteht die hier umgesetzte und zuvor ausführlich beschriebene Strategie nicht in der Identifikation von makroökonomischen Determinanten der Zinsentwicklung und einer sich daran anschließenden Zinsprognose unter Nutzung strukturökonomischer Modelle. Statt dessen soll das künftige Zinsniveau vorhergesagt werden, indem Erwartungen von Marktteilnehmern, die sich in Zinssätzen und in der Zinsstruktur widerspiegeln, unter Anwendung ökonomischer Verfahren extrahiert und analysiert werden.<sup>2</sup>

Die methodische Vorgehensweise dieser Arbeit lehnt sich an die Studien von Hamilton (1988), Sola und Driffill (1994), Kugler (1996), Bekaert, Hodrick und Marshall (1997a) und Ang und Bekaert (1998) an, in denen die nominale Zinsentwicklung sowie gegebenenfalls Zinsdifferenzen als univariate bzw. bivariate Regime-Switching-Prozesse modelliert werden. Modellgestützte Zinsprognosen über

---

<sup>1</sup> Mishkin (1978), S. 748 – 749. Der Begriff „market-based forecasts“ wurde bislang u. a. von Belongia (1987) verwendet.

<sup>2</sup> Zusätzlich motiviert wurde diese Arbeit durch einige neuere Veröffentlichungen, die sich mit dem Informationsgehalt von Finanzmarktpreisen für die Geldpolitik auseinandersetzen. Vgl. dazu Söderlind und Svensson (1997), Deutsche Bundesbank (1998) und Goodfriend (1998).



längere Prognosehorizonte sind in diesen Arbeiten allerdings nicht erzeugt worden.<sup>3</sup> Die Nutzung des in der Zeitreihenanalyse relativ jungen Regime-Switching-Ansatzes zur Vorhersage von Zinssätzen läßt sich zweifach begründen. Zum einen haben die oben zitierten Arbeiten gezeigt, daß sich Regime-Switching-Modelle eignen, das zyklische Verhalten von Zinszeitreihen ökonomisch zu erfassen. Darüber hinaus lassen sich mit Regime-Switching-Modellen Markterwartungen diskreter Ereignisse modellieren, was besonders im Rahmen der oben skizzierten Prognosestrategie von besonderer Bedeutung sein kann.

## 1.2 Regime-Switching-Modelle in der Ökonomie

Seit ihrer Einführung durch Hamilton (1988, 1989) haben sich Regime-Switching-Modelle als außerordentlich hilfreich erwiesen, eine Vielzahl ökonomisch relevanter Fragestellungen zu untersuchen. Die in der Literatur zumeist als Markov-Switching-Modelle oder auch Markov-Regimewechselmodelle bezeichneten Zeitreihenspezifikationen<sup>4</sup> sind dabei mittlerweile nicht nur in direkte Konkurrenz zu traditionellen Ansätzen wie etwa der Box-Jenkins-Modellierung oder den inzwischen ebenfalls etablierten VAR- und ARCH-Modellen getreten, sondern lassen sich darüber hinaus mit diesen in vielfältiger Weise kombinieren, wodurch eine wesentlich flexiblere und oftmals adäquatere ökonomische Modellbildung ermöglicht wird. Vor diesem Hintergrund mag es verwundern, daß die internationale Literatur nach nunmehr zehnjähriger Forschungstätigkeit immer noch überschaubar ist und deutschsprachige Arbeiten bislang kaum vorhanden sind.<sup>5</sup> Auch wurde Regime-Switching-Modellen bislang nur in wenigen Lehrbüchern der Zeitreihenanalyse ein eigenständiges Kapitel eingeräumt.<sup>6</sup> Einer der Gründe für diese geringe Popularität kann sicherlich in den relativ aufwendigen Verfahren zur Schätzung von Regime-Switching-Modellen gesehen werden, die einerseits eine rasche Implementierung erschweren und andererseits auch unter Verwendung schneller Rechner für die Anwender sehr zeitintensiv sind. Für empirisch orientierte Makroökonomien und Finanzanalysten dürfte der Einsatz von Regime-Switching-Modellen künftig jedoch von zunehmendem Interesse sein, da in der neueren Literatur (Hamilton (1994), Gray (1996a)) rekursive Schätzverfahren entwickelt wurden, die eine vergleichsweise unkomplizierte Modellierung und Programmierung erlau-

---

<sup>3</sup> Ang und Bekaert (1998) haben Einschrittprognosen erzeugt, um die Güte der geschätzten Modelle zu beurteilen.

<sup>4</sup> In der vorliegenden Arbeit werden die unterschiedlichen Bezeichnungen als Synonyme verstanden, wobei in Anlehnung an Gray (1996a), Bekaert, Hodrick und Marshall (1997) sowie Ang und Bekaert (1998) überwiegend der Begriff „Regime-Switching-Modell“ Verwendung findet.

<sup>5</sup> Als deutschsprachige Arbeiten liegen der Überblicksartikel von Krolzig und Lütkepohl (1995) sowie die Volatilitätsanalyse von Ahrens (1998a) vor.

<sup>6</sup> Vgl. Harvey (1993), Mills (1993), Hamilton (1994).

ben. In dem Lehrbuch von Kim und Nelson (1999a) werden Regime-Switching-Modelle mit Zustandsraummodellen (Harvey (1993)) kombiniert. Anhand vieler Anwendungsbeispiele zeigen die Autoren die Leistungsfähigkeit dieses neuen Ansatzes auf und werden damit sicherlich zu seiner Verbreitung beitragen.

Regime-Switching-Modelle wurden in der Vergangenheit zumeist in der Konjunkturanalyse eingesetzt. Dabei konnte für unterschiedliche Länder gezeigt werden, daß eine endogene Bestimmung von Konjunkturzyklen erfolgen kann, indem die Wachstumsrate des realen Sozialprodukts oder des Produktionsindex als Regime-Switching-Prozeß spezifiziert wird.<sup>7</sup> Sehr viel weniger Studien sind der weiterführenden Frage nachgegangen, inwieweit sich Prognosen der konjunkturellen Entwicklung erstellen lassen, indem potentielle Frühindikatoren als Regime-Switching-Prozesse modelliert werden. Speziell für die USA und die Bundesrepublik Deutschland sind mehrere Frühindikatoren daraufhin untersucht worden, ob sie den Beginn und das Ende von Rezessionsphasen vorhersagen können. Die bislang verfügbaren Ergebnisse zeigen, daß univariate Regime-Switching-Modelle geeignet sind, prominente Konjunkturindikatoren zu modellieren sowie eindeutige und oftmals frühzeitige Konjunktursignale zu erzeugen.<sup>8</sup> Besonders interessant für die vorliegende Arbeit ist die Tatsache, daß sich die Zinsstruktur dabei als überlegener Langfristindikator erwiesen hat, dessen Signale von Regime-Switching-Modellen in eindeutige Wendepunktprognosen transformiert werden.<sup>9</sup> Eine Modellierung der stochastischen Eigenschaften von Zinssätzen mit Regime-Switching-Modellen ist daher auch zum Zweck der Zinsprognose naheliegend.

Ein weiteres bedeutendes Einsatzgebiet von Regime-Switching-Modellen ist die Analyse und Prognose von Volatilitäten auf Finanzmärkten. Eine praktische Anwendung dürfte hier vor allem bei der Bewertung von Optionen oder bei der Risikoeinschätzung im Portfoliomanagement erfolgen. Als maßgebliche Referenz zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Regime-Switching-Modellen werden in diesem Zusammenhang üblicherweise die mit den populären und in der Praxis etablierten ARCH und GARCH-Modellen generierten Prognosen herangezogen.<sup>10</sup> Weitere ökonomische Anwendungsgebiete von Regime-Switching-Modellen sind

---

<sup>7</sup> Vgl. hierzu bspw. die Arbeiten von Hamilton (1989), Lam (1990, 1997), Phillips (1991), Goodwin (1993), Durland und McCurdy (1994), Filardo (1994), Sichel (1994), Kim und Yoo (1995), Diebold und Rudebusch (1996), Layton (1996, 1998), Krolzig (1997), Raymond und Rich (1997), Filardo und Gordon (1998), Kim und Nelson (1998), Ahrens (1999a) sowie Franses und Paap (1999).

<sup>8</sup> Vgl. Lahiri und Wang (1994), Hamilton und Perez-Quiros (1996), Hamilton und Lin (1996), Layton (1997) sowie Ahrens (1999a).

<sup>9</sup> Vgl. Lahiri (1995), Lahiri und Wang (1996), Ahrens (1998b) sowie Ivanova, Lahiri und Seitz (1999).

<sup>10</sup> Vgl. u. a. die Beiträge von Pagan und Schwert (1990), Kaehler (1993), Kaehler und Marnet (1993), Cai (1994), Hamilton und Susmel (1994), Dahlquist und Gray (1995), Dewachter (1996), Gray (1996b, 1996c), Dueker (1997a), Ahrens (1998a), Bollen, Gray und Whaley (1998), So, Lam und Li (1998) und Klaassen (1999).