

SCHRIFTEN ZUR
EMPIRISCHEN WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Herausgegeben von Peter M. Schulze und Peter Winker

19

Vahidin Jeleskovic

**Agentenbasierte Modelle
für empirische Wechselkurse**

Ökonometrische Schätzung und Evaluierung

PETER LANG

Internationaler Verlag der Wissenschaften

1. Einleitung

Seit Anfang des letzten Jahrhunderts erlangt die Finanzmarktforschung immer größeres Interesse. Diese Tatsache kann sich aus zwei Blickwinkeln erklären. Einerseits kann ein besseres Verständnis quantitativer Zusammenhänge auf Finanzmärkten möglicherweise unmittelbar zu finanziellen Vorteilen führen, andererseits können Entwicklungen auf Finanzmärkten auch Auswirkungen auf die Realwirtschaft haben, wie es die Beispiele der Asienkrise, der Blase am Neuen Markt in Deutschland oder ganz aktuell der sog. Subprimekrise zeigen. Von daher ist es aus wissenschaftlicher und wirtschaftspolitischer Sicht heraus wesentlich zu verstehen, wie es auf Finanzmärkten zu derartigen Entwicklungen kommen kann.

Die Dissertation von Bachelier (1900) legte den Grundstein für die (umstrittene) Hypothese (oder Theorie) der effizienten Märkte (weiterhin EMH) von Fama (1970, 1991), deren Grundaussage ist, dass die Daten von Finanzmärkten einem Random Walk (Irrfahrt) folgen. Die einfachste Interpretation dessen ist, dass die beste Prognose für die folgende Periode der Wert der Vorperiode ist. Obwohl das Modell eines Random Walk die in der Literatur beschriebenen typischen Eigenschaften der Finanzmarktzeitreihen (sog. Stilisierte Fakten (de Vries (1994))) nicht erklären kann,¹ konnte die EMH auch nicht eindeutig widerlegt werden. Dass diese Theorie bis heute hartnäckig Bestand hat, ist der Tatsache zu verdanken, dass kein (strukturelles) Modell entwickelt werden konnte, das eine bessere sog. Out-of-Sample-Prognose als der Random Walk liefern konnte (Gandolfo (2002)).² Darüber hinaus zeigen die empirischen Tests insgesamt, dass es nahezu unmöglich ist, vorherzusagen, in welchem Ausmaß Änderungen von Fundamentalwerten die Bewegung auf Finanzmarkt beeinflussen (Willms (1995)). Bessere Prognosen als die des Random Walk konnten auch andere Modelle wie lineare (V)ARMA-Modelle oder nichtlineare Neuronale Netze (Uhlig (1999)) nicht liefern. Nichtsdestotrotz werden neue Methoden und neue Modelle für Finanzmärkte entwickelt.

EMH geht von rationalen Marktteilnehmern und ihren rationalen Erwartungen aus, wobei der Einfluss der nicht-rationalen Marktteilnehmern als verschwindend

1 Hierbei ist insbesondere die Bildung von (spekulativen) Blasen hervorzuheben (Blanchard (1979)).

2 Die Out-of-Sample-Prognose ist die Anpassung eines optimierten Modells an die Daten, die außerhalb des Schätzzeitraums liegt.

gering angenommen wird.³ Von daher nimmt man bei der EMH einen homogenen Typ des Marktteilnehmers an. Neuere Finanzmarktmodelle unterstreichen die Rolle der heterogenen Marktteilnehmer, die sowohl theoretisch als auch empirisch begründet werden kann.⁴ Diese neuen Modelle werden von daher Agenten-basierte Modelle (weiterhin ABM) genannt.

Im Unterschied zu den ökonomischen Standardmodellen,⁵ die die Rolle des Marktgleichgewichtes hervorheben, ermöglichen und betonen die ABM vorrangig die Analyse der Dynamik des ökonomischen Prozesses außerhalb des Gleichgewichtes. Diese Dynamik innerhalb der ABM kann langfristig zu einem Gleichgewicht führen, wobei diese Bedingung nicht zwingend ist (Tesfatsion (2006)). Dabei kann man auch auf die Bedingungen der perfekten Rationalität und der vollkommenen Information verzichten. Auf der anderen Seite können die Denkkonzepte wie nichtrationale Erwartungen, verschiedene Nutzenfunktionen oder (asymmetrische) Risikoeinstellungen der Wirtschaftssubjekte zugrundegelegt werden. Die Analyse findet dann vorwiegend durch computergestützte Simulationen statt, da die Komplexität solcher ABM keine analytische Lösung erlaubt. Im Kontext der ABM werden diese Simulationen „Mikrosimulationen“ genannt, da sie durch Simulation der Interaktion der einzelnen Agenten und ihres Handelns, d. h. von dem Mikrolevel auf, die Analyse des Ergebnisses des aggregierten Marktes zulassen. Die Agenten-basierte rechnergestützte Ökonomie (ABÖ) ist auch ein oft genutzter Begriff für solche Analysen. Ein Überblick über den Beitrag von ABÖ zu verschiedenen Gebieten der Ökonomie ist von Tesfatsion (2006) gegeben. ABÖ und deren rapide Entwicklung verdankt man dabei in erster Linie der explosiven Verbesserung der Rechenfähigkeit der modernen Computer in den letzten Jahrzehnten.

In der vorliegenden Arbeit wird ein besonderes Augenmerk den Mikrosimulationen der Finanzmärkte, und insbesondere Finanzmärkten für Wechselkurse, gelten, für die sich im Laufe der Zeit der Begriff, wie schon angemerkt, „Agenten-basierte Modelle“ (für Finanzmärkte) herauskristallisiert hat. Auch diese Modelle versuchen das Verhalten heterogener Agenten bei bestimmten strukturellen Bedingungen abzubilden und somit einen Erklärungsbeitrag für die Dynamik auf dem Finanzmarkt zu leisten. Die empirische Analyse von realen (Campbell *et al.* (1997), Tsay (2005)) und experimentellen (Lei *et al.* (2001)) Finanzmärkten hat eine überwältigende Fülle von Hinweisen geliefert, dass das Verhalten der

3 EMH geht davon aus, dass diese nicht-rationalen Marktteilnehmer im finanziellen Nachteil gegenüber rationalen Marktteilnehmern sind, da ihr Prognosefehler größer sein müsste. Dies führt zum „Aussterben“ solcher Marktteilnehmer. Darüber hinaus sollte ihr Gewicht im aggregierten Markt verschwindend klein sein.

4 Siehe Alfarano (2006) und die vom Autor angegebenen Referenzen.

5 Einige Vertreter dieser Standardmodelle für Wechselkurse wurden von Meese und Rogoff (1983) analysiert.

Agenten auf diesen Märkten, insbesondere die Bildung von Erwartungen, durch Standardmodelle für Finanzmärkte nicht hinreichend abgebildet werden können (Lux und Sornette (2002)).

Die Analyse von ABM hat gezeigt, dass basierend nur auf Annahmen über das Verhalten der Agenten und deren Interaktionen die statistischen Eigenschaften von Finanzmarktzeitreihen reproduziert werden können. ABM ermöglichen es, Finanzmärkte mit heterogenen Agenten, unterschiedlichen Erwartungsbildungsprozessen und Interaktion zwischen den Finanzmarktteilnehmern zu modellieren. Dabei wird das Aggregationsproblem, wie schon angemerkt, durch Simulation gelöst, damit die Interaktion zwischen verschiedenen Agententypen und die endogenen Änderungen der Verhaltensregeln zugelassen werden können.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen aber, dass die Entwicklung dieser Modelle keineswegs als abgeschlossen gelten kann (LeBaron (2000)). Dabei ist es besonderes hervorzuheben, dass bisher keine allgemein anerkannten Verfahren zur Optimierung und Validierung dieser Modelle existieren (Alfarano *et al.* (2005)). Die Pionierarbeit in diesem Kontext stellt die Arbeit von Gilli und Winker (2003) dar, die eine allgemeine Schätzmethode für ABM vorstellt. Die Autoren entwickeln einen Prototypalgorithmus und zeigen, dass es mit dem Algorithmus und in Verbindung mit simulationsbasierter Inferenz sehr wohl möglich ist, bei gegebenen realen Finanzmarktdaten die Parameter der Mikrosimulationsmodelle zu schätzen. Winker *et al.* (2007) erweitern zwar die Zielfunktion von Gilli und Winker (2003), wenden aber den Optimierungsalgorithmus von Gilli und Winker (2003) nicht an, so dass die endgültige Schätzung der Parameter der von den Autoren analysierten ABM ausbleibt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit wird es sein, diesen Ansatz der simulierten bzw. simulationsbasierten indirekten Schätzung (weiterhin als SIS abgekürzt) von Gilli und Winker (2003) weiter zu entwickeln und zu verbessern. Dabei steht die Entwicklung der Theorie der ABM nicht im Vordergrund. Die verbesserte SIS soll lediglich auf die in der Literatur schon vorgeschlagenen ABM angewendet werden.

Die Arbeit wird in drei groben Schritten organisiert werden:

- i) Für Finanzmärkte wird das traditionelle Random-Walk-Modell als Benchmark-Modell vorgestellt und typische (statistische) Eigenschaften identifiziert. Zu diesem Schritt zählen das zweite, das dritte und das vierte Kapitel.
- ii) Die Modellparameter werden durch Optimierung einer Zielfunktion für bestimmte ABM bestimmt, die im fünften Kapitel vorgestellt werden. Die Zielfunktion selbst wird im sechsten vorgestellt.
- iii) Im siebten Kapitel wird der Optimierungsalgorithmus vorgestellt, der im

achten Kapitel für die Schätzung der Parameter der ABM angewendet wird. Auf der Basis der so gewonnenen Parameterschätzer werden die vorgestellten ABM evaluiert. Die Arbeit schließt mit einem Fazit und Ausblick.

Die Grundlagen der notwendigen statistischen und ökonometrischen Methoden werden dabei im zum besseren Verständnis notwendigen Umfang erklärt.

Die Analyse wird auf die Wechselkurse beschränkt, wobei sich zeigen wird, dass der Ansatz ohne weiteres auch auf Aktien- oder Bondkurse übertragen werden kann.⁶

6 Im allgemeinen ist in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Schätzmethode nicht auf ABM für Finanzmärkte beschränkt und kann auch auf ABM in anderen Forschungsgebieten (wie z. B. Biologie oder Demografie) angewendet werden. Die einzige Bedingung dabei ist, dass die jeweiligen Modelle für Daten konstruiert wurden, die für sie typische stylisierte Fakten besitzen. Unter stylisierten Fakten in diesem Sinne kann dann auch ein ökonometrisches Modell verstanden werden, dessen Parameter konsistent geschätzt werden können.