Heilig
Kontrolle chaotischen Verhaltens auf Finanzmärkten

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Kontrolle chaotischen Verhaltens auf Finanzmärkten

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

vorgelegt von

Stephan Heilig

aus Reutlingen

2000

Dekan:	Professor Dr. rer. pol. Manfred Stadler
Erstberichterstatter:	Professor Dr.-Ing. Rainer Schöbel
Zweitberichterstatter:	Professor Dr. oec. publ. Gerd Ronning
Tag der mündlichen Prüfung:	12. Januar 2001

Stephan Heilig

Kontrolle chaotischen Verhaltens auf Finanzmärkten

Methoden zur Stabilisierung des Preisverhaltens

Mit einem Geleitwort
von Prof. Dr.-Ing. Rainer Schöbel

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Heilig, Stephan:
Kontrolle chaotischen Verhaltens auf Finanzmärkten : Methoden zur Stabilisierung des Preisverhaltens / Stephan Heilig. Mit einem Geleitw. von Rainer Schöbel - 1. Aufl..

(Gabler Edition Wissenschaft)
Zugl.: Tübingen, Univ., Diss., 2000
ISBN 978-3-8244-7397-7 ISBN 978-3-663-08074-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-08074-9

1. Auflage Juli 2001

Lektorat: Brigitte Siegel / Jutta Hinrichsen

www.gabler.de
www.duv.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN 978-3-8244-7397-7

Meinen Eltern

Geleitwort

Längst hat die Chaostheorie Eingang in die ökonomische Modellbildung gefunden. Seit Richard Day vor zwanzig Jahren zeigen konnte, dass chaotisches Verhalten endogen aus klassischen deterministischen Wachstumsprozessen entstehen kann, wird deterministisches Chaos als Ursache nichtzyklischer Schwankungen des Wirtschaftsgeschehens neben der herkömmlichen Erklärung aus der Stochastik der Systemvariablen kontrovers diskutiert. Auch wenn es empirisch bis heute nicht gelungen ist, deterministisches Chaos in ökonomischen Datenreihen zweifelsfrei nachzuweisen, befruchtet dieser Denkansatz nach wie vor die theoretische Diskussion. Lag der Schwerpunkt zunächst auf der Rezeption der unliebsamen Botschaften der Chaostheorie, etwa der Botschaft der grundsätzlich langfristigen Unvorhersagbarkeit deterministischer Trajektorien, so wendet sich ein Teil der neueren Arbeiten einer eher konstruktiven Frage zu: Wie lassen sich typische Eigenschaften des deterministischen Chaos zur effizienten Kontrolle von Wirtschaftsprozessen nutzen?

Dieser Frage ist die Dissertation von Heilig gewidmet. Er setzt sich das Ziel, die Kontrollmöglichkeiten chaotischen Verhaltens sowohl in zeitdiskreten als auch in zeitstetigen Zusammenhängen systematisch aufzuzeigen und an zwei prominenten chaotischen Kapitalmarktmodellen zu erproben.

Die Arbeit gliedert sich in drei Hauptabschnitte. Der erste Teil führt in die Thematik ein und informiert über unterschiedliche Methoden der Chaoskontrolle. Der zweite Teil untersucht, nach einem kurzen Exkurs über Chaos in Finanzzeitreihen, die Möglichkeiten der Kontrolle chaotischer Entwicklungen in einem dynamischen Zinsmodell von Tice und Webber. Der dritte Teil ist der Kontrolle eines chaotischen Asset Pricing Modells von Brock und Hommes gewidmet. Das Ende der Arbeit bilden ein Exkurs zur praktischen Implementierung der Chaoskontrolle in ökonomischen Systemen und eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse. Diverse Anhänge komplettieren die Monografie.

Die Arbeit von Heilig zeichnet sich durch eine sehr sorgfältige und präzise Umsetzung der teilweise selbst weiterentwickelten Kontrollkonzepte auf nichtlineare Kapitalmarktmodelle aus. Bemerkenswerte Fortschritte werden auf zwei Ebenen erzielt: Methodisch gelingt es ihm den Ansatz von Ott, Grebogi und Yorke auch auf Gleichgewichte ohne Sattelpunkte zu erweitern. Konkret ergeben sich daraus wichtige Erkenntnisse zum Systemverhalten der beiden untersuchten Modelle sowohl im zeitstetigen als auch im zeitdiskreten Kontext. Darüberhinaus korrigiert er die in der Originalarbeit fehlerhafte Modellherleitung bei Tice und Webber.

Die Ergebnisse der Untersuchung stellen eine wertvolle Bereicherung unseres Wissens über Chaoskontrolle in ökonomischen Modellen dar. Insgesamt handelt es sich bei der von Heilig vorgelegten Arbeit um einen wichtigen theoretischen Beitrag auf hohem technischen Niveau.

Das Chaos mit begrenzten ökonomischen Mitteln kontrollieren! Welcher Manager würde seine Tätigkeit nicht hin und wieder so definieren wollen? Deshalb sollte die Arbeit auch dem theoretisch interessierten Praktiker, der sich über Fortschritte der Chaoskontrolle in ökonomischen Modellzusammenhängen informieren will, eine interessante Lektüre bieten.

Rainer Schöbel

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde von der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen im Wintersemester 2000/2001 als Dissertation angenommen. Sie entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere betriebliche Finanzwirtschaft.

Mein besonderer Dank gilt meinem akademischen Lehrer und Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Rainer Schöbel für seine Unterstützung bei der Entstehung der Arbeit sowie für die angenehme Arbeitsatmosphäre am Lehrstuhl.

Des Weiteren danke ich Vera Klöckner, meiner Kollegin Dr. Ariane Reiß, meinen Kollegen Dr. Hartmut Nagel, Philipp Kellerhals, Detlef Repplinger, Jochen Veith, Dr. Jianwei Zhu und Freunden an der Fakultät für die gemeinsame schöne Zeit in Tübingen.

Zu guter Letzt danke ich meiner Familie für ihre ununterbrochene Unterstützung.

Stephan Heilig

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Verzeichnis der wichtigsten Symbole

$\propto$	proportional im Limes
∞	Unendlich
$\in$	ist Element
$\subset$	Teilmenge
$\forall$	für alle
$\exists$	es gibt
$\prod$	Produktoperator
$\sum$	Summenoperator
$[\delta \mathbf{p}]_i$	i-te Element des Vektors $\delta \mathbf{p}$
$\frac{\partial f}{\partial a}\big\|_{x^*}$	Ableitung von f nach a an der Stelle x^*
$\mathbf{A}^{-1}$	Inverse der Matrix $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}', \mathbf{a}'$	Transponierte der Matrix $\mathbf{A}$ (des Zeilenvektors $\mathbf{a}$)
$\rhd$	aus Sarkovskii Theorem
$\|\|\ \|\|$	eine Norm des Vektorraums
$\mathbb{N}$	Menge der natürlichen Zahlen
$\mathbb{R}$	Menge der reellen Zahlen
$\mathbb{W}^s$	stabile invariante Mannigfaltigkeit
$\mathbb{W}^u$	instabile invariante Mannigfaltigkeit
$\mathbb{W}^c$	invariante Zentrumsmannigfaltigkeit
$\mathbb{Z}$	Menge der ganzen Zahlen
J, M, N	Mengen
$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu, \phi$	Parameter im Zinsmodell von Tice und Webber (1997)
β	Reaktionsgeschwindigkeit im Modell von Brock und Hommes (1998)
κ	Anpassungsgeschwindigkeit im Model von Kopel (1996)
$\widetilde{\varepsilon}$	stochastische Störgröße

λ	Eigenwert, Lyapunov-Exponent
$\boldsymbol{\lambda}$	Diagonalmatrix mit Eigenwerten in der Diagonalen
Λ	Attraktormenge
μ	Erwartungswert
$\widetilde{\nu}$	doppeltexponentiell verteilte Zufallsvariable
$\phi_t(.)$	Phasenverlauf der Trajektorie
σ	Standardabweichung
Σ	Einfluss der Wiener Prozesse auf die Zustandsvariablen
τ	Zeitintervall
$\boldsymbol{\xi}$	Zeitverzögerungsvektor
a	Parameter der logistischen Gleichung und im Model von Kopel (1996)
$\mathbf{A}$	Diagonalmatrix im Modell von Tice und Webber (1997)
b	Parameter im Model von Kopel (1996)
$\mathbf{c}$	Spaltenvektor
C	Konsum
$C(.)$	Korrelationsintegral
dw	eindimensionaler Wiener Prozess
$d\mathbf{w}$	mehrdimensionaler Wiener Prozess
D_C	Kapazitätsdimension
D_K	Korrelationsdimension
$diag()$	Diagonalmatrix
e	geplante Ausgaben im Modell von Tice und Webber (1997); Euler'sche Zahl ($= 2,7182818...$)
$\mathbf{e}_i$	Eigenvektor
$\mathbf{e}_i^c$	komplexer Eigenvektor
$\exp(.)$	Exponentialfunktion
$E(.)$	Erwartungswert
$E_{h,t}(.)$	bedingter Erwartungswert der Investorengruppe h im Zeitpunkt t
f	Abbildungsvorschrift
$\mathbf{f}_i$	kontravarianter Basisvektor zum Basisvektor $\mathbf{e}_i$
$\mathbf{f}(.), \mathbf{g}(.)$	vektorielle Abbildungsvorschriften
$F(.)$	skalare Abbildungsvorschrift
$\mathbf{F}$	Matrix mit den kontravarianten Basisvektoren $\mathbf{f}_i$ als Spalten
$\mathbf{F}(.)$	mehrdimensionale Abbildungsvorschrift
$F_{\widetilde{\nu}}(\nu)$	Verteilungsfunktion der Zufallsvariablen $\widetilde{\nu}$
i	Zinssatz; komplexe Zahl $\sqrt{-1}$

$\mathbf{i}_j$	Einheitsvektor
I	Investitionen
$\mathbf{I}$	Identitätsmatrix
$\mathrm{Im}\,\lambda_i$	Imaginärteil der komplexen Zahl λ_i
inf	Infimum
J	Gütemaß (Inverse der Nutzenfunktion)
$\mathbf{J}$	Jakobimatrix
$\widehat{\mathbf{J}}$	numerisch bestimmte Jakobimatrix
$\mathbf{J}_R$	Matrix des linearen Kontrollansatzes
ln	natürlicher Logarithmus
m	Masse; Einbettungsdimension
m_d	reale Geldnachfrage
$\mathbf{m}$	Mengenvektor
$\overline{\mathbf{m}}$	Gleichgewichtsmengenvektor
n	Dimension; Parameter Model von Kopel (1996)
mod	Modulus
$O(\mathbf{x}^2)$	Taylorreihenglieder der Ordnung ≥ 2
p, r, x	Zustandsvariablen im Modell von Tice und Webber (1997)
p_i	Kontrollparameter
p_t	Preis des riskanten Wertpapiers im Modell von Brock und Hommes (1998)
$\mathbf{p}$	Vektor der Kontrollparameter
$\mathbf{P}$	Matrix im nutzenmaximierenden Kontrollansatz
$\mathbf{Q}$	Gewichtungsmatrix
$\mathbf{Q}_R$	Matrix im nutzenmaximierenden Kontrollansatz
$\mathbf{Q}_S$	Steuerbarkeitsmatrix
r	Zinssatz
$\mathbf{r}$	Kontrollvektor
$\mathbf{R}$	Kontrollmatrix
$Rang\ \mathbf{Q}_S$	Rang der Matrix $\mathbf{Q}_S$
$\mathrm{Re}\,\lambda_i$	Realteil der komplexen Zahl λ_i
$\mathbf{S}$	Gewichtungsmatrix
$span\,\{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, ...\}$	linearer Raum, der durch die Vektoren $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, ...$ aufgespannt wird
t	Zeitindex
$tr\,[.]$	Spur einer Matrix
$u\,(.)$	Heaviside-Funktion

$U_{h,t}$, $u_{h,t}$	Gewinn des Investors Typ h
$V(.)$	Potential eines Schwingers
$V_{h,t}(.)$	bedingte Varianz der Investorengruppe h im Zeitpunkt t
$\mathbf{w}$	Ableitung der Abbildungsvorschrift nach einem Kontrollparameter
$\mathbf{W}$	Ableitung der Abbildungsvorschrift nach mehreren Kontrollparametern
W_t	Vermögen im Zeitpunkt t
$W(\varepsilon)$	Anzahl der Würfel mit der Kantenlänge ε
x, y	Zustandsvariable
x_t	Zustandsvariable zum Zeitpunkt t
$\mathbf{x}, \mathbf{y}$	Zustandsvektor
$[\mathbf{x}]_t$	Vektor mit der Zeitableitung von $\mathbf{x}$
$[\mathbf{x}]_{\mathbf{y}}$	Matrix mit der Ableitung von $\mathbf{x}$ nach $\mathbf{y}$
$[x_i]_{\mathbf{yy}}$	Matrix mit der 2. Ableitung von x_i nach $\mathbf{y}$
y	Volkseinkommen im Modell von Tice und Webber (1997)
$z_{h,t}$	Aktiennachfrage der Investorengruppe h im Zeitpunkt t
$z_{s,t}$	Aktienangebot im Zeitpunkt t
Z_t	Parameter im Modell von Brock und Hommes (1998)