

„Innovative Handelssysteme für Finanzmärkte und das Computational Grid“

von

Dipl.-Kfm. Michael Grunenberg

Dr. Daniel Veit

&

Dipl.-Inform.Wirt. Björn Schnizler

Prof. Dr. Christof Weinhardt

Lehrstuhl für Informationsbetriebswirtschaftslehre, Prof. Dr. Ch. Weinhardt

Universität Karlsruhe (TH)

Englerstr. 14

D- 76131 Karlsruhe

Telefon +49 (0) 721 608 - 83 70

Telefax +49 (0) 721 608 - 83 99

e-mail: Vorname.Nachname@iw.uni-karlsruhe.de

Keywords: Kombinatorische Börsen, Grid Computing, Finance, Market Engineering

Thematische Zuordnung des Beitrages:

WK WI - Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik
im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V.

Ausgangspunkt und Motivation

Der Handel von Produktbündeln (Bundle Trading) auf Finanzmärkten kann unter anderem durch die von Markowitz entwickelte Portfolio-Selektionstheorie sowie Optionskombinationsstrategien motiviert werden. In der Praxis äußert sich dies durch die Existenz innovativer elektronischer Finanzmärkte, die erste (eingeschränkte) Funktionalitäten zum Handel von Produktbündeln anbieten¹.

Ein weiteres Anwendungsfeld für Bundle Trading ist das Computational Grid, das eine Infrastruktur für den verteilten, skalierbaren und kostengünstigen Zugriff auf heterogene Computerressourcen (Prozessor, Speicher etc.) gegen Entgelt darstellt. Aus ökonomischer Perspektive stellt sich die Frage nach einem effizienten Koordinationsmechanismus, der Ressourcenallokationen und Transaktionspreise determiniert. Kombinatorische Handelsfunktionalitäten sind hier relevant, da der Nutzen der Handelsteilnehmer häufig aus einem Bündel verschiedenartiger Computerressourcen resultiert. Im Gegensatz zu Finanzmärkten sind im Computational Grid multiattributive Handelsfunktionalitäten unerlässlich, da Qualitätsattribute (z.B. Taktung eines Prozessors) besondere Bedeutung besitzen.

Die in der Praxis etablierten Marktstrukturen ermöglichen ausschließlich die Erteilung von einzelnen, unverbundenen Einprodukt-Orders, was aufgrund des Risikos der teilweisen Nichtausführung (Exposure Risk) eine suboptimale Alternative darstellt.

Forschungsfragen und Methoden

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie kombinatorische Marktstrukturen in den Anwendungsdomänen *Finanzmarkt* und *Computational Grid* realisiert werden können (*Forschungsfrage I*). Theoretisches Fundament für die Gestaltung der Marktstrukturen stellt die Marktmikrostrukturtheorie dar; zur Bestimmung der Ressourcenallokation werden Methoden des Operations Research verwendet.

Die *Forschungsfrage II* dieses Beitrags beinhaltet die softwaretechnische Realisierung der zuvor konzipierten Marktstrukturen sowie die Evaluation des Laufzeitverhaltens. Zusätzlich werden beispielhaft für den entwickelten kombinatorischen Finanzmarkt relevante ökonomische Aspekte (z.B. Veränderung der Informationseffizienz) mit Hilfe der Methode der computerbasierten Simulation untersucht.

¹ Als Beispiel für diesen Sachverhalt kann mit der EUREX der bedeutendste europäische Derivatemarkt angeführt werden. Zum Marktmodell der EUREX vergleiche http://www.eurexchange.com/marketaccess/marketmodel/trade_types1.html.

Die Erzeugung der Handelstätigkeit basiert auf einem stochastischen Orderstrom. Ergebnis dieser Simulation stellen Transaktionsdaten dar, die mit Hilfe etablierter Evaluationskriterien der Marktmikrostrukturtheorie ausgewertet werden. Interessant ist hierbei die Identifikation statistisch signifikanter Unterschiede beim Vergleich von Bundle Trading- mit Einprodukt-Märkten *sowie* beim Vergleich verschiedenartiger Bundle Trading-Märkte.

Datengrundlage

In der computerbasierten Simulation werden die Limits der Teilnehmer mittels einer geometrisch Brownschen Bewegung² erzeugt. Die Änderung des Limits ΔS_{t+1}^i für ein Produkt i zum Zeitpunkt $t+1$ ergibt sich durch

$$\Delta S_{t+1}^i = 0,07 \cdot S_t^i \cdot 0,004 + S_t^i \cdot 0,3 \cdot \varepsilon_{t+1}^i \cdot \sqrt{0,004},$$

wobei S_t^i den Kurswert des Produkts i zum Zeitpunkt t und ε_{t+1}^i eine standardnormalverteilte Zufallsvariable darstellt.

Auf dem simulierten Markt sind 5 Produkte handelbar, wobei jedes durch einen unabhängigen, stochastischen Prozess repräsentiert wird. Die Volumina sowie die Marktseite der Aufträge werden auf Basis standardnormal- bzw. gleichverteilter Zufallsvariablen ermittelt. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 30% werden in jedem Simulationsschritt 2-4 der Einprodukt-Orders zu einer Bundle-Order aggregiert. Die Limits ergeben sich dabei additiv; d.h. Volumina und Marktseite entsprechen den zuvor generierten Einprodukt-Orders. Zur Erzeugung der Handelstätigkeit des Einprodukt-Markts unterbleibt die Aggregation.

Ziel der Simulation ist es, unterschiedliche Mikrostrukturen in Hinblick auf die Evaluationskriterien *Volatilität* und *Vermögensverteilung* zu analysieren. Zur Volatilitätsmessung wird mit der (geschätzten) annualisierten Standardabweichung der logarithmierten Renditen ein Standardkonzept aus der empirischen Kapitalmarktforschung verwendet. Die Vermögensverteilung der Händler ist analog zum Konzept der Konsumentenrente durch den Absolutbetrag der Differenz aus Limit und Transaktionspreis gegeben.

² Der Drift beträgt 7% und die Volatilität entspricht 30%. Jede der 20 Simulationsrunden besteht aus 250 Simulationsschritten ($\Delta t = 1/250$).

Wesentliche Ergebnisse und neue Erkenntnisse

Die folgenden Ausführungen zur Beantwortung der *Forschungsfrage 1* beschränken sich auf die Darstellung der *beiden* Abschlussphasen (Zusammenführung der Transaktionswünsche), die durch folgende gemischt ganzzahlige Optimierungsprobleme realisiert werden:

Kombinatorischer Finanzmarkt ³	Multiattributiver kombinatorischer Gridmarkt ⁴
$\max \sum_{j=1}^k p_j \cdot x_j, \quad p_j \in \mathbb{R} \quad (1)$	$\max \sum_{n \in N} \sum_{S \in B} v_n(S) x_n(S) - \sum_{n \in N} \sum_{m \in M} \sum_{S \in B} r_m(S) y_{m,n}(S) \quad (1')$
$s.t. \sum_{j=1}^k S_{ij} \cdot x_j = 0, \quad i = \{1, 2, \dots, u\} \quad (2)$	$s.t. \sum_{S \in B} x_n(S) \leq 1, \forall n \in N \quad (2')$
$x_j \leq x_j^{\max}, \quad x_j \in \mathbb{N}^0 \quad (3)$	$\sum_{n \in N} y_{m,n}(S) \leq 1, \forall m \in M, \forall S \in B \quad (3')$
	$\sum_{S \ni g} x_n(S) q_n(S, g, a) \leq \sum_{m \in M} \sum_{S \in B} y_{m,n}(S) q_m(S, g, a) \quad (4')$

Als Zielfunktion des Modells des kombinatorischen Finanzmarkts wird die Differenz der reellwertigen Orderlimits p_j bezogen auf das kleinste, vollständig ganzzahlige Verhältnis der Volumina der einzelnen Bestandteile der im Markt befindlichen Aufträge verwendet. Zu bestimmen ist die Zuteilung (Werte von x_j), welche die kumulierten Bieterrenten und damit die Gesamtwohlfahrt maximiert (1). Als Nebenbedingung muss eine Markträumung der einzelnen Finanzprodukte i realisiert werden (2).

Durch die Zielfunktion (1') des multiattributiven kombinatorischen Gridmarkts wird die Gesamtwohlfahrt, ausgedrückt durch die Differenz der Wertschätzungen ($v(S)$) der Käufer und der Reservationspreise ($r(S)$) der Verkäufer, maximiert. Durch die Nebenbedingungen wird sichergestellt, dass jedem Teilnehmer maximal ein Bündel S zugeteilt wird (2') und dass kein Verkäufer mehr als seine vorhandenen Ressourcen zuteilt (3'). Bedingung (4') garantiert, dass einem Käufer mindestens die gewünschten Ausprägungen der Qualitätsattribute ($q(S, g, a)$) zugeteilt werden. Die Binärvariable $x_n(S)$ nimmt den Wert 1 an, falls das Bündel S dem Käufer n zugeteilt wird. Die reellwertige Variable $y_{m,n}(S)$ repräsentiert die prozentuale Zuteilung von Verkäufer m an Käufer n .

³ Zu diesem Modell vgl. [GrVe04].

⁴ Das Zuteilungsmodell des multiattributiven kombinatorischen Gridmarkts stellt eine vereinfachte Form des Originalmodells aus [ScNe04] dar, welches zusätzlich Zeitattribute mit einbezieht. Ungleichung (4') muss hierbei für alle Käufer, Güter und deren Attribute gelten. Die Belegung der Entscheidungsvariablen ist durch $x_n(S) \in \{0, 1\}$ und $y_{m,n}(S) \geq 0$ determiniert.

In Bezug auf die technische Realisierung (*Forschungsfrage II*) stellt die standardisierte Optimierungsoftware CPLEX, welche die Lösungen der Operations Research Modelle bestimmt, eine zentrale Komponente dar. CPLEX wurde in die Prototypen *meet2trade* und *Grid-Auction-Simulator* integriert, die in Abbildung 1 exemplarisch dargestellt sind:

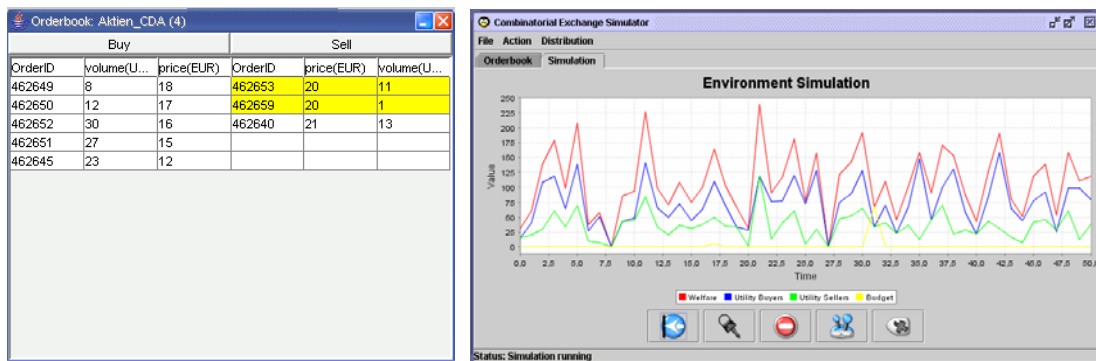


Abbildung 1: *meet2trade* und *Grid-Auction-Simulator*

Abbildung 2 stellt die Laufzeitanalysen beider Zuteilungsmodelle dar. Es zeigt sich, dass die kombinatorische Multiattributivität zu einer deutlich höheren Komplexität führt. Während in Bezug auf den kombinatorischen Finanzmarkt keine technologischen Einschränkungen zu beobachten sind, kann im Fall des multiattributiven kombinatorischen Gridmarkts der Einsatz von Heuristiken zu einer Verringerung der Komplexität führen.

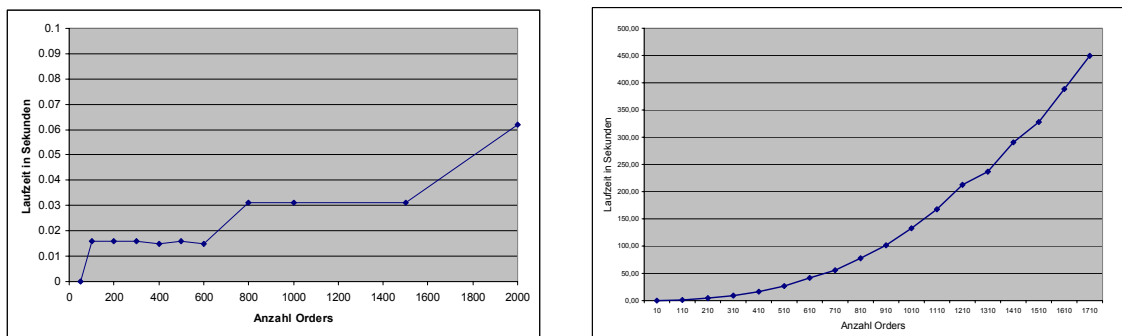


Abbildung 2: Laufzeitverhalten – Kombinatorischer Finanzmarkt versus multiattributiver kombinatorischer Gridmarkt

Abbildung 3 stellt die *Volatilität* sowie die *Bieterrenten* der Bundle-Händler in Abhängigkeit unterschiedlicher Preisfindungsverfahren dar (*ebenfalls Forschungsfrage II*):

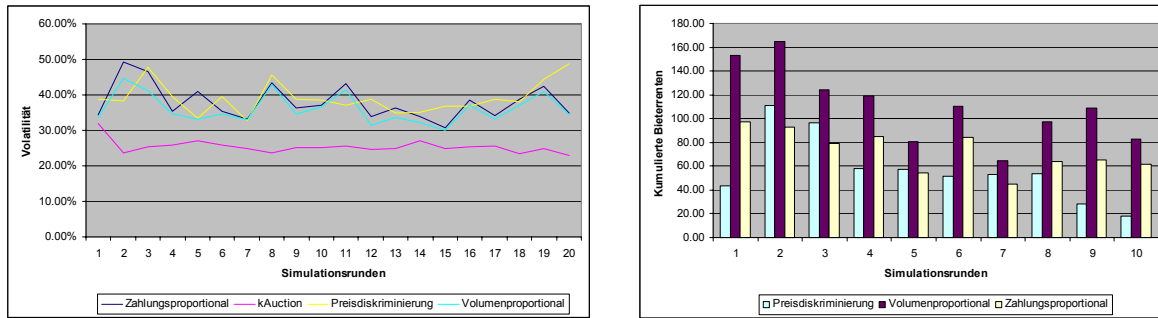


Abbildung 3: Volatilität und Bieterrenten des kombinatorischen Finanzmarkts

Die Marktstruktur *kAuction* repräsentiert einen gewöhnlichen Einprodukt-Markt. Im Fall der *Preisdiskriminierung* wird die zur Verfügung stehende Wohlfahrt⁵ vollständig der eintreffenden Order zugeteilt. Alternativ hierzu wird eine *zahlungsproportionale* sowie *volumenproportionale Wohlfahrtsverteilung* realisiert. Die Handelsfrequenz ist kontinuierlich, d.h. jede eintreffende Order kann eine Ausführung ergeben.

Aufgrund der Eliminierung des Exposure Risk wird ein starker Wohlfahrtsgewinn realisiert, da unter anderem superadditive Wertschätzungen expliziert werden können. Andererseits zeigt es sich, dass in einem kombinatorischen Finanzmarkt ein starker Anstieg der Volatilität zu beobachten ist. Dies ist ein zuverlässiger Indikator für Fehlbewertungen (Verschlechterung der Informationseffizienz). Gleichzeitig variieren die Bieterrenten der Gruppe der Bundle-Händler stark in Abhängigkeit der verwendeten Preisfindungsverfahren. Bundle-Händler besitzen eine hoch signifikante Präferenz (t-Test, p-Wert < 0,01%) für das Marktmodell *Volumenproportional*.

Auf Basis der Ergebnisse dieses Beitrags ist dem Handel von Produktbündeln in den Domänen Finance und Computational Grid hohes Potenzial beizumessen.

⁵ Die Wohlfahrt jeder Allokation ist durch den Zielfunktionswert [Gleichung 1] gegeben.

Bibliographie

[GrVe04] Grunenberg, M.; Veit, D.; Weinhardt, C.: Elektronische Finanzmärkte und Bundle Trading, in: Tagungsband der 66. wissenschaftlichen Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, Graz, 2004, S. 310 - 313

[ScNe04] Schnizler, B.; Neumann, D.; Weinhardt, C.: Resource Allocation in Computational Grids - A Market Engineering Approach, erscheint in: Proceedings of the WeB 2004, Washington, 2004