

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der
Universität Osnabrück

Evolution versus Lerntheorie:
ein hybrider Ansatz mit Anwendungen in der
Spieltheorie

vorgelegt von
Claudia Lawrenz

Dekan: Prof. Dr. Michael Wosnitza
Referent: Prof. Dr. Wulf Gaertner
Korreferent: Prof. Dr. Bernd Meyer
Tag der mündlichen Prüfung: 19.7.04

Berichte aus der Volkswirtschaft

Claudia Lawrenz

**Evolutorik versus Lerntheorie:
ein hybrider Ansatz mit Anwendungen
in der Spieltheorie**

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Osnabrück, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3493-4

ISSN 0945-1048

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Danksagung

Eine Arbeit im Umfang der vorliegenden Dissertation erfordert die Unterstützung des Umfeldes eines Autors in vielfacher Hinsicht. Mein Dank gilt zuerst dem Bereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Osnabrück, insbesondere meinen Gutachtern Prof. Dr. Gaertner und Prof. Dr. Meyer für die Mühe der Korrektur, dem Dekan Prof. Dr. Wosnitza für die Begleitung und Organisation des Prüfungsprozesses.

Die Arbeit entstand während meiner Assistenzzeit an der Universität und dem Beginn meiner Arbeit in der WestLB. Den geneigten Zuhörern und Diskutanten unter den Kolleginnen und Kollegen danke ich für Ideen, Ermutigungen und Geduld. Petra und Ingo haben sich Formel für Formel, Seite für Seite durch dieses Werk gelesen und korrigiert. Mein Bruder Markus hat sich unermüdlich um meine zahlreichen kleinen und großen Computerprobleme gekümmert und damit das Anfertigen dieser Arbeit wesentlich erleichtert. Dieter, meinem Freund, danke ich für seine allumfassende Unterstützung in den letzten Jahren, seinen Zuspruch und seine Ausdauer.

Als letztes und wichtigstes gilt mein Dank meinen Eltern, die von Kindheit an meinen Wissensdrang gefördert und mir die Ausbildung ermöglicht haben, an deren (vorläufigen) Ende nun diese Arbeit steht.

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Spieltheoretische Grundlagen	10
2.1	Grundlegende Definitionen und Konzepte	10
2.2	Ein Gleichgewichtskonzept der Evolutionären Spieltheorie . . .	16
3	Lerndynamiken	21
3.1	Einführung	21
3.2	Replikator-Dynamiken	23
3.2.1	Eigenschaften von Replikator-Dynamiken für eine homo- gene Population	23
3.2.2	Exkurs I: Stabilität von Fixpunkten in dynamischen Sys- temen	28
3.2.3	Replikator-Dynamiken in 2x2-Spielen mit unterschiedlichem Populationenkontext	30
3.2.4	Verstärkungslernen und Replikator-Dynamiken	45
3.2.5	Replikator-Dynamiken als Lernmodell	47
3.3	Fiktives Spiel	49
3.3.1	Deterministisches und glattes Fiktives Spiel	49
3.3.2	Logistisches Fiktives Spiel	54
3.3.3	Exkurs II: Stochastische Approximation	64
3.3.4	Dynamiken im Logistischen Fiktiven Spiel	66
3.3.5	Fiktives Spiel als Lernmodell	79
3.4	Replikator-Dynamiken versus Fiktives Spiel	80
3.4.1	Unterschiede und Gemeinsamkeiten	80
3.4.2	Hybride Varianten	82
4	Lerneigenschaften	85
4.1	Einleitung	85
4.2	Fehler, Experimentieren und Mutation	85
4.3	Erwartungsbildung, Diskontieren und Gedächtnis	89

4.4	Anspruchslevel versus Maximallevel	91
4.5	Soziales versus individuelles Lernen	94
5	Ein hybrides evolutionäres Koordinations-Modell	97
5.1	Einleitung	97
5.1.1	Modellidee	97
5.1.2	Genetische Algorithmen als Modellrahmen	99
5.2	Modellkomponenten	101
5.2.1	Erwartungsbildung und Entscheidungskodierung	101
5.2.2	Lernschemata	104
5.2.3	Fitnessfunktion und Verstärkung	109
5.2.4	Der Lern- und Entscheidungsprozess im Überblick	111
6	Experimente zu evolutionären Spielen	113
6.1	Anmerkungen zur experimentellen Spieltheorie	113
6.2	Schätzgleichungen für Replikator-Dynamiken	115
6.3	Eine Schätzgleichung für Logistisches Fiktives Spiel	118
6.4	Experimente zum asymmetrischen Koordinationsspiel	122
6.4.1	Einführung	122
6.4.2	Experiment-Design	123
6.4.3	Experimentelle Ergebnisse und statistische Tests	125
6.4.4	Logistisches Fiktives Spiel und Replikator-Dynamiken als Response-Modelle	148
6.4.5	Sind experimentelle Lernprozesse erklärbar (I)? Evidenz aus dem Logistischen Fiktiven Spiel	160
6.4.6	Simulations-Design und -ergebnisse des Hybrid-Modells .	169
6.4.7	Sind experimentelle Lernprozesse erklärbar (II)? Evidenz aus Simulationen mit dem Hybrid-Modell	181
6.5	Weitere experimentelle Resultate	185
6.6	Anwendungsfelder	191
7	Diskussion und Ausblick	195

Abbildungsverzeichnis

3.1	Deterministische und glatte beste Reaktion im asymmetrischen Koordinationsspiel	59
3.2	Variation von κ im Logistischen Fiktiven Spiel	59
3.3	Logistisches Fiktives Spiel simultan für zwei Spieler im asymmetrischen Koordinationsspiel	62
3.4	Dynamik $\overline{LFP}(y)$ -y für ein Spiel mit dominanter Strategie . . .	78
3.5	Dynamik $\overline{LFP}(y)$ -y für ein Koordinationsspiel	79
3.6	Dynamik $LFP(y)$ -y für das Falke-Taube-Spiel	80
5.1	Beispiel einer Verhaltensregel im Hybrid-Modell	102
6.1	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, ohne Koordination bei einer Population, 1. Lauf	126
6.2	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, ohne Koordination bei einer Population, 2. Lauf	126
6.3	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, ohne Koordination bei einer Population, 3. Lauf	127
6.4	Verteilung der Binärvariable a und Test auf Wahrscheinlichkeit $p=0,5$ für das 1-Population-ohne-Rollen-Protokoll	128
6.5	Fishers exakter Test für das 1-Population-ohne-Rollen-Protokoll	130
6.6	Permutationstest für das 1-Population-ohne-Rollen-Protokoll . .	132
6.7	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, vollständige Koordination bei einer Population und Positionsangabe, 1. Lauf	136
6.8	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, teilweise Koordination bei einer Population und Positionsangabe, 2. Lauf	136
6.9	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, keine Koordination bei einer Population und Positionsangabe, 3. Lauf .	137
6.10	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, frühe Koordination bei zwei Populationen, 2. Lauf	140
6.11	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, keine Koordination bei zwei Populationen, 2. Lauf	141

6.12	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, teilweise Koordination bei zwei Populationen, 3. Lauf	141
6.13	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, Koordination unter ständigen Abweichungen eines Spielers bei zwei Populationen und Rollenvergabe, 1. Lauf	144
6.14	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, teilweise Koordination bei zwei Populationen und Rollenvergabe, 2. Lauf	144
6.15	Experiment zum asymmetrischen Koordinationsspiel, späte vollständige Koordination bei zwei Populationen und Rollenvergabe, 3. Lauf	145
6.16	LFP-Simulation versus experimentelle Ergebnisse ohne Möglichkeit zur Koordination	162
6.17	LFP-Simulation versus experimentelle Ergebnisse bei gradueller Koordination	164
6.18	LFP-Simulation versus experimentelle Ergebnisse bei gradueller Koordination, die ersten Spielrunden	165
6.19	Volatiles Verhalten in der LFP-Simulation versus koordinierendes experimentelles Verhalten, Spaltenspieler	166
6.20	Volatiles Verhalten in der LFP-Simulation versus koordinierendes experimentelles Verhalten, die ersten Spielrunden	167
6.21	Leicht volatiles Verhalten in der LFP-Simulation versus koordinierendes experimentelles Verhalten	168
6.22	Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse ohne Möglichkeit zur Koordination	173
6.23	Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei hohem Koordinationsgrad	174
6.24	Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei teilweiser Koordination und hoher Volatilität beim Hybrid-Modell	175
6.25	Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei später vollständiger Koordination	176
6.26	Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei später vollständiger Koordination und falscher Orientierung im Hybrid-Modell	176

6.27 Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei früher vollständiger Koordination 177

6.28 Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei früher vollständiger Koordination, die ersten Spielrunden 177

6.29 Hybrid-Modell versus experimentelle Ergebnisse bei teilweiser Koordination mit einem permanent abweichenden Spielern . . . 178

6.30 Falke-Taube-Spiel mit paarweiser, zufälliger Zuordnung, Experiment versus Hybrid-Modell 189

6.31 Falke-Taube-Spiel bei Mittelwert-Zuordnung, Experiment versus Hybrid-Modell 190

6.32 Käufer-Verkäufer-Spiel, Population 1, Experiment versus Hybrid-Modell 191

6.33 Käufer-Verkäufer-Spiel, Population 2, Experiment versus Hybrid-Modell 192