

**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
Anhang	253
A.1 Zinsstruktur und Auslandszinssätze (Abbildungen)	253
A.2 RATS-Programmcodes	254
Literaturverzeichnis	260
Sachwortverzeichnis	273

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 (Δr_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 (Δr_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 (Δr_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 (Δr_t) und der Umlaufrendite (ΔR_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 (Δr_t) und der Umlaufrendite (ΔR_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 (Δr_t) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für 3-Monatsgeld (Δr_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 (Δr_t) und der Umlaufrendite (ΔR_t) ..	178
Tabelle 9-18: Vektorautoregressive Modelle dritter Ordnung: Monatliche Änderungen des Zinssatzes für 3-Monatsgeld (Δr_t) und der Umlaufrendite (ΔR_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 (Δr_t) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes für 3-Monatsgeld (Δr_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 (Δr_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 (Δr_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 (ΔR_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 (ΔR_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 (ΔR_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 (ΔR_t) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen (ΔR_t^{US})	218
Tabelle 10-10: Prognosegüte bivariater Regime-Switching-Modelle (gemeinsame Regimeabhängigkeit der monatlichen Änderungen der Umlaufrendite (ΔR_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 (ΔR_t) und des U.S.-amerikanischen Zinssatzes auf zehnjährige Staatsanleihen (ΔR_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 (ΔR_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 (Δr_t) und der Umlaufrendite (ΔR_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

Δ	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
Φ_t	Informationsmenge zum Zeitpunkt t
λ	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
Π	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
τ_{ij}^t	Element der Matrix Π^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“.¹ 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.²

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

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

² 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.³ 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 ökonometrisch 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 Zeitreihenspezifikationen⁴ 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 ökonometrische 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.⁵ Auch wurde Regime-Switching-Modellen bislang nur in wenigen Lehrbüchern der Zeitreihenanalyse ein eigenständiges Kapitel eingeräumt.⁶ 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-

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

⁴ 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.

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

⁶ 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.⁷ 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.⁸ 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.⁹ 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.¹⁰ Weitere ökonomische Anwendungsgebiete von Regime-Switching-Modellen sind

⁷ 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).

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

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

¹⁰ 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).