



Agentenbasierte Finanzmarktmodelle

Wie künstliche Finanzmärkte im Computerlabor entstehen

Von Frank Westerhoff

Die Dynamik internationaler Finanzmärkte: Wer und was sind die treibenden Kräfte? Wie Computersimulationen verdeutlichen, erzeugen Interaktionen zwischen heterogenen Marktteilnehmern, die sowohl technische als auch fundamentale Anlagestrategien verwenden, eine komplexe Preisentwicklung. Agentenbasierte Finanzmarktmodelle bieten plausible Erklärungen hierfür, sie werden auch als ‚künstliche Labore‘ zur Analyse regulatorischer Maßnahmen eingesetzt.

Die internationalen Finanzmärkte geraten regelmäßig, nicht nur in Krisenzeiten, in den Blickpunkt einer breiten Öffentlichkeit. Obwohl die Dynamik der Märkte auf den ersten Blick recht unverständlich anmutet, lassen sich verschiedene Eigenschaften von Finanzmarktpreisen ausmachen. Die folgenden Phänomene finden in der Finanzmarktforschung stärkere Aufmerksamkeit:

1. Auf den internationalen Finanzmärkten entstehen wiederholt spektakuläre Kursblasen und sich daran anschließende Kurszusammenbrüche. Finanzmarktpreise können sich also temporär von ihren eigentlichen Fundamentaldaten abkoppeln.
2. Trotz systematischer Über- und Unterbewertungen ähneln die Kursbewegungen stark einem Zufallspfad. Da die Wahrscheinlichkeit eines Kursanstiegs faktisch der eines Kursrückgangs entspricht, ist es kaum möglich, den zukünftigen Kursverlauf vorherzusagen.
3. Finanzmarktpreise unterliegen starken Schwankungen. Dies trifft sowohl auf deren durchschnittliche Variabilität als auch auf einzelne extreme Kurssprünge zu.
4. Die Verteilung der prozentualen Kursveränderungen besitzt relativ viel Wahrscheinlichkeitsmasse in den Rändern der Verteilung. Starke Kursbewegungen – die das Risiko von Finanzmärkten entscheidend prägen – kommen häufig vor.

5. Die Volatilität der Finanzmärkte schwankt im Zeitablauf. Neben ruhigen Phasen gibt es immer wieder länger anhaltende Phasen, in denen die Kurse täglich große Veränderungen vollziehen.

Da diese Phänomene universell auf Aktien-, Devisen- und Rohstoffmärkten vorkommen, werden sie auch als stilisierte Fakten bezeichnet.

Abbildung 1 illustriert die Entwicklung des Deutschen Aktienindex (DAX). Im oberen Panel ist der Kursverlauf des DAX von Anfang 1999 bis Ende 2008 abgebildet. Die Höhenflüge in den Jahren 2001 und 2007 sind genauso deutlich sichtbar wie ein zwischenzeitlicher Zusammenbruch mit Tiefstpreisen im Jahre 2003. Im unteren Panel werden die prozentualen Kursveränderungen, auch Renditen genannt, visualisiert. Extreme Renditen von mehr als fünf Prozent sind keine Seltenheit auf Aktienmärkten. Gut zu sehen ist auch, dass die Kursvariabilität um das Jahr 2003 herum deutlich stärker ausgeprägt ist als in anderen Perioden.

Analog zur Abbildung 1 zeichnet Abbildung 2 die Entwicklung des Euro-Dollar-Wechselkurses nach. Nach Einführung des Euro im Jahre 1999 ist das Kursniveau zunächst deutlich nach unten gesackt, um sich dann – innerhalb von circa 6 Jahren – fast zu verdoppeln. Erst in der zweiten Hälfte 2008 ist der Kurs wieder etwas eingebrochen. Aus rein fundamental-ökonomischer Sicht sind derart nachhaltige Verschiebungen in den Kursniveaus nicht zu rechtfertigen. Das untere Panel verdeutlicht, dass es auch auf Devisenmärkten zu starken Schwankungen kommt und dass die Volatilität einem instabilen Prozess unterworfen ist.

Agentenbasierte Finanzmarktmodelle

Laut Umfragestudien bedienen sich professionelle Finanzmarktakteure sowohl der technischen als auch der fundamentalen Kursprognose. Das Ziel der technischen Analyse besteht darin, zukünftige Kursverläufe auf Basis vergangener Kursverläufe zu prognostizieren. Da die Mehrzahl der technischen Regeln auf eine Fortführung des aktuellen Kurstrends setzt, werden zum Beispiel Verkaufssignale angezeigt, wenn Kurse fallen. Im Gegensatz dazu geht die Fundamentalanalyse davon aus, dass sich Finanzmarktpreise zumindest langfristig an ihren Fundamentaldaten

orientieren. Wird etwa ein Markt als unterbewertet eingestuft – weil der Preis unter seinem Fundamentaltwert liegt –, dann ist das für Anhänger der Fundamentalanalyse eine günstige Kaufgelegenheit.

Ein Vorteil agentenbasierter Finanzmarktmodelle besteht in der präzisen Abbildung des Verhaltens der Marktteilnehmer. Empirisches Wissen über Prognose- und Anlagestrategien kann direkt in die Modelle integriert werden. Neben einer angemessenen Beschreibung des Verhaltens individueller Agenten können ferner auch direkte Interaktionseffekte, wie zum Beispiel ein Herdenverhalten innerhalb sozialer Netzwerke (siehe Seite 12 in diesem Heft), sowie institutionelle Aspekte des Marktes realitätsnah berücksichtigt werden. Eine

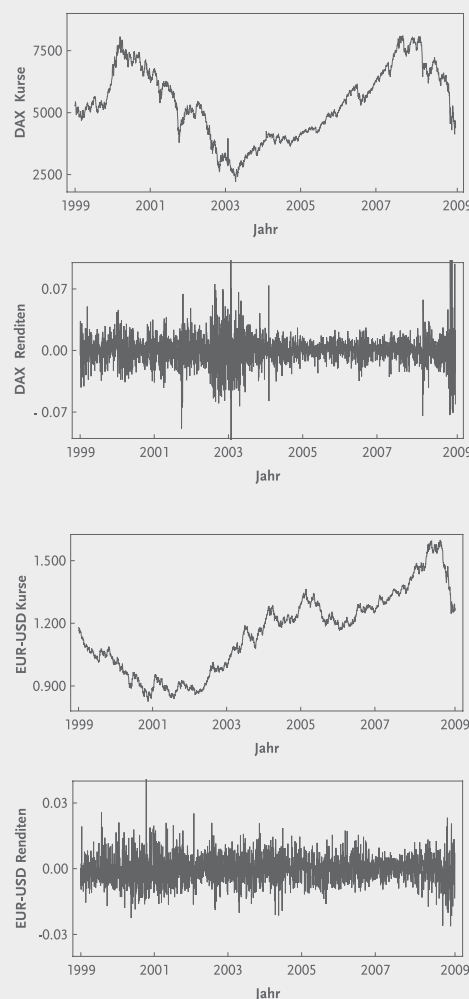


Abbildung 1:
Der Deutsche
Aktienindex

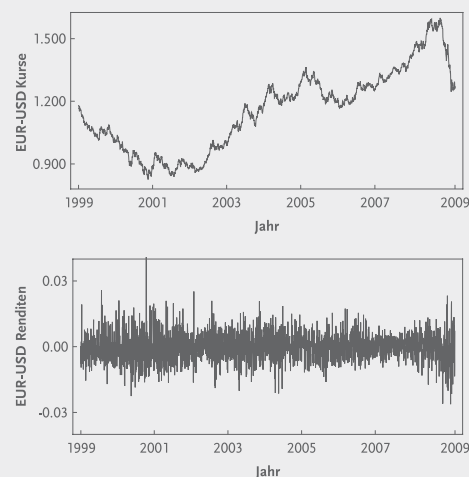
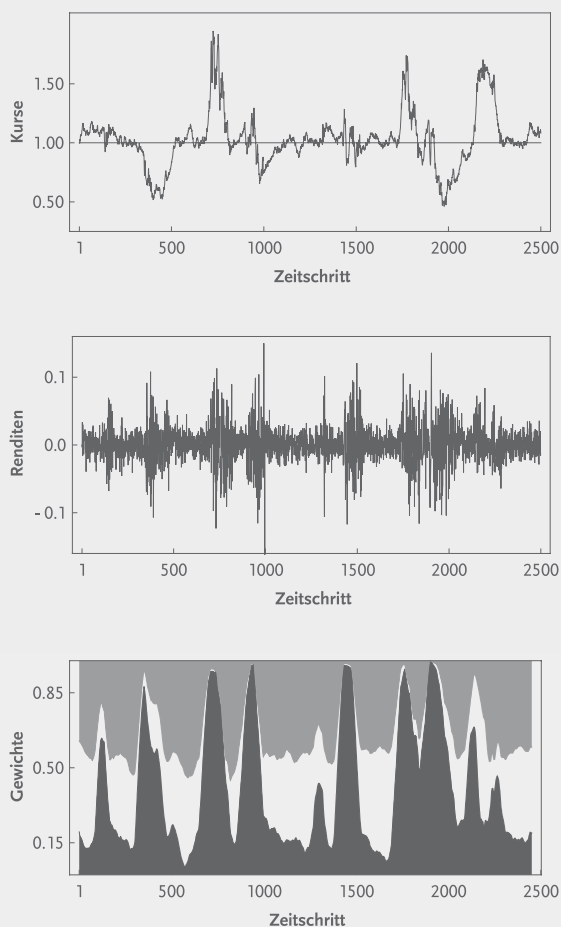


Abbildung 2:
Der Euro-Dollar-
Wechselkurs

Abbildung 3:
Eine künstliche
Zeitreihe



Analyse dieser vielschichtigen Zusammenhänge ist heutzutage aufgrund leistungsfähiger Computer problemlos möglich.

Abbildung 3 zeigt einen Simulationslauf, welcher auf Basis eines einfachen Finanzmarktmodells mit heterogenen Agenten generiert wurde. Die Struktur des Modells lässt sich vereinfacht so charakterisieren: Die Marktteilnehmer können sowohl technische als auch fundamentale Analyseinstrumente zur Kursprognose verwenden. Alternativ kann ein Marktteilnehmer inaktiv sein, also keine Transaktionen durchführen. Die Entscheidung für eine dieser drei Optionen erfolgt über ein begrenzt rationales Lernverhalten. Es wird unterstellt, dass sich die Marktteilnehmer an der Profitabilität ihrer Strategien orientieren. Sollte etwa die technische Analyse verstärkt Verluste erzielen, dann werden die Marktteilnehmer tendenziell von dieser Form der Kursprognose Abstand nehmen. Die von den Marktteilnehmern geäußerten Nachfragen führen schließlich zu Preisveränderungen:

Sollten Kaufaufträge stärker (schwächer) ausfallen als Verkaufsaufträge, steigen (fallen) die Preise.

Abbildung 3 ist so gestaltet, dass ein direkter Vergleich mit den vorherigen Abbildungen möglich ist. Das obere Panel zeigt die Kursentwicklung für 2.500 Zeitschritte, was in etwa einer Zeitspanne von 10 Jahren entspricht. Deutliche Verschiebungen im Kursniveau sind zu beobachten, obwohl in diesem Modell konstante Fundamentaldaten unterstellt werden – der Fundamentalkurs entspricht der horizontalen Linie. Das mittlere Panel zeigt die Entwicklung der Renditen. Extreme Kurssprünge sowie eine zeitvariable Volatilität treten klar hervor.

Der Markt ist keine Black-Box

Was treibt die Dynamik in diesem Modell an? Obwohl es sich hier um eine Computersimulation eines nichtlinearen dynamischen Systems handelt, haben wir es nicht mit einer undurchdringlichen ‚Black-Box‘ zu tun. Folgende Ergebnisse können abgeleitet werden: Von der technischen Analyse geht im Allgemeinen eine Trendverstärkung und damit eine Destabilisierung der Märkte aus. Wenn viele Spekulanten auf fallende Kurse wetten, dann kann die Summe der Verkaufsaufträge tatsächlich einen Kursrückgang auslösen. In diesem Zusammenhang wird auch von sich selbst erfüllenden Erwartungen gesprochen. Sollte es dazu kommen, wirft technische Analyse auch Gewinne ab. Die Marktteilnehmer reagieren darauf, indem sie nun vermehrt technische Anlagestrategien verwenden. Instabile Phasen haben somit eine innewohnende Persistenz. Die relative Bedeutung der technischen Analyse ist im unteren Panel der Abbildung 3 durch die schwarz gekennzeichnete Fläche dargestellt. Wie zu sehen ist, treten spekulative Blasen und Volatilitätsausbrüche dann auf, wenn der Markt von der technischen Analyse dominiert wird.

Die relative Bedeutung der ‚Fundamentalisten‘ ist durch die grau markierte Fläche angegeben – das Gewicht der inaktiven Händler entspricht folglich der weißen Fläche. Fundamental generierte Aufträge treiben die Kurse in Richtung der Fundamentaltwerte und sind mithin positiv für die Stabilität der Finanzmärkte. Zum Beispiel ist das Gewicht der stabilisierenden Fundamentalisten zwischen den Zeitpunkten 1.000 und 1.400 auf einem vergleichsweise

hohen Niveau. Als Ergebnis dessen sind die Kurse in dieser Phase näher an ihren Fundamentaldaten und die Volatilität ist geringer.

Insgesamt ist in Abbildung 3 ein permanenter evolutionärer Wettbewerb zwischen den verschiedenen Strategien zu konstatieren. Keine der Strategien scheidet aus dem Markt aus oder dominiert ihn auf Dauer. Es ist das Auf und Ab in der Popularität der Anlagestrategien, welches das komplexe Verhalten der Finanzmärkte bedingt. Selbst ein Markt, der für eine längere Zeit ruhig blieb, kann plötzlich durch das endogene Auftreten destabilisierender Kräfte in eine turbulente Phase übergehen. Mit Hilfe von agentenbasierten Modellen lassen sich die Bewegungen von Finanzmarktpreisen erstaunlich genau replizieren. Selbst unter Zuhilfenahme ausgeklügelter statistischer Verfahren ist es kaum möglich, eine reale Zeitreihe von einer künstlichen (simulierten) Zeitreihe zu unterscheiden. Daneben erlauben die Modelle einen interessanten Einblick in die Funktionsweise der Märkte.

Marktdesign am Beispiel von Transaktionssteuern

Aufgrund der Leistungsfähigkeit agentenbasierter Finanzmarktmodelle werden sie auch als ‚künstliche Labore‘ eingesetzt, um die institutionellen Rahmenbedingungen von Finanzmärkten zu verbessern. Abbildung 4 zeigt abschließend einen Simulationslauf, in dem die Akteure eine Spekulationssteuer in Höhe von 0,3 Prozent zahlen müssen. Der Vorschlag solch einer Steuer geht auf Keynes zurück und firmiert unter dem Stichwort „Tobin-Steuer“.

Wie unschwer zu erkennen ist, impliziert das vorliegende Modell eine stabilisierende Wirkung solch einer Marktregulierung. Sowohl die spekulativen Blasen als auch die Volatilität sind im Vergleich zu Abbildung 3 deutlich gesunken (alle anderen Modellparameter sind konstant geblieben). Das untere Panel verdeutlicht, wie es dazu kommt: Transaktionssteuern beeinflussen die Gewinne der Spekulanten und somit deren Verhalten. Insbesondere der Einfluss der destabilisierenden technischen Analyse lässt in diesem Modell nach, wohingegen die Popularität der fundamentalen Analyse halbwegs konstant bleibt.

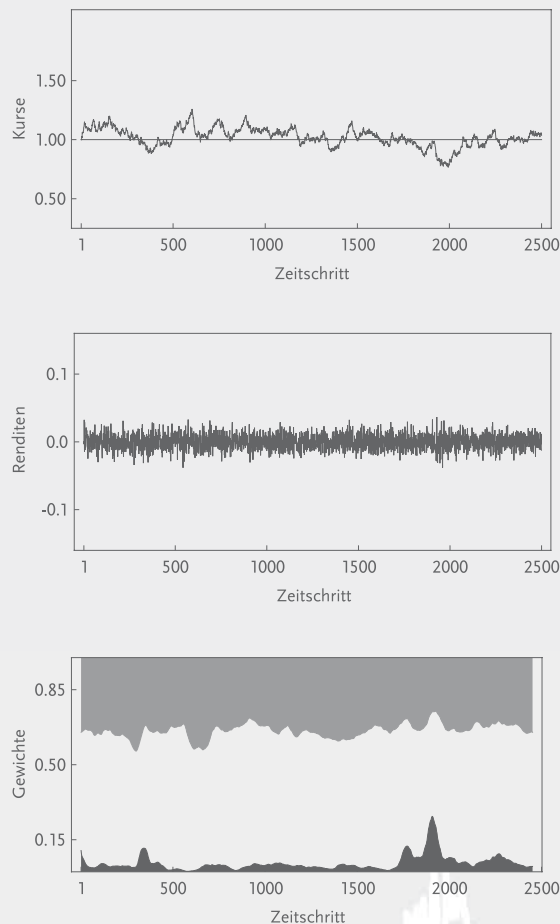


Abbildung 4:
Die Auswirkungen
einer Transaktions-
steuer

Natürlich bedarf es bezüglich der in der Öffentlichkeit kontrovers diskutierten Rolle von Transaktionssteuern weiterer Untersuchungen, aber agentenbasierte Finanzmarktmodell könnten dazu beitragen, mögliche Folgen dieses Vorschlags abzuschätzen und der Diskussion ein theoretisches Fundament geben.

Literatur

Frank Westerhoff: Exchange rate dynamics: A nonlinear survey. In: Handbook of Research on Complexity. Hrsg. von J. Barkley Rosser Jr. Cheltenham: Edward Elgar 2009.

Frank Westerhoff: The use of agent-based financial market models to test the effectiveness of regulatory policies. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 228 (2008), S. 195–227.