



# **Die Zukunft des Computerhandels an den Finanzmärkten**

## **Arbeitspapier**

Foresight, Government Office for Science

Dieses Arbeitspapier wurde im Rahmen des Foresight-Projekts der britischen Regierung über die Zukunft des Computerhandels an den Finanzmärkten in Auftrag gegeben.

Die darin dargestellten Ansichten sind nicht diejenigen der britischen Regierung und stellen nicht ihre Regierungspolitik dar.

## Einführung von Professor Sir John Beddington

Der computergestützte Handel hat die Arbeitsweise unserer Finanzmärkte umgewandelt. Das Volumen der Finanzprodukte, die im automatisierten Computerhandel mit hoher Geschwindigkeit und geringer menschlicher Mitwirkung gehandelt werden, hat sich in den letzten paar Jahren dramatisch erhöht. So wird heute beispielsweise ein Drittel des Handelsvolumens im britischen Aktienhandel über den automatisierten Hochfrequenz-Computerhandel erzeugt, während diese Zahl in den USA näher an der Marke von drei Vierteln liegt.

Obwohl die Vorherrschaft des computergestützten Handels nicht bestritten wird, gibt es unterschiedliche Ansichten über die Risiken und die Vorteile, die er heute mit sich bringt, und die Frage, wie sich diese zukünftig entwickeln könnten. Es ist von entscheidender Bedeutung, ein besseres Verständnis zu diesen Themen zu gewinnen, da sie die Gesundheit der Finanzdienstleistungsbranche und der von ihr bedienten weiteren Wirtschaftskreise beeinflussen. Die zunehmend schnellen Veränderungen an den Finanzmärkten bedeuten, dass für die Einführung eines regulierenden rechtlichen Rahmens Weitsicht unerlässlich ist. Ein Hauptziel dieses Foresight-Projekts, das von einer Gruppe führender Experten geleitet wurde, war deshalb, sich auf die besten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus aller Welt zu stützen, um einen unabhängigen Standpunkt zu diesen Problemen zu gewinnen.

Die drei hier vorgestellten Arbeitspapiere besprechen die nach dem Projektauftrag unmittelbar gewonnenen Erkenntnisse sowie die weitere Beweisgrundlage. Führende Experten aus mehr als 20 Ländern waren an der Abfassung und Begutachtung dieses Materials beteiligt. Das erste Arbeitspapier betrachtet die Auswirkungen des Computerhandels auf die Finanzstabilität. Es prüft die Belege zu dessen Auswirkungen aus der Vergangenheit und betrachtet mögliche zukünftige Risiken. Demgegenüber befasst sich das zweite Papier mit den Vorteilen, die der Computerhandel für die Liquidität, die Preiseffizienz und die Transaktionskosten gebracht hat. Zusammengenommen zeichnen diese beiden Arbeitspapiere ein Bild von den Risiken wie auch von den Vorteilen, und aus diesem Grund sollte keines der Papiere isoliert betrachtet werden. Das dritte Papier konzentriert sich auf die Technologie.

Es ist wichtig festzuhalten, dass die hier dokumentierten Ergebnisse die unabhängigen Ansichten von Wissenschaftlern darstellen. Insbesondere gibt dieses Arbeitspapier weder die Position des Vereinigten Königreichs oder irgendeiner anderen Regierung wieder, noch versucht es, die Interessen irgendeines Teils der Finanzdienstleistungsbranche zu fördern. Obwohl diese Arbeitspapiere nicht als das letzte Wort zu den darin behandelten Themen präsentiert werden, hoffe ich dennoch, dass sie einen wesentlichen Beitrag zur aktuellen Diskussion leisten können. Auf dieser Grundlage ist es mir eine große Freude, sie allgemein zugänglich zu machen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'John Beddington'.

Professor Sir John Beddington CMG, FRS  
Leitender wissenschaftlicher Berater der britischen Regierung (Chief  
Scientific Adviser to HM Government) und  
Leiter des Government Office for Science

## **Führende Expertengruppe zur Leitung dieses Projekts**

Dame Clara Furse DBE – Nicht-geschäftsführende Direktorin, Nomura

Andy Haldane – Geschäftsführender Direktor für Finanzstabilität bei der Bank of England

Professor Charles Goodhart – Professor für Finanzwissenschaften, London School of Economics

Professor Dave Cliff – Professor für Computerwissenschaften, University of Bristol

Dr. Jean-Pierre Zigrand – Dozent für Finanzwissenschaften, London School of Economics

Kevin Houston – Verwaltungsratsvorsitzender, Rapid Addition; Co-Vorsitzender, Globales Technisches Komitee, FIX Protocol Limited

Professor Oliver Linton – Leiter Politische Ökonomie, Cambridge University

Professor Philip Bond – Zentrum für industrielle und angewandte Mathematik, Oxford

## **Foresight-Projektteam**

Sandy Thomas (Leiterin von Foresight)

Derek Flynn (Stellvertretender Leiter von Foresight)

Lucas Pedace (Projektleiter)

Luke Ryder (Projektmanager)

Chris Griffin (Projektmanager)

Piers Davenport (Sachbearbeiter)

Yasmin Hossain (Forschungsbeauftragte)

Isabel Hacche (Praktikantin)

**Für weitere Informationen zum Projekt besuchen Sie bitte die Website:**

<http://www.bis.gov.uk/foresight/our-work/projects/current-projects/computer-trading>

# Inhalt

<b>Die Zukunft des Computerhandels an den Finanzmärkten .....</b>	<b>1</b>
Einführung von Professor Sir John Beddington.....	2
Führende Expertengruppe zur Leitung dieses Projekts .....	4
Foresight-Projektteam .....	4
Für weitere Informationen zum Projekt besuchen Sie bitte die Website: .....	4
<b>Papier I: Finanzstabilität und computergestützter Handel .....</b>	<b>7</b>
<b>Wesentliche Ergebnisse .....</b>	<b>8</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>9</b>
1. Einführung .....	10
2. Wie hat der computergestützte Handel die Finanzstabilität in der Vergangenheit beeinträchtigt? .....	11
3. Wie beeinträchtigt der computergestützte Handel die Finanzstabilität? .....	15
3.1 Mechanismen der Instabilität.....	15
3.2 Zusammenwirken von Mechanismen .....	23
3.3 Soziotechnische Faktoren: Normalisierung der Abweichung .....	25
4. Wie kann der computergestützte Handel die Finanzstabilität in der Zukunft beeinträchtigen? .....	28
5. Schlussbemerkung .....	31
<b>Papier 2: Die Auswirkungen des Computerhandels auf Liquidität, Preiseffizienz/Preisbildung und Transaktionskosten.....</b>	<b>33</b>
<b>Wesentliche Ergebnisse .....</b>	<b>34</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>35</b>
1. Einführung .....	36
2. Die Auswirkungen des Computerhandels auf Liquidität, Transaktionskosten und Preiseffizienz .....	37

3. Vergangenheit: Welche Auswirkungen hat der Computerhandel in den vergangenen Jahren auf die Marktqualität gehabt? .....	40
3.1 Liquidität .....	40
3.2 Transaktionskosten .....	44
3.3 Preiseffizienz .....	45
4. Gegenwart: Welche Auswirkungen hat der Computerhandel für die gegenwärtige Marktqualität? .....	47
5. Zukunft: Wie wird sich der Einfluss des Computerhandels auf die Liquidität voraussichtlich in den nächsten 10 Jahren entwickeln?.....	49
6. Schlussbemerkung .....	51
<b>Papier 3: Die Auswirkungen technischer Entwicklungen.....</b>	<b>53</b>
<b>Wesentliche Ergebnisse .....</b>	<b>54</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>55</b>
1. Einführung .....	56
2. Wie hat sich die Finanzmarkttechnologie entwickelt? .....	57
3. Welches sind die wichtigen aktuellen technischen Entwicklungen?.....	61
3.1 Automatische Analyse von Marktnachrichten und Marktstimmungen .....	62
3.2 Untersuchung der Interaktionen zwischen menschlichen und algorithmischen Handelssystemen .....	64
3.3 Von der Gegenwart zur Zukunft .....	66
4. Wahrscheinliche technische Fortschritte in den nächsten 10 Jahren.....	66
4.1 Cloud Computing.....	67
4.2 Kundenspezifisches Silikon.....	67
4.3 Computergenerierte Handelsalgorithmen, die sich anpassen und lernen.....	69
5. Schlussbemerkung .....	69
<b>Glossar .....</b>	<b>71</b>

# **Papier I: Finanzstabilität und computergestützter Handel**

Jean-Pierre Zigrand, London School of Economics,

Dave Cliff, University of Bristol,

Terrence Hendershott, University of California, Berkeley.

# Wesentliche Ergebnisse

Die Wirtschaftsforschung hat uns bislang noch keinen direkten Beweis dafür geliefert, dass der computergestützte Handel mit hoher Frequenz die Volatilität erhöht hat.

Allerdings kann, unter besonderen Umständen, ein wichtiger Typ eines Mechanismus zu einer beträchtlichen Instabilität an Finanzmärkten mit computergestütztem Handel führen: sich selbst verstärkende Rückkopplungsschleifen (die Wirkungen einer kleinen Veränderung erzeugen eine Rückkopplung auf sich selbst und lösen eine größere Veränderung aus, die wiederum eine Rückkopplung auslöst usw.) in gut gemeinten Steuerungs- und Kontrollprozessen können die internen Risiken verstärken und zu unerwünschten Interaktionen und Ergebnissen führen.

Die Rückkopplungsschleifen können Risikomanagementsysteme einbeziehen und durch Veränderungen im Marktvolumen oder bei der Volatilität, durch Marktnachrichten und durch Verzögerungen bei der Verbreitung von Referenzdaten ausgelöst werden.

Ein zweiter Grund für die Instabilität ist sozialer Art: ein Prozess, der als *Normalisierung der Abweichung* bekannt ist und bei dem unerwartete und riskante Ereignisse als immer alltäglicher angesehen werden (z. B. extrem schnelle Crashes), bis eine Katastrophe eintritt.

# Kurzfassung

Dieses Papier betrachtet die Ergebnisse der Dokumente zur „Prüfung der Antriebsfaktoren“, die vom Foresight-Projekt in Auftrag gegeben wurden, sowie andere aktuelle Literatur, in der die Auswirkungen des computergestützten Handels auf die Stabilität der Finanzmärkte sowohl für die Gegenwart als auch für die Zukunft erforscht werden.

Wir konzentrieren uns hier auf die Stabilität als einen primären Faktor, der Einfluss auf das Vertrauen in die Kapitalmärkte nimmt, unter Einbeziehung ihrer Funktion zur Wertaufbewahrung oder als Kreditbeschaffungsinstrument. Veränderungen und Fluktuationen sind bei den Marktwerten stets zu erwarten. Wenn jedoch eine Veränderung ausreichend groß oder unerwartet ist, dass sie den Spar- und Anlageprozess grundlegend beeinträchtigt und das Vertrauen aushöhlt, kann diese Veränderung als ein für die Finanzstabilität relevantes Ereignis betrachtet werden.

So hat beispielsweise, obwohl es sich lediglich um ein Ereignis handelte, das sich im Verlauf eines einzigen Handelstages vollzog, der „Flash Crash“ vom 6. Mai 2010 (bei dem der US-Aktienmarkt innerhalb von 5 Minuten um 600 Punkte einbrach, Werte in Höhe von rund USD 800 Mrd. vernichtet wurden und dann im Anschluss innerhalb von 30 Minuten die gesamten Verluste nahezu vollständig wieder aufgeholt wurden) dazu beigetragen, das Vertrauen in die Aktienmärkte so stark zu untergraben, dass in den USA anschließend noch mehrere Monate lang Mittelabflüsse bei den Anlagefonds für Privatkunden zu verzeichnen waren.

Wir erkennen drei hauptsächliche Mechanismen, die zur Instabilität führen können, wenn an den Finanzmärkten ein bedeutender Anteil der Geschäfte über den Computerhandel abgewickelt wird: nichtlineare Empfindlichkeit bei Veränderungen (wenn kleine Veränderungen sehr starke Effekte hervorrufen können), unvollständige Informationen (wenn einige Akteure im Markt über ein größeres oder exakteres Wissen verfügen als andere) und interne „endogene“ Risiken, die auf Rückkopplungsschleifen innerhalb des Systems basieren.

Zu den internen Ursachen- und Wirkungsketten, die für endogene Risiken in den Märkten mit computergestütztem Handel von zentraler Bedeutung sind, gehören positive Rückkopplungsschleifen, die schädliche Interaktionen zwischen den verschiedenen Aspekten der gut gemeinten Steuerungs- und Kontrollprozesse ausweiten und automatisch verstärken können.

Die Rückkopplungsschleifen können durch die Risikomanagementsysteme sogar noch verschlimmert werden und durch Veränderungen im Marktvolumen oder bei der Volatilität, durch Marktnachrichten und durch Verzögerungen bei der Verbreitung von Referenzdaten angetrieben werden.

Ein vierter Grund für die Instabilität ist sozialer Art: ein Prozess, der als *Normalisierung der Abweichung* bekannt ist und bei dem unerwartete und

riskante Ereignisse als immer alltäglicher angesehen werden, bis eine Katastrophe eintritt.

Schließlich bestimmt in einer Welt, in der sich der Handel und die Preisbildung an vielen Standorten vollzieht, die durch computergestützte Handelssysteme miteinander verbunden sind, die Netzwerkstruktur über die Stabilität und den Fluss der Informationen und der Handelsvorgänge und ist damit ein wichtiger Faktor für die Bestimmung der Systemstabilität insgesamt.

Zu den neuartigen Aspekten der Dynamik der Märkte mit bedeutender Beteiligung von computergestützten Hochfrequenzhändlern gehören folgende: (a) Die Interaktionen finden mit einer Geschwindigkeit statt, bei der sie durch menschliches Eingreifen nicht unterbunden werden können – es wurde eine wichtige Geschwindigkeitsgrenze durchbrochen; (b) angesichts dessen ist der computergestützte (und dadurch mechanische) Handel fast obligatorisch, mit allen systemweiten Unsicherheiten, die dadurch bedingt sind; (c) Informationsasymmetrien werden dann akuter als in der Vergangenheit (und unterscheiden sich ihrer Art nach); und (d) die Quelle für die Liquiditätsbeschaffung hat sich geändert, hin zum computergestützten Handel und Hochfrequenzhandel, was Auswirkungen für ihre Stabilität in Stresssituationen hat.

## **I. Einführung**

Wir verwenden eine weite Auslegung des Begriffs des computergestützten Handels (engl.: Computer Based Trading, CBT). Eine nützliche Klassifizierung des computergestützten Handels wurde im Dokument DR5<sup>1</sup> vorgeschlagen, in dem drei charakteristische Eigenschaften bezeichnet sind, die für die Klassifizierung von computergestützten Handelssystemen verwendet werden können. Erstens können computergestützte Handelssysteme auf Vermittlungsbasis handeln (d. h. sie versuchen, die bestmögliche Ausführung der Handelsgeschäfte für Rechnung ihrer Kunden zu erreichen) oder auf der Basis von Eigengeschäften (d. h. die Handelnden setzen ihr eigenes Kapital ein); zweitens können die computergestützten Handelssysteme liquiditätsverbrauchende (aggressive) oder liquiditäts anbietende (passive) Handelsstile anwenden; und drittens können sie danach klassifiziert werden, ob sie sich im uninformierten oder im informierten Handel engagieren. Die gegenwärtige öffentliche Diskussion dreht sich sehr um die Klasse der aggressiven „räuberischen Algorithmen“, besonders um solche, die mit hoher Geschwindigkeit und hoher Frequenz handeln. Weil die meisten Finanzinstitute, die computergestützte Handelssysteme betreiben, nicht exakt in nur eine einzige der oben genannten Kategorien eingeordnet werden können, ist es ergiebiger, über

---

<sup>1</sup> In diesem Dokument bezieht sich DR auf die Studien zur Prüfung der Antriebsfaktoren (engl.: driver review), die von der führenden Expertengruppe in Auftrag gegeben wurden. Sie sind auf der Projekt-Webseite zu finden:

<http://bis.gov.uk/foresight/our-work/projects/current-projects/computer-trading>

die computergestützten Handelssysteme, die Algorithmen, die sie direkt anwenden, und die Frequenz, mit der sie handeln, nachzudenken, als Überlegungen über das Verhalten eines bestimmten namentlich bezeichneten Finanz- oder Handelsunternehmens, wie etwa einer bestimmten Investmentbank oder einer Fondsverwaltungsgesellschaft, anzustellen. Aus demselben Grund werden wir uns in der folgenden Diskussion nicht besonders auf eine bestimmte Anlageklasse (wie Aktien, Devisen, Rohstoffe oder Staatsanleihen) konzentrieren, sondern wir werden vielmehr die aus dem computergestützten Handel hervorgehenden Kräfte verdeutlichen, die wahrscheinlich die zukünftigen Stabilitätsprobleme prägen werden. In diesem Bericht fassen wir die intuitive Erkenntnis hinter einigen der wirtschaftlich plausibleren Risikofaktoren des computergestützten Handels zusammen: Diese „Risikofaktoren“ können am besten dahingehend betrachtet werden, dass sie die logische Grundlage für mögliche Zukunftsszenarien zur Stabilität der Finanzmärkte bilden.

## **2. Wie hat der computergestützte Handel die Finanzstabilität in der Vergangenheit beeinträchtigt?**

Die Existenzberechtigung der Finanzmärkte besteht darin, eine Vielzahl individueller Entscheidungen zu verbinden und eine effiziente Verteilung von Ressourcen in den Primärmärkten und den Sekundärmärkten<sup>2</sup> durch zeitgerechte und verlässliche Ernte der beiderseitigen Gewinne aus dem Handel zu ermöglichen, sowie den Anlegern die Diversifizierung ihrer gehaltenen Beteiligungen zu erlauben. Wie bei vielen anderen Aspekten des modernen Lebens auch, erlauben es die Innovationen in der Technik und bei den Finanzen, dass sich wiederholende und numerisch intensive Aufgaben zunehmend automatisiert und auf Computer übertragen werden. Die Automatisierung und die daraus folgenden Gewinne an Effizienz und Zeit können Vorteile mit sich bringen, aber auch soziale Kosten verursachen. Dieses Arbeitspapier konzentriert sich allein auf die möglichen Auswirkungen des computergestützten Handels auf die Finanzstabilität, insbesondere auf die Risiken einer Instabilität. Dies sollte sicherlich nicht so verstanden werden, dass der computergestützte Handel sozial schädlich ist oder nur Verlustrisiken und Kosten birgt. Die Hoffnung besteht vielmehr darin, dass die Urheber und die Nutzer von computergesteuerten Handelssystemen, wie auch die aufsichtsführenden Stellen durch ein besseres Verständnis der Risikofaktoren des computergesteuerten Handels für die Finanzstabilität in der Lage sein werden, die Risiken zu bewältigen und die Vorteile des computergestützten Handels zum Vorschein zu bringen, während zugleich die sozialen Kosten reduziert werden.

---

<sup>2</sup> Wenn ein Unternehmen Aktien zur Kapitalerhöhung emittiert, ist der Primärmarkt tätig. Wenn die Aktien dann anschließend unter den Anlegern und Spekulanten gehandelt werden, tritt der Sekundärmarkt in Aktion.

Die in diesem Papier dargestellten Ergebnisse können auf jede beliebige Marktstruktur Anwendung finden; wir denken jedoch, dass sie besonders für die fortlaufenden Auktionen der Art relevant sind, die an den meisten großen Finanzmärkten weltweit über die Bildschirme der Händler laufen. Der Grund ist, dass selbst wenn das tägliche Volumen groß ist, das von einer Sekunde auf die andere abgewickelte Volumen es möglicherweise nicht ist. Beispielsweise entspricht selbst einem durchschnittlichen täglichen Umsatz von mehr als USD 4 Billionen im Devisenmarkt für größere Währungspaare wie Euro/US-Dollar nur ein Sekundenvolumen von USD 2,7 Mio. Selbst in einem solch riesigen Markt kann ein ausreichend großer Auftrag vorübergehend die Preise beeinflussen, je nachdem, wie viele Order zum gegebenen Zeitpunkt im Markt sind (die „Tiefe“ des Marktes).

Die Preisvolatilität ist ein grundlegender Maßstab, der für die Charakterisierung der Finanzmarktstabilität nützlich ist (stark volatile Kurse sind ein Indikator für Instabilitäten im Markt)<sup>3</sup>. Im Dokument DR1 stellen Linton und Atak fest, dass seit den Turbulenzen von 2008/2009 die fundamentale Liquidität an den britischen Aktienmärkten abgenommen hat und das Handelsvolumen sich langsam wieder erholt hat. Wenn der Hochfrequenzhandel zur Volatilität beiträgt, so argumentieren Linton und Atak, müsste erwartet werden, dass sich das Größenverhältnis der Intraday-Volatilität zur Overnight-Volatilität erhöht hätte, als der Hochfrequenzhandel üblich geworden ist; jedoch finden Linton und Atak keine Nachweise, die diese Hypothese stützen. Sie merken an, dass die Häufigkeit von großen Intraday-Kursbewegungen während des Krisenzeitraums hoch war, aber seit Ende 2009 auf normale Stände abgesunken ist.

Computergesteuerter Handel und Hochfrequenzhandel sind relativ neue Phänomene, so dass die empirische Literatur zur Untersuchung ihrer Funktion noch im Entstehen begriffen ist. Die Forschung liefert bislang keinen direkten Beweis dafür, dass der Hochfrequenzhandel die Volatilität erhöht hat.<sup>4</sup> Bedeutende Herausforderungen bei der Bewertung des Hochfrequenzhandels sind, dass ein Großteil seines Zuwachses mit den Turbulenzen von 2008/2009 zusammenfällt und dass ein Mangel an Daten zur vollständigen Charakterisierung des Hochfrequenzhandels besteht.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Die Stabilität kann von der Volatilität abweichen, wenn ein deutlich stärkeres Gewicht auf größere, seltenere Preisveränderungen gelegt wird.

<sup>4</sup> Siehe DR 12, Brogaard, J. (2011), High Frequency Trading and Its Impact on Market Quality (dt.: Hochfrequenzhandel und seine Auswirkungen auf die Marktqualität), <http://ssrn.com/abstract=1641387>; Chaboud, A., Chiquoine, B., Hjalmarsson, E. & Vega, C. (2009), Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market (dt.: Aufstieg der Maschinen: Algorithmischer Handel am Devisenmarkt), <http://ssrn.com/abstract=1501135>, & Hasbrouck, J. & Saar, G. (2011), Low-Latency Trading, Working paper (dt.: Handel mit niedrigen Latenzzeiten, Arbeitspapier), Cornell University

<sup>5</sup> Jovanovic, B. & Menkveld, A. (2011) Middlemen in Limit-Order Markets (dt.: Zwischenhändler in Limit-Order-Märkten), <http://ssrn.com/abstract=1501135>, haben einen Vergleich der Volatilität niederländischer und belgischer Aktien vor und nach Eintritt eines Hochfrequenzhandels-Unternehmens bei den niederländischen Aktien angestellt und kommen zum Ergebnis, dass die relative Volatilität niederländischer Aktien leicht zurückgeht.

Indirekte Studien zum computergestützten Handel und zum Hochfrequenzhandel bieten interessante Belege, die die Wichtigkeit weiterer Studien mit besseren Daten unterstreichen. Sie sind allerdings Gegenstand unterschiedlicher Interpretationen.<sup>6</sup>

Es hat etwas klischeehaftes zu sagen, dass der computergestützte Handel zu „Schwarzer-Schwan“-Ereignissen führen kann, d. h. zu Ereignissen, die extrem selten sind, die jedoch, wenn sie eintreten, größte Konsequenzen haben. Selbstverständlich ist eine stärker computerisierte Welt verletzbarer gegenüber bestimmten Arten von Katastrophenereignissen, wie Stromausfällen, größeren Sonnenstrahlungen, Cyber-Angriffen und Ausfällen von Server-Computern; jedes oder mehrere dieser Ereignisse könnten im Prinzip zu systemweiten Ausfällen führen.

Soweit die Finanzstabilität betroffen ist, haben jedoch die interessanteren und bedeutenderen Aspekte mit der allgemeinen *nichtlinearen Dynamik* des Finanzsystems zu tun. Einfach gesagt, ist die Dynamik eines Systems (wie es sich über die Zeit verändert) nichtlinear, wenn eine vorgegebene Änderung einer Variablen, entweder zu einer kleinen Änderung bei einer anderen Variablen oder zu einer großen Änderung bei dieser anderen Variable führt, abhängig vom aktuellen Niveau dieser ersten Variablen. Nichtlineare Systeme können manchmal sehr große Änderungen in ihrem Verhalten aufgrund von sehr geringen Modifizierungen der Schlüsselparameter oder Variablen zeigen, und in manchen Fällen handelt es sich um „komplexe“ Systeme, für die die Vorhersage eines langfristigen Verhaltens unmöglich ist, weil ein Beobachter niemals mit hinreichender Genauigkeit die relevanten grundlegenden Werte kennen kann. Weil sich die wirtschaftlichen Systeme aus „Handelnden“ (Einzelpersonen, Unternehmen, Ordnungsbehörden usw.) zusammensetzen, die in verschiedener Weise interagieren, kann außerdem die besondere Struktur des Interaktionsnetzwerks ebenfalls ganz beträchtliche Auswirkungen auf die Dynamik des Systems haben.<sup>7</sup> Gegenwärtig steckt die wissenschaftliche Literatur über die komplexe nichtlineare Dynamik von vernetzten Systemen (im Vergleich zu anderen Feldern) noch in den Kinderschuhen, was konkrete

---

<sup>6</sup> Beispielsweise Zhang, F. (2010), High-Frequency Trading, Stock Volatility, and Price Discovery (dt.: Hochfrequenzhandel, Aktienvolatilität und Preisbildung), <http://ssrn.com/abstract=1691679>, Proxies für den Hochfrequenzhandel mit einer Messung des täglichen Handelsvolumens, das nicht mit Veränderungen bei den vierteljährlichen von institutionellen Anlegern gehaltenen Positionen verbunden ist. Zhang findet eine Verbindung zwischen diesem Maß des Handelsvolumens und der „überschüssigen“ Volatilität. Während der Proxy sich wahrscheinlich auf den computergestützten Handel bezieht, ist die Korrelation schwierig dahingehend zu interpretieren, dass sie aus dem Hochfrequenzhandel herrührt, weil die Volumen/Volatilitäts-Relation deutlich vor der Einführung des Hochfrequenzhandels, wie er gegenwärtig definiert wird, erscheint. Schließlich kann eine engere Beziehung zwischen Volumen und Volatilität auch vom zunehmenden Wohlstand herrühren, der die Risikostreuung der Anleger verbessert. Deshalb wird nicht empfohlen, indirekte Studien zum Hochfrequenzhandel und zum computergestützten Handel, wie diese, als Grundlage für politische Optionen heranzuziehen.

<sup>7</sup> Siehe Dokumente DR6, DR7 und Haldane, A. & May, R. (2011), Systemic risk in banking ecosystems (dt.: Systembedingte Risiken in Bank-Ökosystemen), *Nature* **469**:351-355.

Vorhersagen und verlässliche, verallgemeinerbare Aussagen betrifft. Sie kann jedoch auf ein solides Fundament gestellt werden, indem sie mit den Grundlagen der finanzökonomischen Literatur zusammengebracht wird: Dies kann einige wichtige Erkenntnisse verschaffen, und wir verlassen uns in diesem Bericht auf sie.

Crashes des Marktes hat es immer gegeben: Zweig, 2011<sup>8</sup> berichtet über ein Ereignis vom Typ „Flash-Crash“ im Jahr 1962, das von der US-Wertpapier- und Börsenaufsichtsbehörde „Securities and Exchange Commission“ in einem 1963 veröffentlichten Bericht analysiert wurde<sup>9</sup>. Dennoch ist das Problem, die Mechanismen zu verstehen, die den Ereignissen in Umgebungen mit computergestütztem Handel auf Systemebene zugrunde liegen, neuerer Art. Ein gutes Beispiel für die Art von systembedingten Ereignissen, die durch mechanische Regelbefolgung hervorgerufen werden können, kann in dem von der Portfolio-Absicherung geleiteten Marktrückgang von 1987 gefunden werden<sup>10</sup>. Um ihre Risiken abzusichern, als die Aktienindizes fielen, waren die Portfolio-Versicherer gezwungen, ihr „Delta-Hedge“, eine Position von Aktien, die zum Ausgleich von Risiken gehalten werden, anzupassen. Jedoch wurden die Werte der Aktien in den Delta-Hedge-Positionen dazu verwendet, um den Indexwert zu berechnen. Also wurden die Aktien, als der Delta-Hedge angepasst wurde, weil der Index gefallen war, verkauft, der Verkauf drückte die Kurse und dies trieb den Index noch weiter nach unten; dies verursachte dann eine weitere Anpassung der Delta-Hedge-Positionen, die den Index noch weiter nach unten drückte. Diese positive Rückkopplungsschleife (die Auswirkungen einer kleinen Veränderung wirken auf sich selbst zurück und lösen eine größere Veränderung aus, die wiederum eine Rückkopplung verursacht, usw.) hatte eine zutiefst schädliche Wirkung und führte zu größeren Ausverkäufen von Aktien. Diese Schleife ist in Abbildung 1 veranschaulicht. Solche destruktive Rückkopplungsschleifen können eine nichtlineare Dynamik schaffen und so lange laufen, bis die Delta-Hedges nicht länger angepasst werden müssen oder bis eine Aussetzung des Markthandels vorgenommen wird. Die mechanische und unreflektierte Ausführung eines solchen „Programm-Handels“ führte 1987 zu starkem Verkaufsdruck und zu Kursrückgängen, die viel tiefer ausfielen, als dies durch die tatsächlichen Marktbedingungen gerechtfertigt war.

---

<sup>8</sup> Zweig, J. (2010), Back to the future: Lessons from the forgotten ‘flash crash’ of 1962 (dt.: Zurück in die Zukunft: Lehren aus dem vergessenen „Flash-Crash“ von 1962). *The Wall Street Journal*, 29. Mai 2010. <http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703957604575272791511469272.html>;

<sup>9</sup> US Securities and Exchange Commission (1963), Report of Special Study of Securities Markets (dt.: Bericht zur Sonderstudie über die Aktienmärkte), Kapitel 13, verfügbar über: [http://c0403731.cdn.cloudfiles.rackspacecloud.com/collection/papers/1960/1963\\_SSMkt\\_Chapter\\_13\\_1.pdf](http://c0403731.cdn.cloudfiles.rackspacecloud.com/collection/papers/1960/1963_SSMkt_Chapter_13_1.pdf).

<sup>10</sup> Siehe Dokument DR9 und ebenso Gennotte, G. & Leland, H. (1990), Market liquidity, hedging, and crashes (dt.: Marktliquidität, Hedging und Crashes). *American Economic Review*, **80**:999–1021.



Index falls	Index fällt
Sale of stocks in delta-hedge holding	Verkauf von Aktien, die in Delta-Hedge-Positionen gehalten werden
Adjust delta-hedge	Anpassung des Delta-Hedges

**Abbildung 1: Hedge-Rückkopplungsschleife**

Die Diskrepanz zwischen den Marktpreisen und den realen Werten der Wertpapiere (ausgedrückt durch den fundamentalen Wert des Unternehmens oder der Ressource) führt, wenn die Marktpreise durch erzwungene Verkäufe in einem nichtlinearen, sich selbst erfüllenden und manchmal sich selbst stimulierenden Wahn gedrückt werden, zu einer größeren Marktinstabilität, die mit beträchtlichen sozialen Kosten verbunden ist. Man könnte argumentieren, dass die Risiken solch wilder Rückkopplungsschleifen, die in einem Finanzsystem auftreten, um so höher sind, je größer die Zahl der Handelsentscheidungen ist, die von „roboterartigen“ computergestützten Handelssystemen getroffen werden. Dieses „endogene Risiko“ ist der rote Faden, der sich im Folgenden durch einen großen Teil dieses Papiers zieht. Das endogene Risiko aus von Menschen programmierten Algorithmen kann sich auf bedeutende Weise von den Rückkopplungsschleifen und Risiken in Märkten mit größerem, direktem menschlichen Eingreifen unterscheiden.

### **3. Wie beeinträchtigt der computergestützte Handel die Finanzstabilität?**

#### **3.1 Mechanismen der Instabilität**

Es erscheint unwahrscheinlich, dass die Zukunft des computergestützten Handels in den Finanzmärkten lediglich zu einem schnelleren System führt und deshalb zu häufigeren Crashes und Krisen, allein auf der (metaphorischen) Basis, dass derselbe alte Film nunmehr mit einer höheren Abspielgeschwindigkeit gezeigt wird. Vielmehr erscheint es wahrscheinlicher, dass der computergestützte Handel trotz aller seiner Vorteile zu einem qualitativ veränderten und einem auf offensichtlichere Weise nichtlinearen Finanzsystem führt, in dem der Eintritt von Krisen und kritischen Ereignissen von vornherein wahrscheinlicher ist, selbst bei Fehlen größerer oder häufigerer externer fundamentaler Erschütterungen. Nachfolgend werden

einige Eindrücke dargestellt, welche präzisen Mechanismen ablaufen könnten.

Die drei Hauptmechanismen, die zu Instabilität und Verlusten führen können, können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Sensitivität:** Eine Systemstabilität kann eintreten, wenn ein Umfeld mit computergestütztem Handel beginnt, sensitiver auf kleine Änderungen oder Störungen zu reagieren. Wenn die finanzielle Dynamik in einer Welt des computergestützten Handels ausreichend nichtlinear geworden ist, dass nur kleine Abweichungen bei einer oder mehreren Anfangsvariablen zu weitgehend unterschiedlichen Ergebnissen führen können (der sogenannte „Schmetterlingseffekt“ in chaotisch dynamischen Systemen), sind die beobachteten Preise und Mengen für Kaskadeneffekte, Ansteckungen, Instabilität und Pfadabhängigkeiten anfällig.<sup>11</sup> Die Mechanismen für diese Abweichungen können die Informationssensitivitätsmechanismen und/oder die internen Rückkopplungsschleifen sein, die beide weiter unten diskutiert werden. Auch wenn die Auswirkungen nur vorübergehender Art sein sollten und die ursprünglichen Antriebsfaktoren mit der Zeit zu ihren langfristigen Durchschnittswerten zurückkehren sollten, könnten einige weitere nicht umkehrbare Ereignisse eingetreten sein, wie etwa finanzielle Verluste oder sogar Insolvenzen aufgrund von erzwungenen Verkäufen oder durch Auslösung von Strafklauseln in Verträgen.
- **Informationen:** Das Bestehen übermäßiger nichtlinearer Sensitivitäten kann auf Informationsproblemen beruhen. Vereinfacht ausgedrückt geht es darum, wer wann was weiß. Die Informationsstruktur eines Marktes birgt das Potenzial, Marktschwankungen mittels einer Reihe subtiler und manchmal sich widersprechender Effekte zu verstärken oder zu vermindern. Um dies zu erklären, haben wissenschaftliche Studien das Verhalten erforscht, das bei Koordinationsspielen mit unscharfen Informationen entsteht<sup>12</sup>. In diesen Spielszenarien sind die Informationen unvollständig und die Handelnden koordinieren sich, um einen „Bank-Run“ auf eine Institution, ein Wertpapier oder eine Währung zu unternehmen, wenn ein bestimmtes, von der Öffentlichkeit beobachtetes Signal schlecht genug ist. Bereits geringe Differenzen bei diesem Signal, wie etwa die Zahl der Abschreibungen einer Bank, bestimmen, ob die Gläubiger den „Run“ beginnen oder stillhalten. Heftige Kaskaden von

---

<sup>11</sup> Siehe Dokument DR7 und ebenso Haldane und May (2011) *op. cit.*

<sup>12</sup> Siehe beispielsweise: Carlsson, H. & Van Damme, E. (1993), Global Games and Equilibrium Selection (dt.: Spiele mit unvollständiger Information und Auswahl von Gleichgewichtszuständen). *Econometrica*, **61**:989-1018. Und ebenso Morris, S. & Shin, H. (2002), Global Games: Theory and Applications (dt.: Globale Spiele: Theorie und Anwendungen). In Dewatripont, L. & Turnovsky, S., (Hrsg.), *Advances in Economics and Econometrics, the Eighth World Congress* (dt.: Fortschritte in der Ökonomie und der Ökonometrie, Achter Weltkongress). Cambridge Uni. Press.

Störungen können über ein komplettes Marktsystem hinweg durch solch kleine Ereignisse ausgelöst werden.

- **Endogenes Risiko:** Dieser Begriff, ein Gemeinplatz in der Finanzliteratur<sup>13</sup>, bezeichnet besondere Eigenschaften, die *vollständig innerhalb* der Finanzmärkte liegen und in manchen Situationen (aufgrund der beteiligten nichtlinearen Komponenten) zum Auftreten positiver (d. h. sich gegenseitig verstärkender) und schädlicher Rückkopplungsschleifen führen, gleichgültig, ob die Marktteilnehmer vollständig rational handeln oder nicht<sup>14 15</sup>.

In der folgenden Diskussion werden eine Reihe von Rückkopplungsschleifen untersucht, die zu endogenen Risiken beitragen können.

**Risiko-Rückkopplungsschleife.** Finanzkrisen gehen typischerweise mit endogenen Risiken der folgenden Art einher. Nehmen wir an, dass einige Finanzinstitute von einem Verlust getroffen werden, der sie dazu zwingt, das Risiko zu vermindern, das sie in ihren Büchern halten. Um das Risiko zu vermindern, müssen sie risikobehaftete Wertpapiere verkaufen. Da viele Institute ähnliche Wertpapiere halten, drückt der Verkauf dieser Vermögenswerte die Preise weiter. Wenn die Institute verpflichtet sind, marktnahe Bewertungen vorzunehmen – engl.: „mark-to-market accounting“ – (wobei der Wert einiger Wertpapierpositionen auf den aktuellen Marktpreis dieser Wertpapiere gestützt wird), führen die neuen niedrigeren Bewertungen bei allen Instituten, die die betreffenden Wertpapiere halten, zu einem weiteren Schlag gegen das Bankkapital und ebenfalls zu einer weiteren Zunahme des allgemein wahrgenommenen Risikos. Diese beiden Faktoren zwingen die Finanzinstitute wiederum, sich in noch weitergehendem Maße ihrer Risiken zu entledigen, was dann wiederum zu einem noch stärkeren Druck auf die Kurse führt, und so fort. Eine anfänglich kleine fundamentale Erschütterung kann wegen der sich ausweitenden Rückkopplungsschleifen, die mit den Finanzmärkten verwoben sind, zu unverhältnismäßig großen erzwungenen Verkäufen und Wertvernichtungen führen.<sup>16</sup> Abwandlungen dieser Schleife gelten für die Market Maker im

---

<sup>13</sup> Siehe: Danielsson, J. und Shin, H. (2003). *Endogenous Risk in Modern Risk Management: A History* (dt.: *Endogene Risiken im modernen Risikomanagement. Eine historische Betrachtung*). Risk Books; Danielsson, J., Shin, H. S. und Zigrand, J.-P. (2010). *Balance sheet capacity and endogenous risk* (dt.: *Bilanzstärke und endogenes Risiko*). Mimeo, [www.riskresearch.org](http://www.riskresearch.org); und Shin, H. (2010). *Risk and Liquidity* (dt.: *Risiko und Liquidität*): 2008 Clarendon Lectures in Finance. Oxford.

<sup>14</sup> Siehe Dokumente DR2, DR6, DR7 und DR9.

<sup>15</sup> Siehe ebenfalls M. O'Hara (1995), *Market Microstructure Theory* (dt.: *Marktmikrostruktur-Theorie*). Blackwell Publishers.

<sup>16</sup> Zu weiteren Einzelheiten siehe Brunnermeier, M. & Pedersen, L. (2009), Market Liquidity and Funding Liquidity (dt.: Marktliquidität und Finanzierungsliquidität), *Review of Financial Studies*, **22**:2201-2238. Zum empirischen Nachweis für die Auswirkungen auf Verluste oder Einlösungen siehe Joshua, C. & Stafford, E. (2007), Asset Fire Sales (and Purchases) in Equity Markets (dt.: Wertpapierausverkäufe (und Notkäufe) an den Aktienmärkten), *Journal of Financial Economics*, **86**:479-512. Zum Nachweis darüber, wie Erschütterungen sich über verschiedene Finanzinstitute ausbreiten können, siehe Khandani, A. & Lo, A. (2007), What Happened To

Hochfrequenzhandel: Angesichts der engen Position und der Risikobegrenzungen, unter denen der Hochfrequenzhandel arbeitet, werden sie durch Verluste und durch den Anstieg des Risikos dazu veranlasst, ihre Bestände zu reduzieren und drücken dadurch die Preise, schaffen weitere Verluste und Risiken und schließen die Schleife. Im Gegenzug kann die Wertvernichtung die Banken dazu führen, nicht mehr ihre Vermittlungsfunktion wahrzunehmen, mit nachteiligen Ausstrahlungseffekten auf die reale Wirtschaft.

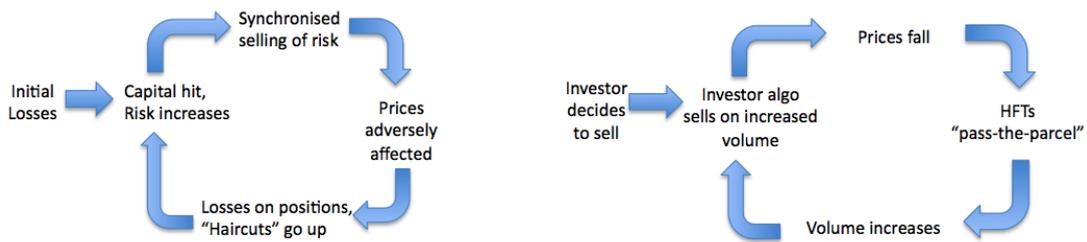
**Volumen-Rückkopplungsschleife.** Gleichgültig, ob sich die Version des offiziellen CFTC/SEC-Berichts<sup>17</sup> zu den Ereignissen des „Flash Crash“ vom 6. Mai 2010 als korrekt und vollständig herausstellen wird oder nicht (siehe Dokumente DR4 und DR7 zur weiteren Diskussion), macht sie einen potenziellen risikoe erhöhenden Faktor deutlich. Der Bericht beschreibt ein mögliches Szenario, bei dem einige Hochfrequenz-Handelsalgorithmen mittels ihrer Tendenz, kleine Positionen für kurze Zeiträume zu halten, *direkt* Rückkopplungseffekte schaffen können: Am 6. Mai trat eine Dynamik im Sinne einer „heißen Kartoffel“ oder eines „Päckchens, das jeder weitergeben wollte“, ein, als der Handel unter den Hochfrequenzhändlern ein sehr großes Volumen annahm, während sich demgegenüber die Nettopositionen insgesamt kaum verändert haben: Die Finanzinstrumente zirkulierten schnell innerhalb des Systems, und dieser Anstieg des Volumens löste andere Algorithmen aus, deren Anweisungen zufolge in Märkten mit höherem Volumen aggressiver verkauft werden musste, vermutlich auf der Grundlage, dass ein höheres Volumen geringere Marktauswirkungen bedeutete, um in den fallenden Markt hineinzuverkaufen, womit sich der Kreislauf schloss<sup>18</sup>.

---

the Quants in August 2007? (dt.: Was geschah mit den Quants im August 2007?) *Journal of Investment Management* 5:29-78 und Khandani, A. & Lo, A. (2011), What Happened To the Quants In August 2007? Evidence from Factors and Transactions Data (dt.: Was geschah mit den Quants im August 2007? Nachweise zu den Umständen und Transaktionsdaten), *Journal of Financial Markets* 14:1-46.

<sup>17</sup> CFTC & SEC (2010). *Findings regarding the market events of May 6, 2010* (dt.: *Erkenntnisse zu den Marktereignissen vom 6. Mai 2010*). Offizieller Bericht, am 30. September 2010 von der Commodities & Futures Trading Commission (US-Aufsichtsbehörde für Future- und Optionsmärkte) und der Securities & Exchange Commission (US-Börsenaufsichtsbehörde) veröffentlicht.

<sup>18</sup> Kirilenko, A., Kyle, A., Samadi, M. & Tuzun, T. (2011). The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market (dt.: Der Flash Crash: Die Auswirkungen des Hochfrequenzhandels auf einen elektronischen Markt), <http://ssrn.com/abstract=1686004> liefert den Nachweis, dass während des Flash Crashes einige Marktteilnehmer sehr schnell untereinander kauften und verkauften, bei geringen Veränderungen der Positionen und über sehr kurze Zeithorizonte. Obwohl dies eine Fallstudie zu nur einem einzigen (Index-)Wertpapier über wenige Handelstage ist, unterstreicht sie die Wichtigkeit, ein besseres Verständnis von gewissen Strategien des computergestützten Handels und des Hochfrequenzhandels und ihrer Interaktionen untereinander und mit den anderen Marktteilnehmern zu gewinnen. Wenn sie auch keinen direkten Nachweis für die Verantwortlichkeit des computergestützten Handels oder des Hochfrequenzhandels liefern können, liefern Easley *et al.* Belege für die Geschwindigkeit und die Größenordnung des ungewöhnlichen Handelsverhaltens bei mehreren Wertpapieren während des Flash Crashes: siehe Easley, D., Lopez de Prado, M. & O'Hara, M. (2011). The Microstructure of the 'Flash Crash': Flow Toxicity, Liquidity Crashes and the Probability of Informed Trading (dt.: Die Mikrostruktur des „Flash Crashes“: Geringe Toxizität, Liquiditätszusammenbrüche und die Wahrscheinlichkeit eines informierten Handels). *The Journal of Portfolio Management*, 37: 118-128



Initial Losses	Anfängliche Verluste
Capital hit, Risk increases	Kapital betroffen, Risiko steigt
Synchronised selling of risk	Gleichzeitiger Verkauf von Risiken
Losses on positions, "Haircuts" go up	Verluste bei den Positionen, die Sicherheitsabschläge steigen
Prices adversely affected	Die Kurse werden beeinträchtigt
Investor decides to sell	Anleger entscheidet sich zum Verkauf
Investor algo sells on increased volume	Anleger-Algorithmus verkauft mit erhöhtem Volumen
Prices fall	Die Kurse fallen
Volume increases	Das Volumen steigt
HFTs "pass-the-parcel"	Der Hochfrequenzhandel „reicht das Päckchen weiter“

**Abbildung 2: Risiko-Rückkopplungsschleife** **Abbildung 3: Volumen-Rückkopplungsschleife**

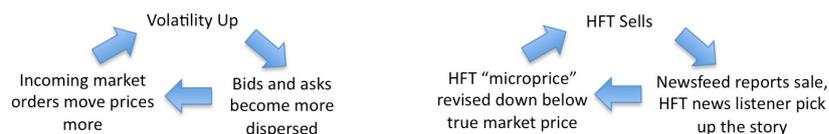
**Rückkopplungsschleife bei flachem Verlauf.** Eng damit verbunden ist die potenzielle Rückkopplungsschleife, die von Angel (1994)<sup>19</sup> und von Zovko und Farmer (2002)<sup>20</sup> beschrieben wird. Nehmen wir einen anfänglichen

<sup>19</sup> Angel, J. (1994). *Limit versus market orders (dt.: Limit versus Börsenaufträge)*. Arbeitspapier, Georgetown University.

<sup>20</sup> Zovko, I. & Farmer, D. (2002). The power of patience: a behavioral regularity in limit-order placement (dt.: Die Macht der Geduld: Eine Gesetzmäßigkeit des Verhaltens bei der Platzierung limitierter Aufträge). *Quantitative Finance*, **2**(5):387-392.

Anstieg der Volatilität an, vielleicht aufgrund von Nachrichten. Die Verteilung der Aufträge zum Kauf und Verkauf in den Orderbüchern passt sich an und beginnt stärker auseinanderzulaufen.<sup>21</sup> Da alle anderen Bedingungen konstant bleiben, gelingt es den hereinkommenden Börsenaufträgen (d. h. den Aufträgen zum Kauf oder zum Verkauf zum aktuell besten verfügbaren Börsenkurs) leichter, den Referenzkurs des Marktes in Bewegung zu bringen (auf der Grundlage des aktuellsten Transaktionspreises), und dieser Anstieg bei der Volatilität stellt wiederum die Rückkopplung zu jetzt noch stärker auseinanderlaufenden Geboten her, und der Kreislauf ist geschlossen.

**Nachrichten-Rückkopplungsschleife.** Viele automatisierte Hochfrequenz-Handelssysteme arbeiten primär mit numerischen Informationen aus Marktdatenquellen zu den Preisen und zum Volumen der Börsenaufträge, allerdings beziehen einige Hochfrequenz-Handelssysteme eine *Nachrichtenleserkomponente* ein, die die Überschriften nach Schlagworten scannt und unmittelbar auf sie reagiert, indem das Schlagwort an alle anderen Komponenten des Hochfrequenz-Handelssystem gesendet wird (*Nachrichteanalyse*, die Computeranalyse der textbasierten Nachrichten und Online-Diskussionen, um computergestützte Handelssysteme zu schaffen, wird eingehender im Dokument DR8 erörtert). Hochfrequenz-Handelssysteme kaufen oder verkaufen abhängig davon, wo die Preise im Verhältnis zu dem vom Hochfrequenz-Handelssystem wahrgenommenen eigenen fairen Wert stehen; wenn in den News-Feeds über die Transaktionen der Hochfrequenz-Handelssysteme berichtet wird und diese Nachrichten von anderen Hochfrequenz-Handelssystemen erfasst werden, kann dies dazu führen, dass solche Systeme ihre Preise in einer Richtung revidieren, die sie (oder andere Hochfrequenz-Handelssysteme) ermutigt, ähnliche Handelsvorgänge auszuführen.



Volatility Up	Volatilität angestiegen
Incoming market orders move prices more	Eingehende Börsenaufträge führen zu stärkeren Kursbewegungen
Bids and asks become more	Kauf- und Verkaufsaufträge laufen

<sup>21</sup> Zur Prüfung dieser Arten von Veränderungen in den Auftragsbüchern vor Gewinnnachrichten siehe Lee, C., Mucklow, B., & Ready, M., (1993). Spreads, depths, and the impact of earnings information: an intraday analysis (dt.: Spreads, Markttiefen und der Einfluss von Gewinnnachrichten: eine Intraday-Analyse). *Review of Financial Studies*, 6:345-374.

dispersed	stärker auseinander
HFT sales	Verkäufe durch Hochfrequenz-Handelssysteme
HFT "microprice" revised down below true market price	Der „Mikropreis“ des Hochfrequenz-Handelssystems wird unter den wahren Marktpreis nach unten revidiert
Newsfeed reports sale, HFT news listener pick up the story	News-Feeds berichten über den Verkauf, der Nachrichtenleser des Hochfrequenz-Handelssystems greift die Meldung auf

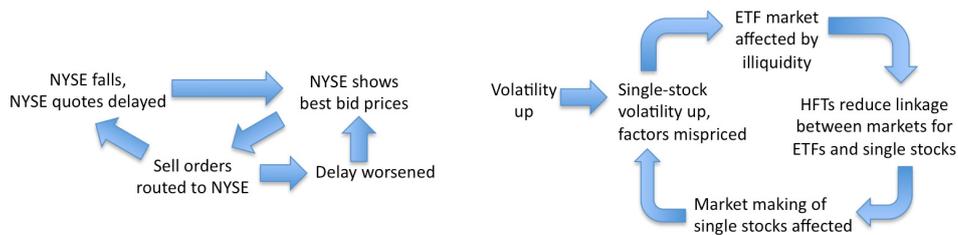
**Abbildung 4: Rückkopplungsschleife bei flachem Verlauf**  
**Abbildung 5: Nachrichten-Rückkopplungsschleife**

**Verzögerungs-Rückkopplungsschleife.** Eric Hunsader von Nanex Corp.<sup>22</sup> weist auf das Potenzial folgender stark vereinfachter Rückkopplungsschleife hin, die möglicherweise während des Flash Crashes wirksam geworden ist. Stellen Sie sich vor, dass ein fragmentierter Markt unter einem umfassenden Verkaufsdruck eines Korbs von hochkapitalisierten Aktien leidet (der beispielsweise aus Verkäufen von E-Mini-Futures herrührt) und nehmen Sie an, dass die Kursnotierungen der New Yorker Börse (NYSE) ein wenig nachhinken. Da der Markt fällt, erscheinen die verzögerten Notierungen der NYSE zu den Kaufaufträgen (Bids) dem Verkäufer am attraktivsten und alle Verkäufe werden an die NYSE geleitet, ungeachtet der Tatsache, dass die wirklichen Kaufaufträge niedriger lagen. Die algorithmische Dynamik der Hochfrequenz-Handelssysteme löst Verkäufe dieser Aktien aus und angesichts der Sonderbarkeiten können die Hochfrequenz-Handelssysteme die Bestände verkaufen. Eine zweite Rückkopplungsschleife verstärkt dann die erste: Wenn die verzögerten Nachrichten eingehen und zunehmen, kann die steigende Nervosität, die von den Aktivitäten aus der vorhergehenden Rückkopplungsschleife herrührt, weitere fehlerhafte Ausrichtungen bei den Zeitstempeln für Kauf- und Verkaufsaufträge verursachen, womit die *Verzögerungs-Rückkopplungsschleife* geschlossen wird, die die Preisbildungs-Rückkopplungsschleife verstärkt.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Siehe Dokument DR7 und ebenfalls: Hunsader, E. (2010). *Analysis of the flash crash, date of event: 20100506, complete text (dt.: Analyse des Flash Crashes, Datum des Ereignisses: 06.05.2010, vollständiger Text)*. Nanex Corp., <http://www.nanex.net/20100506/FlashCrashAnalysis CompleteText.html>.

<sup>23</sup> In Übereinstimmung damit, dass die Verzögerungs-Rückkopplungsschleifen stärkere Auswirkungen bei Wertpapieren haben, deren Handel sich über mehrere Börsen verteilt, stellt Madhavan (2011) fest, dass über die verschiedenen Aktien hinweg ein positiver Zusammenhang zwischen den Auswirkungen des Flash Crashes

**Index-Rückkopplungsschleife.** Der CFTC/SEC-Abschlussbericht über den Flash Crash argumentierte, dass die extreme Volatilität der einzelnen Wertpapierkomponenten auf die Märkte für börsengehandelte Investmentfonds übersprang und die Market Maker dazu veranlasste, ihre Market-Making-Aktivitäten zu unterbrechen. Im Gegenzug lieferten die illiquiden und unvollständigen Preise für börsengehandelte Investmentfonds falsche systematische Eingangssignale, die auf die Preisbildung bei den einzelnen Wertpapieren zurückwirkten und damit den Kreislauf schlossen.<sup>24</sup>



NYSE falls, NYSE quotes delayed	Die NYSE fällt, die Kurse der NYSE gehen zeitverzögert ein
Sell orders routed to NYSE	Verkaufsaufträge werden zur NYSE geleitet
NYSE shows best bid prices	Die NYSE zeigt die besten Geldkurse (Bids)
Delay worsened	Die Zeitverzögerung verstärkt sich
Volatility up	Hohe Volatilität
Single-stock volatility up, factors mispriced	Die Volatilität der einzelnen Aktienwerte steigt, die Signale werden mit falschen Preisen bewertet
ETF market affected by illiquidity	Der Markt für börsengehandelte Investmentfonds wird durch Illiquidität beeinträchtigt
Market making of single stocks affected	Das Market Making für die einzelnen Aktienwerte wird beeinträchtigt

und dem Maß der Fragmentierung in den Monaten zuvor besteht: Madhavan, A. (2011), *Exchange-Traded Funds, Market Structure and the Flash Crash* (dt.: *Börsengehandelte Investmentfonds, Marktstruktur und der Flash Crash*), Arbeitspapier, BlackRock, Inc.

<sup>24</sup> Madhavan (2011) *op. cit.* analysiert die Rückkopplungsschleifen zwischen börsengehandelten Investmentfonds und den zugrundeliegenden Wertpapieren während des Flash Crashes.

HFTs reduce linkage between markets for EFTs and single stocks	Der Hochfrequenzhandel vermindert die Verbindung zwischen den Märkten für börsengehandelte Investmentfonds und einzelnen Aktienwerten
--	---

**Abbildung 6: Kursverzögerungs-Rückkopplungsschleife**  
**Abbildung 7: Index-Rückkopplungsschleife**

### 3.2 Zusammenwirken von Mechanismen

Die Stärke der Rückkopplungsschleifen knüpft an verschiedenen Variablen an und wird von ihnen gesteuert, besonders von den Niveaus der Kapitalisierung und den Fremdkapitalverhältnissen (Leverage Ratio) der Finanzinstitute, wie auch vom Grad der Vielfalt der Marktteilnehmer. Wenn beispielsweise Liquidität von schwach kapitalisierten Teilnehmern am Hochfrequenzhandel, im Gegensatz zu finanzstarken Market Makern mit großen Beständen, geliefert wird<sup>25</sup>, fallen der Prozess der „Weitergabe des Päckchens“ und die Rückkopplungsschleifen stärker aus, weil das Bestandsmanagement bei geringem Kapital ein schnelleres Abstoßen der Positionen erfordert. In diesem Sinne funktioniert die Ersetzung des Kapitals durch Geschwindigkeit für Zwecke des Market Making in normalen Zeiten gut, sie funktioniert aber möglicherweise in angespannten Zeiten nicht so gut, wenn Kapitalmangel extrem schnell zu positiven anstelle von negativen Rückkopplungsschleifen beitragen kann.<sup>26</sup> In ähnlicher Weise handeln die Marktteilnehmer umso einmütiger, je weniger Vielfalt unter ihnen herrscht, und umso stärker entwickeln sich die Rückkopplungsschleifen. Darüber hinaus kann die Vielfalt selbst während einer Phase endogener Risiken eine Verschlechterung herbeiführen, als unbeabsichtigte Folge des kombinierten Zusammenwirkens von Risikomanagementsystemen, regulatorischen Einschränkungen, Nachschussaufforderungen (Margin Calls) und der Pflicht zu marktnahen Bewertungen, die zur sofortigen Synchronisierung der Handlungen innerhalb einer Gruppe von Instituten führen, wenn sie alle denselben Regelungen und Einschränkungen unterliegen und über dieselben Koordinierungseinrichtungen verfügen. Beispielsweise stellten die

<sup>25</sup> Zu empirischen Nachweisen für die Bedeutung der Bilanzen von Liquiditätsanbietern siehe Comerton-Forde, C., Hendershott, T., Jones, C., Moulton, P., & Seasholes, M. (2010) Time Variation in Liquidity: The Role of Market Maker Inventories and Revenues (dt.: Zeitliche Abweichungen bei der Liquidität: Die Rolle der Bestände und Umsätze von Market Makern). *Journal of Finance*, **65**:295-331

<sup>26</sup> Zu weiteren Einzelheiten darüber, wie Intermediäre Risiken managen und wie dies die Preisdynamik beeinflusst, siehe Duffie, D. (2010), Presidential Address: Asset Price Dynamics with Slow-Moving Capital (dt.: Eröffnungsansprache: Dynamik der Kurse von Vermögenswerten bei langsam fließendem Kapital), *Journal of Finance*, **65**:1237-1267. Zu empirischen Messungen der Größenordnungen siehe Hendershott, T. & Menkveld, A. (2011), *Price Pressures* (dt.: Preisdruck). <http://ssrn.com/abstract=1411943>.

CFTC und die SEC fest, dass sich die Liquiditätsanbieter während der entscheidenden Minuten des Flash Crashes zu Liquiditätsnachfragern wandelten und aggressiv und auf undifferenzierte Weise in einen fallenden Markt verkauften, sobald ihre Bestände ein bestimmtes Niveau erreicht hatten. In einer Situation, in der sich das Liquiditätsangebot in den Händen weniger großer, aber schwach kapitalisierter Marktteilnehmer befindet, kann es zur Austrocknung der Liquidität führen, wenn eine kleine Zahl dieser großen Marktteilnehmer das Liquiditätsangebot einstellt (siehe auch Dokument DR7 mit einer Schätzung zur Stärke dieses Effekts). Tatsächlich vermögen Informationsasymmetrien (bei denen ein Marktteilnehmer weiß, dass er weniger als der andere weiß) die anderen beiden Mechanismen auf verschiedene Weise zu verstärken (zu weiteren Einzelheiten siehe Dokument DR9). Der Grund hierfür liegt darin, dass die Anleger einen zeitweiligen erzwungenen Verkauf mit einem Verkauf verwechseln, der auf negative Insiderinformationen gestützt wird, was zu noch niedrigeren Preisen führt.

In ähnlicher Weise scheint es in Umgebungen mit computergestütztem Handel räuberischen Anlegern wesentlich leichter zu fallen, anonym Positionen anzusammeln, als es dies in der Vergangenheit war, als alle Händler physisch auf dem Börsenparkett interagierten. Teilweise beruht dies auf der Tatsache, dass nur anonyme Angebote in einem Orderbuch mit limitierten Aufträgen beobachtet werden, im Gegensatz zu einer natürlichen Person, die Kontrakte auf einem Börsenparkett erwirbt, und teilweise auf der Leichtigkeit, mit der wenig transparente Handelsorte oder sogenannte „Dark Pools“ verwendet werden können, bei denen die Handelsvorgänge erst berichtet werden, nachdem sie stattgefunden haben. Wenn solche Marktteilnehmer in der Lage waren, die Preise gezielt in Kaskaden zu drücken, hätten sie einträgliche Handelsgeschäfte abschließen können, was ihnen einen Anreiz gibt, um Instabilität zu schaffen. Obwohl solche Situationen vorstellbar sind, ist der Zugriff auf die Daten, die benötigt werden, um festzustellen, wie einfach die Erzeugung einer Kaskade ist oder wie verbreitet diese Art räuberischen Verhaltens tatsächlich ist, schwierig, wenn man annimmt, dass ein solches Verhalten überhaupt existiert.

Ferner können Informationen in Umgebungen mit computergestütztem Handel viele subtile Gefahren bergen. Sogar wenn beispielsweise alle Marktteilnehmer davon Kenntnis haben, dass ein bestimmtes Ereignis nicht eingetreten ist, wären die Marktpreise und -mengen noch immer nicht in der Lage, dieses Ereignis vollständig zu ignorieren, denn obwohl jeder weiß, dass das Ereignis nicht eingetreten ist, ist möglicherweise der Nichteintritt des Ereignisses in dem Sinne nicht „allgemein bekannt“, dass es immer noch Marktteilnehmer geben kann, die nicht wissen, dass die anderen Marktteilnehmer vom Nichteintritt dieses Ereignisses Kenntnis haben. Es kann argumentiert werden, dass die Technik in einem gewissen Maße den gemeinsamen Wissensstand von den Märkten beseitigt hat. Aus den Märkten sind vernetzte und dezentralisierte Rechnerumgebungen geworden (und ein wohlbekanntes Theorem besagt, dass Ereignisse in dezentralisierten Computerumgebungen aufgrund der fehlenden zentralen Überwachung kein gemeinsamer Wissensstand sein können, ein

Phänomen, das manchmal als „E-Mail-Spiel“ bezeichnet wird)<sup>27</sup>. Dies hat tatsächlich ein hohes Maß von Komplexität eingeführt, und das lediglich aufgrund der Tatsache, dass der Verlauf des Marktes nunmehr auf nichttriviale Weise davon abhängt, was jeder Händler annimmt, was ein anderer Händler über die Ansichten glaubt, die ein wiederum anderer Händler über alle anderen Händler hegt, und so fort. Die direkte Verbindung zwischen den Marktergebnissen und den fundamentalen Ereignissen, die als Ankerpunkte für die Bewertungen dienen müssten, wurde getrennt und durch ein komplexes Netz wiederholter und verschachtelter Vorstellungen ersetzt.

### 3.3 Soziotechnische Faktoren: Normalisierung der Abweichung

Cliff und Northrop erklären im Dokument DR4, dass der „Flash Crash“ an den US-Finanzmärkten vom 6. Mai 2010 tatsächlich ein Beispiel dafür ist, was technisch als ein „normales Versagen“ bekannt ist, und sie erläutern, dass solche Ausfälle bereits früher in anderen komplexen technischen Systemen festgestellt wurden. Sie behaupten, dass in Zukunft größere systematische Störungen an den Finanzmärkten in nationalem oder globalem Maßstab zu erwarten sind, wenn nicht geeignete Schritte dagegen unternommen werden.

Normalstörungen (ein Begriff, der 1984 von Charles Perrow geprägt wurde<sup>28</sup>) in technischen Systemen sind größere Störungen auf Systemebene, deren Eintritt fast sicher wird, wenn die Komplexität und die Vernetzung des Systems zunimmt. Zu den früheren Beispielen für Normalstörungen zählen der Unfall, der zum vorzeitigen Abbruch des Mondflugs von *Apollo 13* führte, die Unfälle in den Kernkraftwerken Three Mile Island und Tschernobyl und der Verlust von zwei US-Space-Shuttles, *Challenger* und *Columbia*.

Wie Cliff und Northrop im Dokument DR4 anmerken, hat die amerikanische Soziologin Diane Vaughan detaillierte Analysen zu den Prozessen angestellt, die zu den Normalstörungen in Form der Verluste der *Challenger* und der *Columbia* führten, und hat argumentiert, dass der wichtigste Faktor in der natürlichen menschlichen Neigung liegt, einen Prozess ablaufen zu

---

<sup>27</sup> Siehe: Rubinstein, A. (1989). The electronic mail game: Strategic behavior under almost common knowledge (dt.: Das E-Mail-Spiel: Strategisches Verhalten bei nahezu gemeinsamem Wissensstand). *American Economic Review*, **79**:385–391; und Halpern, J. & Moses, Y. (1990). Knowledge and common knowledge in a distributed environment (dt.: Kenntnis und allgemeiner Kenntnisstand in einem dezentralen Umfeld). *Communications of the ACM*, **37**(3):549–587.

<sup>28</sup> Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies* (dt.: *Normale Unfälle: Leben mit Hochrisikotechnologien*). New York: Basic Books.

lassen, den sie als „*Normalisierung der Abweichung*“ bezeichnet<sup>29</sup>: Wenn ein abweichendes Ereignis, von dem zuvor angenommen wurde, dass es sehr wahrscheinlich zu einem katastrophalen Störfall führt, tatsächlich eintritt und es nicht zu einer Katastrophe kommt, besteht eine Tendenz dahingehend, dass die allgemeine Meinung über die aus dem abweichenden Ereignis herrührende Gefahr revidiert wird und dass angenommen wird, dass es tatsächlich normal ist: die „Abweichung“ wird „normalisiert“. Im Kern wird die Tatsache, dass eine Katastrophe bislang noch nicht eingetreten ist, als Nachweis dafür genommen, dass eine Katastrophe nicht wahrscheinlich ist, wenn dieselben Umstände zukünftig erneut eintreten. Diese Argumentationskette wird erst durchbrochen, wenn ein Unglück tatsächlich eintritt und die ursprüngliche Bewertung der Bedrohung bestätigt, die durch das abweichende Ereignis begründet ist.

Cliff und Northrop argumentieren, dass der Flash Crash zumindest teilweise ein Ergebnis der Normalisierung der Abweichung war. Viele Jahre lang, lange vor dem 6. Mai 2010, hatten Sorgen über systembedingte Effekte des schnellen Anstiegs der Preisvolatilität verschiedener Finanzinstrumente mehrere britische Börsen zur Einführung von Regeln zur „Kreislaufunterbrechung“ veranlasst, die verlangten, dass der Handel mit einem bestimmten Wertpapier für einen gewissen Zeitraum ausgesetzt wird, wenn der Kurs dieses Wertpapiers sich innerhalb eines ausreichend kurzen Zeitraums um mehr als einen gewissen Prozentsatz bewegt. Als Reaktion auf den Flash Crash hat die US-Börsenaufsichts- und Wertpapierhandelsbehörde SEC nunmehr ähnliche Mechanismen an den US-Märkten durchgesetzt, um zu verhindern, dass ein solches Ereignis erneut eintritt. Somit scheint es plausibel zu argumentieren, dass vor dem Eintritt des Flash Crashes ein beträchtlicher Grad der Normalisierung der Abweichung herrschte: Es waren Änderungen der Aktienkurse mit hoher Geschwindigkeit beobachtet worden und die Marktteilnehmer waren sich dessen wohl bewusst, dass dies zu einem Hochgeschwindigkeits-Crash führen könnte, jedoch wurden diese Warnsignale ignoriert und gegen die Einführung von Sicherheitsmaßnahmen zu seiner Abwendung Widerstand geleistet.

Zudem könnte plausibel argumentiert werden, dass sich die Normalisierung der Abweichung seit dem Flash Crash an den Märkten fortgesetzt hat. Es gibt viele Anekdoten (die im Dokument DR4 zusammengefasst sind) darüber, dass sich die Geschwindigkeit der Preisschwankungen, die sich innerhalb der Grenzen abspielen, die durch die Schranken des Kreislaufunterbrechungsmechanismus gesetzt werden, in manchen Märkten zu erhöhen scheint. Und es gibt Belege, die darauf hindeuten, dass am 1. September 2010 ein weiterer „Flash Crash“ umgangen wurde, als in einer ähnlich phantastischen Zeitspanne das Volumen der Angebote sogar

---

<sup>29</sup> Vaughan, D. (1997), *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture and Deviance at NASA* (dt.: *Die Entscheidung zum Challenger-Start: Risikobehaftete Technik, Kultur und Abweichung bei der NASA*). University of Chicago Press.

dasjenige überstieg, das am 6. Mai 2010 zum Zeitpunkt der Spitzenaktivität beobachtet wurde; jedoch wurde keine offizielle Untersuchung in Auftrag gegeben, um dieses spätere Ereignis nachzuvollziehen. Des Weiteren sind die Mechanismen zur Kreislaufunterbrechung an den verschiedenen großen Handelszentren in aller Welt nicht harmonisiert und bieten die Möglichkeit für Arbitrage-Geschäfte zur Ausnutzung der Differenzen; Computer- und Telekommunikationssysteme können immer noch ausfallen und die systematischen Auswirkungen solcher Ausfälle sind möglicherweise noch nicht voll durchdacht.

Natürlich wird der nächste Flash Crash nicht genau derselbe sein wie der letzte, dafür werden die neuen Kreislaufunterbrecher der SEC wahrscheinlich sorgen. Es gibt aber keine Garantie dafür, dass künftig kein anderes Ereignis, das genauso unvorhergesehen, genauso schwerwiegend und genauso schnell (oder noch schneller) abläuft wie der Flash Crash, eintreten kann. Die Normalisierung der Abweichung kann ein sehr tiefgehender und verderblicher Prozess sein. Nach dem Challenger-Unglück hat die NASA die unmittelbare Ursache (das Versagen einer Dichtung an der Trägerrakete) abgestellt und geglaubt, dass der Shuttle sicher ist. Das war für die Crew der Columbia keine Hilfe.

Die Beschwichtigungen der Regulierungsstellen hören sich wahrscheinlich etwas hohl an, solange die Menschen sich an das nahezu vollständige Versagen der Regulierungsstellen erinnern, die nichts Brauchbares zur Subprime-Krise zu sagen hatte, bis kurz nachdem ihre Schwere selbst den eher gelegentlichen Beobachtern klar geworden war. Lockere Regelungen und ihre Folgen für die Finanzmärkte im Vereinigten Königreich werden im Turner-Bericht von 2009 diskutiert<sup>30</sup>. Damit verbunden wurden die Beiträge der Regelungen von Basel II zu den Gründen der Subprime-Krise bei Shin (2010) diskutiert. Das nächste Marktversagen kann gut eine Störung in der risikobehafteten Technologie sein, für die es wie beim Flash Crash keinen klaren Präzedenzfall gibt.

Cliff und Northrop argumentieren im Dokument DR4, dass die Normalisierung der Abweichung für die globalen Finanzmärkte, die der Technologie offen stehen, eine Bedrohung der Stabilität darstellt, und dass die mit der Normalisierung der Abweichung und den Normalstörungen begründeten Gefahren sich an den Finanzmärkten womöglich noch erhöht haben, weil die global miteinander verbundenen Netzwerke aus menschlichen Händlern und Computerhändlern einen Verbund darstellen, der in der wissenschaftlichen Literatur als *soziotechnisches übergeordnetes System* bekannt ist (d. h. ein miteinander verbundenes Netz von Menschen und anpassungsfähigen Computersystemen, die miteinander interagieren, wobei sich das globale System aus einzelnen Organisationen zusammensetzt, die ihrerseits vollständig unabhängige Systeme ohne eine zentrale Gesamtsteuerung oder Koordination sind). Solche Systeme

---

<sup>30</sup> [http://www.fsa.gov.uk/pubs/other/turner\\_review.pdf](http://www.fsa.gov.uk/pubs/other/turner_review.pdf)

unterscheiden sich von den traditionellen technischen Systemen so grundlegend, dass es nur sehr wenig gesicherte wissenschaftliche oder technische Lehren gibt, die uns zu verstehen erlauben, wie solche Super-Systeme gesteuert und kontrolliert werden können. Dieses Problem der Normalisierung der Abweichung an den Finanzmärkten und ihre Aufgabe bei der Information der Diskussion über mögliche Regelungsoptionen wurde kürzlich ausführlicher von Haldane (2011)<sup>31</sup> erörtert.

#### **4. Wie kann der computergestützte Handel die Finanzstabilität in der Zukunft beeinträchtigen?**

Seinen eigenen Mitteln überlassen kann das Ausmaß des computergestützten Handels immer noch zunehmen, und die oben dargestellten endogenen Risikofaktoren haben weiterhin Geltung. Die Mischung zwischen den drei Mechanismen hat jedoch möglicherweise begonnen, sich auf ihren Level einzustellen. Beispielsweise gibt es für das Ausmaß des Handels, der durch unternehmenseigene (kurzfristig orientierte) Hochfrequenz-Handelssysteme erzeugt werden kann, natürliche Grenzen. Erstens können die Handelsvorgänge, bei denen Hochfrequenzhändler auf beiden Seiten einer Transaktion beteiligt sind, nur für einen von ihnen einen Gewinn erwirtschaften. Zweitens sagt das *Kein-Handel-Theorem*<sup>32</sup> voraus, dass sobald bekannt wird, dass die einzigen angebotenen Handelsgeschäfte diejenigen sind, die von solchen kurzfristig orientierten, im Eigeninteresse agierenden Händlern stammen, die keine Motivation haben, die Wertpapiere aus fundamentalen Gründen zu handeln, der Handel zusammenbrechen wird. Und schließlich wird bei dem zunehmenden Wettbewerb vieles von den Gewinnen und Zinserträgen des Hochfrequenzhandels verloren gehen. Jüngste Berichte deuten darauf hin, dass sich die Gewinne der Hochfrequenzhandelsgesellschaften vermindert haben<sup>33</sup>, und eine neue wissenschaftliche Studie<sup>34</sup> hat festgestellt, dass die zur Erzielung im Wege des Hochfrequenzhandels verfügbaren Gesamtgewinne nicht so groß sind, wie einige Leute vermuten. Wenn man sich die Handelsmuster betrachtet, gibt es erste Hinweise dafür, dass der Hochfrequenzhandel beim Aktienhandel in London und bei der EuroNext seiner Marktdurchdringung nach einen Gleichgewichtszustand erreicht haben könnte (siehe Dokument DR5). Kurz gesagt kann der computergestützte Handel einen größeren

---

<sup>31</sup> Haldane, A.S. (2011). *The Race to Zero (dt.: Der Wettlauf zum Nullpunkt)*.  
<http://www.bankofengland.co.uk/publications/speeches/2011/speech509.pdf>.

<sup>32</sup> Milgrom, P. und Stokey, N. (1982). Information, trade and common knowledge (dt.: Information, Handel und allgemeiner Wissensstand). *J. Economic Theory*, 26:17–27.

<sup>33</sup> Siehe beispielsweise Cave, T. (2011): <http://www.efinancialnews.com/story/2010-10-18/high-frequency-party-over>.

<sup>34</sup> Kearns, M., Kulesza, A., & Nevmyvaka, Y (2011). Empirical Limitations of High Frequency Trading Profitability (dt.: Empirische Grenzen der Rentabilität des Hochfrequenzhandels). *The Journal of Trading*, 5(4):50-62.  
<http://ssrn.com/abstract=1678758>.

Marktanteil gewinnen, indem mehr Anleger auf der Käuferseite sich seiner bedienen, aber der unternehmenseigene Handel der Intermediäre ist naturgemäß durch das fundamentale Handelsvolumen der Anleger begrenzt, die mit realem Geld operieren.

Wenn der computergestützte Handel sich weiter ausbreitet, während die Präsenzhandelsstandorte (wo menschliche Händler in großer Nähe zueinander interagieren) und andere zentralisierte Mechanismen verschwinden, wird der Abbau des gemeinsamen Wissensstandes und der Aufbau komplexer „Belief“-Netzwerke weiter voranschreiten. An der Börse von Chicago (Chicago Mercantile Exchange) ging man beispielsweise bei einigen Kontrakten vom Präsenzhandel zu einem Hybridmodell mit Präsenzhandel während der Tagesgeschäftszeiten und elektronischem Handel außerhalb dieser Zeiten über. Über die kommenden fünf bis zehn Jahre wird man beobachten können, dass der Parketthandel weiter zugunsten des computergestützten Handels ersetzt wird, wonach alle oben beschriebenen Effekte noch auffälliger auftreten werden.

Die Finanzinstitute führen nach Maßgabe des regulatorischen Umfeldes Optimierungen herbei, was bedeutet, dass Einschränkungen oft zwingend sein werden und die Marktdynamik auf unerwartete und häufig schädliche Weise beeinflussen können. So hat etwa die wissenschaftliche Literatur viele Umstände bestimmt, unter denen der „Zusammenfassungsfehler“ auftritt: Das Marktsystem ist instabil, obwohl jeder Algorithmus isoliert betrachtet stabil ist.<sup>35</sup> Dies deutet stark darauf hin, dass wenn eine Testmöglichkeit für die Algorithmen eingeführt wurde, die individuelle Sicherheit kein ausreichendes bzw. tatsächlich nicht einmal ein notwendiges Kriterium für die Systemstabilität ist. Es folgt, dass man zur Vorhersage der Zukunft des computergestützten Handels und der Finanzstabilität Annahmen in Bezug auf die künftigen ordnungspolitischen Regelungen und andere Beschränkungen machen muss, die den Märkten auferlegt werden, und die neue Dynamik sorgfältig durchdenken muss. Beispielsweise können weitere vertiefende Studien möglicherweise Anzeichen darüber liefern, wie sich Mindestwartezeiten oder Mindestwerte für die Preisveränderungen (Tick Size) auf die nichtlineare Marktdynamik und die Finanzstabilität auswirken.

Ein zweites institutionelles Merkmal, das für die zukünftige Stabilität wichtig sein wird, ist die Marktsegmentierung zwischen den verschiedenen miteinander im Wettbewerb stehenden Handelsplätzen. Die Anpassung der Bewertungen für einzelne Wertpapiere, Körbe von Wertpapieren und Derivate über alle Handelsplätze hinweg ist eine sozial nützliche Aufgabe, die der Hochfrequenzhandel gegenwärtig gegen eine Gebühr wahrnimmt. Der soziale Wohlstand fordert, dass diese Funktion ständig und auf gut kapitalisierte Weise erfüllt wird. Es besteht ein geringes Risiko, dass die Hochfrequenz-Handelssysteme bei Situationen mit Marktdruck,

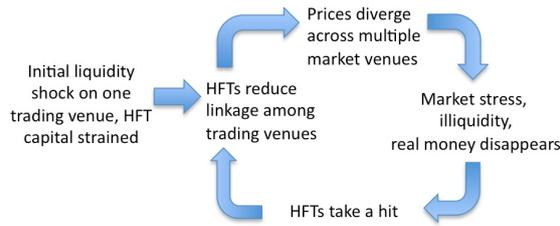
---

<sup>35</sup> Dieser Fehler wird erörtert bei Samuelson, P. (1947). *Foundations of Economic Analysis* (dt.: *Grundlagen der Wirtschaftsanalyse*), Harvard University Press.

Nachschussaufforderungen oder Sicherungsdruck nicht in der Lage oder nicht gewillt sein werden, diese Aufgabe zu erfüllen.

Nicht-Linearitäten beim Liquiditätsangebot (die zu einem schnellen Umschlag vom Überfluss zum Mangel führen) sind eine wichtige Grundursache für systemweite, nicht-lineare dynamische Zustände, die eine weitere Untersuchung verdienen. Die meiste Zeit über trägt der Hochfrequenzhandel zur Liquidität bei, allerdings schmälert er in manchen Zeiträumen (in Druck- oder Krisenphasen) die Liquidität und verursacht Preisbrüche. Diese nicht-linearen Zustände bei der Liquidität sind in der Welt des Hochfrequenzhandels wahrscheinlich wegen der oben erörterten Effekte intensiver geworden, die das „Market Maker Problem“ des Bestands- und Informationsmanagements nicht nur unterschiedlich, sondern insgesamt auch schwieriger gestaltet haben.

Schließlich bestimmt in einer Welt, in der sich der Handel und die Preisbildung an vielen Standorten vollzieht, die durch den Hochfrequenzhandel miteinander verbunden sind, die Netzwerkstruktur über die Stabilität und den Fluss der Informationen und der Handelsvorgänge. Mit der vorhergesagten weiteren Ausbreitung der unternehmenseigenen „Dark Pools“ kann die Gesamtliquidität über alle Handelsplätze hinweg durchaus größer sein als bei einer einzigen monopolisierten Börse, aber das dynamische Verhalten der Liquidität wird mehr oder weniger von der Netzwerkstruktur sowie von den spezifischen Eigenschaften der Hochfrequenz-Handelssysteme, die die Handelsplätze miteinander verbinden, abhängen. Ein Liquiditätsschock an einem Handelsplatz, der möglicherweise unbeachtet geblieben wäre, wenn es nur eine große und zentralisierte Börse gäbe, kann nun die Kurse an diesem Handelsplatz beeinflussen. In normalen Zeiten würde der abweichende Preis schnell verschwinden, da handelsplatzübergreifende Hochfrequenz-Handelssysteme niedrig kaufen und hoch verkaufen würden. In angespannten Zeiten kann das Kapital der Hochfrequenzhändler jedoch begrenzt sein oder die Hochfrequenz-Handelssysteme können selbst beginnen, an den Preisen zu zweifeln (wie dies während des Flash Crashes geschah) und von Arbitrage-Geschäften absehen. Anleger mit realem Geld werden dann beginnen, den Bewertungen über die gesamte Kurstafel hinweg zu misstrauen, und der darauf folgende Druck bedeutet, dass die Hochfrequenz-Handelssysteme nicht länger zum Liquiditätsangebot beitragen, was die Preisdivergenzen zwischen den verschiedenen Handelsplätzen noch weiter verschlimmert. Und so wird der Schock durch das gesamte Netzwerk übertragen, und seine Wirkungen werden durch eine positive Rückkopplung weiter verstärkt, wie dies in Abbildung 8 veranschaulicht ist. Handelsvorgänge und Transaktionen werden sich zu sozial ineffizienten Preisen vollziehen, und marktnahe Bewertungen können nur zu vielfachen und illiquiden Werten vorgenommen werden. Zu verstehen, wie man solche Situationen vermeiden kann und wie man sie begrenzen kann, falls sie eintreten, ist ein Thema für die weitere Forschung.



Initial liquidity shock on one trading venue, HFT capital strained	Anfänglicher Liquiditätsschock an einem Handelsplatz, die Kapitalsituation des Hochfrequenzhandels ist angespannt
HFTs reduce linkage among trading venues	Die Hochfrequenz-Handelssysteme reduzieren die Verbindung unter den Handelsplätzen
Prices diverge across multiple market venues	Die Preise divergieren an den verschiedenen Handelsplätzen
HFTs take a hit	Die Hochfrequenz-Handelssysteme erleiden Verluste
Market stress, illiquidity, real money disappears	Marktspannungen, Illiquidität, das reale Geld verschwindet

**Abbildung 8: Systematische Divergenz-Rückkopplungsschleife**

## 5. Schlussbemerkung

Märkte mit bedeutenden Anteilen von computergestützten Hochfrequenzhändlern sind ein neues Phänomen. Einer der neartigsten Aspekte ihrer Dynamik ist, dass die Interaktionen mit einer Geschwindigkeit stattfinden, bei der sie durch menschliches Eingreifen nicht verhindert werden können, und in dem Sinne, dass eine wichtige Geschwindigkeitsgrenze durchbrochen wurde. Wegen der Geschwindigkeitsvorteile, die Computer im Vergleich zu Menschen bieten können, ist der computergestützte Handel nunmehr nahezu zwingend geworden. Dies schafft das Potenzial für neue und systemweite Phänomene und Unsicherheiten. Ein Hauptproblem besteht darin, dass die Informationsasymmetrien intensiver werden (und in der Tat ihrer Art nach verschieden ausfallen) als in der Vergangenheit; und die primäre Quelle für das Liquiditätsangebot hat sich verändert, hin zu computergestützten und Hochfrequenz-Handelssystemen, was Auswirkungen auf die Robustheit der Märkte in Spannungsphasen hat.

Die Forschung hat uns bislang noch keinen direkten Beweis dafür geliefert, dass der computergestützte Handel mit hoher Frequenz die Volatilität erhöht hat. Allerdings können unter bestimmten Umständen sich selbst verstärkende Rückkopplungsschleifen in gut gemeinten Steuerungs- und Kontrollprozessen die internen Risiken verstärken und zu unerwünschten Interaktionen und Ergebnissen führen. Die Rückkopplungsschleifen können Risikomanagementsysteme einbeziehen und durch Veränderungen im Marktvolumen oder bei der Volatilität, durch Marktnachrichten und durch Verzögerungen bei der Verbreitung von Referenzdaten ausgelöst werden. Ein zweiter Grund für die Instabilität des Marktes ist sozialer Art: Die *Normalisierung der Abweichung*, ein Prozess, der als große Bedrohung bei der Konstruktion sicherheitskritischer Systeme, wie Flugzeugen und Raumfahrzeugen, anerkannt ist, kann ebenfalls die Gestaltung eines computergestützten Handelssystems beeinträchtigen.

# **Papier 2: Die Auswirkungen des Computerhandels auf Liquidität, Preiseffizienz/Preisbildung und Transaktionskosten**

Oliver Linton, Cambridge University,

Maureen O'Hara, Cornell University.

# Wesentliche Ergebnisse

Insgesamt hat sich die Liquidität verbessert, die Transaktionskosten sind geringer und die Markteffizienz wurde durch den Computerhandel unter regulären Marktbedingungen nicht beeinträchtigt.

Das Wesen des Market Making hat sich verändert, es hat sich von festgelegten Anbietern zu opportunistischen Händlern verlagert. Hochfrequenzhändler bieten nunmehr den Großteil der Liquidität, jedoch schafft ihr Einsatz beschränkten Kapitals, verbunden mit ultraschnellen Geschwindigkeiten, das Potenzial für zeitweilige Illiquiditäten.

Der computergesteuerte Portfolioausgleich und deterministische Algorithmen schaffen Berechenbarkeit bei den Auftragsströmen. Dies ermöglicht eine größere Markteffizienz, aber auch neue Formen der Marktmanipulation.

Technische Fortschritte bei der Nachrichtengewinnung werden eine stärkere Nachfrage nach dem Hochfrequenzhandel schaffen, obwohl dessen Ausweitung seine Rentabilität begrenzen wird.

# Kurzfassung

Computergesteuerter Handel ist an den Märkten zur Norm geworden und beeinflusst alles, von der Portfolioauswahl über die Auftragserteilung und das Market Making bis zur Abrechnung und Zahlung. Neue Marktteilnehmer, wie Hochfrequenzhändler, und neue Strategien unter Einsatz des algorithmischen Handels beeinflussen das Verhalten und die Qualität des Marktes. Mit einem geschätzten Anteil des Hochfrequenzhandels an den europäischen Aktienmärkten von 30 – 50 % und an den US-Aktienmärkten von sogar 70 %, hat der Hochfrequenzhandel einen tiefgehenden Einfluss auf die heutigen Märkte.

Eine natürliche Besorgnis ist die Frage, wie ein solcher computergesteuerter Handel die Qualität der Märkte beeinflusst. Die Marktqualität wird üblicherweise in Begriffen wie Liquidität, Transaktionskosten und Preiseffizienz ausgedrückt. Diese Studie liefert Nachweise zu diesen Effekten in den aktuellen Märkten und erörtert die wahrscheinlichen zukünftigen Auswirkungen des computergesteuerten Handels auf die Marktqualität.

Die gewonnenen Erkenntnisse deuten darauf hin, dass der computergesteuerte Handel (gleichgültig, ob in Gestalt des Hochfrequenzhandels oder des algorithmischen Handels) die Marktqualität allgemein verbessert hat. Die Liquidität, gemessen an der Preisspanne zwischen den Angebots- und den Nachfragekursen und an anderen Messgrößen, hat sich über die letzte Dekade verbessert. Während dieses Zeitraums sind die Transaktionskosten ebenfalls sowohl für den Handel im Privatkundengeschäft als auch für die institutionellen Händler gesunken. Diese Auswirkungen auf die Liquidität und die Transaktionskosten sind in ausgeprägtem Maße bei den großen Aktienwerten eingetreten. Es gibt auch Belege dafür, dass die Marktpreise effizienter sind, in Übereinstimmung mit der Hypothese, dass der computergesteuerte Handel die Märkte verbindet und dadurch die Preisbildung erleichtert.

Obwohl sich die Gesamtliquidität verbessert hat, scheint ein größeres Potenzial für eine zeitweilige Illiquidität zu bestehen. Die Art und Weise des Market Making hat sich verändert, indem Hochfrequenzhändler nunmehr den Großteil dieser Tätigkeit sowohl bei den Termingeschäften als auch bei den Aktien anbieten. Anders als die herkömmlichen festgelegten Spezialisten arbeiten die Hochfrequenzhändler typischerweise mit wenig Kapital, halten kleine Bestandspositionen und unterliegen keiner Verpflichtung, Liquidität während angespannter Marktphasen zur Verfügung zu stellen. Die Geschwindigkeit des Handels kann ebenso wie die Vernetzung der Märkte, die durch den Hochfrequenzhandel möglich gemacht wurden, Störungen nahezu gleichzeitig über alle Märkte hinweg übertragen. Der US-Flash Crash sowie jüngere kleinere Illiquiditätsereignisse veranschaulichen dieses erhöhte Potenzial für zeitweilige Illiquiditäten.

Die Berechenbarkeit der Auftragsströme, die sich aus dem Neuabgleich der Investmentfonds und den deterministischen Handelsalgorithmen ergeben, schafft potenzielle Störungen der Marktqualität. Neue Manipulationsformen, wie Algorithmen, die dafür programmiert wurden, aus anderen Algorithmen Vorteile zu ziehen, können die Handelskosten erhöhen und die Preise von den effizienten Niveaus wegbewegen. Der zunehmende Wettbewerb im Hochfrequenzbereich dürfte solche Effekte ebenso begrenzen wie dies neue Regelungen tun würden.

Obwohl es einige Hinweise dafür gibt, dass der Hochfrequenzhandel Anfang 2011 zurückgegangen ist, nahm er mit der jüngsten Volatilität am Markt erneut zu. Hochfrequenzhandel und algorithmischer Handel werden in Zukunft wichtig bleiben, da die zunehmenden technischen Fortschritte rentable Möglichkeiten für den Handel auf der Grundlage von Techniken der computergesteuerten Nachrichtenanalyse bieten. Neue regulatorische Änderungen können die Rentabilität des Hochfrequenzhandels zukünftig beschränken.

## **I. Einführung**

Die Technik hat die Anlagemärkte umgestaltet und den Handelsprozess über den gesamten Weg von der Auswahl des Anlagewertes über die Abrechnung bis zur Bearbeitung der Aufträge beeinflusst. Die Portfoliomanager nutzen nun computergesteuerte Auftragsmanagementsysteme, um Positionen nachzuverfolgen und ihre gewünschten Handelsgeschäfte festzulegen, und greifen dann auf computergestützte Verwaltungssysteme zur Auftragsausführung zu, um ihre Aufträge an die Handelsplätze weit und breit zu versenden. Computeralgorithmen, die programmiert sind, um bestimmte Handelsanforderungen zu erfüllen, stellen die Aufträge so zusammen, dass sowohl zeitlich über den Handelstag hinweg als auch örtlich an den verschiedenen Märkten gehandelt wird. Hochfrequenzhändler nutzen ultraschnelle Computer und Marktverbindungen, um über die Märkte hinweg und zwischen den Märkten Liquidität zu schaffen und in Anspruch zu nehmen. Die Transaktionskostenanalyse setzt Computer zur Erfassung von Kursbewegungen an und zwischen den Märkten ein und erlaubt es den Vermögensverwaltern, ihre handelsspezifischen Transaktionskosten für bestimmte Handelsstrategien zu kalkulieren und ihre Kosten für den Einsatz alternativer Strategien vorauszuberechnen.

Besonders bemerkenswert ist, dass nahezu alle dieser Innovationen in den letzten 10 Jahren stattgefunden haben.<sup>36</sup> In dieser kurzen Zeitspanne hat sich die Marktgestaltung verändert, die Märkte haben sich von den traditionellen Monopolen der Börsenplätze zu Netzwerken von mittels

---

<sup>36</sup> Siehe Dokument DR5 zur Diskussion über die Ursprünge und die Entwicklung des computergesteuerten Handels.

Computer verbundenen Handelsplätzen weiterentwickelt.<sup>37</sup> Dennoch bleibt, obwohl sich der Handelsprozess an den Märkten verändert hat, die Funktion der Märkte gleich: Die Märkte bieten die Liquidität und die Preisbildung an, was die Verteilung des Kapitals und das Risikomanagement erleichtert. Der Zweck dieses Papiers ist es, hervorzuheben, was über die Auswirkungen des Computerhandels auf die Liquidität, die Transaktionskosten und die Markteffizienz bekannt ist und was unbekannt ist. Die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung des Computerhandels bei diesen Maßen der Marktqualität wird ebenfalls berücksichtigt.

## 2. Die Auswirkungen des Computerhandels auf Liquidität, Transaktionskosten und Preiseffizienz

Die Auswirkungen der Technik auf die Marktqualität (der allgemein verwendete Begriff zur Beschreibung der Liquidität, Transaktionskosten und Preiseffizienz eines Marktes) zu bestimmen, ist wegen der zahlreichen Mechanismen, durch die Computer den Handelsprozess beeinflussen, kompliziert. Zudem besteht nicht einmal eine vollständige Einigkeit darüber, wie einige dieser technischen Innovationen zu definieren sind. Der Hochfrequenzhandel ist ein Beispiel hierfür. Der Hochfrequenzhandel war vor fünf Jahren nahezu unbekannt, obwohl Hochfrequenzhändler bisweilen an 70 % oder mehr der Handelsvorgänge an den Aktien- und Terminmärkten beteiligt sind. Das von der US-Börsenaufsichts- und Wertpapierhandelsbehörde Securities and Exchange Commission (SEC) 2010 herausgegebene Konzeptpapier zur Struktur des Aktienmarktes (SEC (2010)) beschreibt den Hochfrequenzhandel als den Einsatz von Technik und Algorithmen, um sehr kurzlebige Informationen auszunutzen, die aus öffentlich verfügbaren Daten unter Einsatz hoch entwickelter statistischer und ökonomischer Techniken, Techniken des Maschinen-Lernens und anderen quantitativen Techniken gewonnen werden. Und selbst im Rahmen dieser allgemeinen Beschreibung merkt die SEC die Schwierigkeit bei der Charakterisierung dessen an, was Hochfrequenzhandel tatsächlich bedeutet:

*„Der Begriff ist relativ neu und noch nicht klar definiert. Er wird typischerweise in Bezug auf die berufsmäßigen Händler verwendet, die als Eigenhändler handeln und Strategien einsetzen, die eine große Zahl von Handelsvorgängen auf täglicher Basis hervorbringen... Andere charakteristische Eigenschaften, die häufig Eigenhändlern zugeschrieben werden, die sich mit Hochfrequenzhandel befassen, sind: (1) Der Einsatz außerordentlich hoher Geschwindigkeiten und hoch entwickelter Computerprogramme zur Erzeugung, Weiterleitung und Ausführung von Aufträgen; (2) der Einsatz von Kollokationsdiensten und Datenquellen, die von Börsen und von anderen angeboten werden, um Netzwerkwartezeiten und andere Arten von Wartezeiten zu minimieren; (3) sehr kurze Zeiträume*

---

<sup>37</sup> Siehe Dokument DR6 zur Diskussion.

*zur Begründung und Liquidierung von Positionen; (4) die Erteilung zahlreicher Aufträge, die kurz nach ihrer Einreichung storniert werden; und (5) die Beendigung des Handelstages mit einer möglichst ausgeglichenen Position (das heißt, keine wesentlichen, nicht abgesicherten Positionen über Nacht zu halten).*<sup>38</sup>

Trotz der fehlenden Klarheit über die genaue Bedeutung des Hochfrequenzhandels herrscht wenig Uneinigkeit über seine Wichtigkeit an den Märkten. Viele Hochfrequenzhändler treten als Market Maker auf, indem sie passive limitierte Order in elektronischen Orderbüchern platzieren.<sup>39</sup> Diese passiven Order bieten der Gegenpartei Handelspartner an, die einen Käufer oder Verkäufer am Markt finden möchten. Zudem engagieren sich Hochfrequenzhändler häufig in der statistischen Arbitrage, indem sie ihr Wissen über die Wechselwirkungen zwischen und innerhalb von Märkten nutzen, um einen Vermögenswert zu kaufen, der zu einem niedrigen Kurs gehandelt wird, und gleichzeitig einen damit korrelierten Vermögenswert verkaufen, der zu einem höheren Preis gehandelt wird. Diese Tätigkeit führt im Wesentlichen zu einer „Bewegung“ von Liquidität zwischen den Märkten und bietet eine neue Dimension für die Funktion des Market Making. Die zentrale Bedeutung dieser Funktion hat zur Folge, dass der Hochfrequenzhandel am Marktvolumen mit einem großen Prozentsatz beteiligt ist. Schätzungen zur Höhe des Anteils des Hochfrequenzhandels am US-Aktienhandel gehen bis zu 77 %, wobei die Schätzungen über den Anteil des Hochfrequenzhandels an den europäischen Aktienmärkten von 30 bis 50 % reichen. Die Schätzungen zum Hochfrequenzhandel bei Termingeschäften und in Devisenmärkten bewegen sich in ähnlichen Bereichen. Tabb Securities schätzt, dass die Gewinne der Hochfrequenzhändler im Jahr 2010 bei USD 7,2 Mrd. lagen, obwohl Kearns, Kulesza und Nevmyvaka (2010) behaupten, die tatsächliche Zahl sei weit niedriger.<sup>40</sup>

Es gibt einige wichtige Unterschiede zwischen einem solchen Hochfrequenz-Market-Making und seinem herkömmlichen, auf Spezialisten aufbauenden Gegenstück. Hochfrequenz-Market-Maker verlassen sich auf Hochgeschwindigkeits-Computerverbindungen (die oft durch die zusätzliche Aufstellung ihrer Computer an der Börse erreicht werden), um eine massive Zahl von Handelsvorgängen einzugeben, mit dem Ziel, die Preisspanne zwischen den Angebots- und den Nachfragekursen zu verdienen. Solche Händler halten die Positionen im Allgemeinen nur für sehr kurze Zeitspannen (in manchen Fällen für Mikrosekunden) und einige arbeiten mit

---

<sup>38</sup> Siehe Securities and Exchange Commission, 2010, Concept Release on Equity Market Structure (dt.: Konzeptpapier zur Struktur des Aktienmarktes), Veröffentlichung Nr. 34-61458; Aktenzeichen S7-02-10, Seite 45.

<sup>39</sup> Siehe Brogaard (DR10) und Hendershott (DR12).

<sup>40</sup> M. Kearns, A. Kulesza und Y. Nevmyvaka, 2010, Empirical Limitations of High Frequency Profitability (dt.: Empirische Grenzen der Rentabilität des Hochfrequenzhandels), Arbeitspapier, University of Pennsylvania.

sehr geringen Kapitalbeständen. Während in traditionellen Märkten die Spezialisten die Verpflichtung hatten, zum Kauf und Verkauf bereitzustehen, handeln die Hochfrequenz-Market-Maker opportunistisch: Sie halten typischerweise keine großen Bestandspositionen und sie betreiben ihr Risikomanagement, indem sie den Handel einschränken, wenn die Marktbedingungen zu ungünstig sind.<sup>41</sup> Dieses Verhalten ruft das Schreckgespenst der vorübergehenden Illiquidität hervor.

Die Diskussion, die den Hochfrequenzhandel umgibt, ist zunehmend erhitzt geführt worden und spiegelt die unterschiedlichen Perspektiven zur Fähigkeit (und Erwünschtheit) der Hochfrequenzhändler wider, schneller zu handeln (und auf der Grundlage potenziell umfangreicherer Informationen) als andere Händler.<sup>42</sup> Paul Krugman repräsentiert die konträre Betrachtungsweise zum Hochfrequenzhandel:

*„Es ist schwierig, sich ein besseres Beispiel (der sozialen Nutzlosigkeit) vorzustellen als den Hochfrequenzhandel. Der Aktienmarkt sollte das Kapital zu seinen produktivsten Verwendungszwecken verteilen, zum Beispiel, indem er Unternehmen mit guten Ideen bei der Geldbeschaffung hilft. Es ist allerdings schwer vorstellbar, wie Händler, die ihre Order um eine dreißigstel Sekunde schneller als jeder andere platzieren, irgendetwas unternehmen, um diese soziale Funktion zu verbessern... Wir sind zu einer Gesellschaft geworden, in der das große Geld an schlechte Darsteller geht, eine Gesellschaft, die großzügig diejenigen belohnt, die uns ärmer machen.“<sup>43</sup>*

Lässt man die Rhetorik beiseite, sind die Fragestellungen rund um den computergestützten Handel und besonders zum Hochfrequenzhandel zwar komplex, aber der wirtschaftlichen Analyse zugänglich. Ein sinnvoller

---

<sup>41</sup> Es sollte beachtet werden, dass auch die traditionellen Spezialisten typischerweise vermieden haben, große Bestandspositionen zu halten. Die Zahl der Spezialisten, die zum Market Making verpflichtet sind, ist mittlerweile angesichts des neuen Wettbewerbs geschrumpft. An der Londoner Börse (London Stock Exchange, LSE) gibt es offiziell Market Maker für viele Wertpapiere (aber nicht für Aktien der größten und am stärksten gehandelten Gesellschaften, die stattdessen ein automatisiertes System namens TradElect nutzen). Einige der Mitgliedsunternehmen der LSE übernehmen die Verpflichtung, stets in jedem Aktienwert, für den sie den Markt machen, einen Kurs in beiden Richtungen zu stellen. Ihre Preise sind diejenigen, die im automatischen Kursnotierungssystem der Börse (Stock Exchange Automated Quotation (SEAQ) System) angezeigt werden, und zu diesen Kursen schließen die Broker gewöhnlich ab, wenn sie Aktien für Rechnung ihrer Kunden kaufen oder verkaufen.

<sup>42</sup> Hochfrequenzhändler verwenden im Allgemeinen unternehmenseigene Datenquellen, um so schnell wie möglich Informationen über den Zustand des Marktes zu erhalten. In den USA bedeutet dies, dass solche Händler Informationen erhalten, bevor sie über das zusammenfassende Band geliefert werden, was Fragen zur Fairness und zu potenziell schädlichen Effekten auf die Kapitalkostenseite aufwirft (siehe SEC [2010] (op cit) zur Diskussion).

<sup>43</sup> New York Times, 2. August 2009.

Ausgangspunkt ist, zu betrachten, wie es der Marktqualität ergangen ist, während sich diese neue Marktgestaltung entwickelt hat.<sup>44</sup>

### **3. Vergangenheit: Welche Auswirkungen hat der Computerhandel in den vergangenen Jahren auf die Marktqualität gehabt?**

#### **3.1 Liquidität**

Liquidität ist ein grundlegendes Merkmal für einen gut funktionierenden Markt, und das Fehlen von Liquidität ist im Allgemeinen der Kern vieler Finanzkrisen und -katastrophen. Die Definition von Liquidität ist jedoch problematisch. Auf der einfachsten Ebene ist ein Markt liquide, wenn ein Händler kaufen oder verkaufen kann, ohne den Preis des Vermögenswertes stark zu beeinflussen. Diese einfache Aussage wirft jedoch eine Reihe von Fragen auf. Spielt es eine Rolle, wie viel ein Händler handeln möchte? Spielt nicht die Zeit oder wie lange es dauert, um ein Geschäft auszuführen, ebenfalls eine Rolle? Hängt nicht die Liquidität teilweise von der eingesetzten Handelsstrategie ab? Könnte der Begriff der Liquidität nicht für verschiedene Händler eine unterschiedliche Bedeutung haben?

Wissenschaftler und Marktpraktiker haben eine Reihe von Ansätzen zur Messung der Liquidität entwickelt. Die Wissenschaftler argumentieren, dass sich die Liquidität am besten anhand von Merkmalen wie Enge, Stabilität und Tiefe messen lässt.<sup>45</sup> Die Enge ist die Differenz zwischen dem Handelskurs und dem Ursprungskurs. Die Tiefe entspricht dem Volumen, das zum aktuellen Preisniveau gehandelt werden kann. Die Stabilität bezieht sich auf die Geschwindigkeit, mit der der Kurs nach einigen (zufälligen) Transaktionen auf seinen ursprünglichen Stand zurückkehrt. In der Praxis stützen sich die Wissenschaftler und die Praktiker zur Bestimmung der Liquidität auf eine Reihe von Messgrößen. Dazu gehören die Preisspanne zwischen dem Geld- und dem Briefkurs (Bid-Ask-Spread) (Enge), die Zahl der im Orderbuch vorhandenen Aufträge (Tiefe) und die Auswirkungen von Geschäften auf den Preis (Stabilität). Transaktionskostenanalyse-Modelle verwenden Messgrößen wie die verwirklichten Spreads und die effektiven Spreads, um die tatsächliche Liquidität zu messen, und die Handelsfrequenzen und Orderbuchdynamik, um die erwartete Liquidität zu prognostizieren.

---

<sup>44</sup> Die Entwicklung der hier erörterten Innovationen vollzog sich weitgehend in der letzten Dekade, in einem Zeitraum, der auch durch sehr große Finanz- und Banken Krisen und nunmehr durch eine Staatsschuldenkrise gekennzeichnet ist. Zudem erfuhren sowohl Europa als auch die USA dramatische Änderungen in Gestalt der EU-Finanzmarkt richtlinie (MiFID) bzw. der Regulierung der Finanzmärkte (RegNMS). Dementsprechend muss man vorsichtig sein, bevor man alle Veränderungen im Marktverhalten bestimmten technischen Innovationen zuschreibt.

<sup>45</sup> Siehe Kyle, A. P., 1985, Continuous Auctions and Insider Trading (dt.: Fortlaufende Auktionen und Insiderhandel), *Econometrica*, 53, 1315-1335, und O'Hara, M., 1995, *Market Microstructure Theory* (dt.: Markt mikrostruktur-Theorie), (Blackwell, Oxford) zur Diskussion.

In den heutigen Märkten wird gewöhnlich beanstandet, dass die Liquidität kurzlebig ist, was bedeutet, dass die Aufträge innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne platziert und storniert werden und so für den durchschnittlichen Anleger nicht verfügbar sind. Der Gegenpunkt zu diesem Argument ist, dass die Algorithmen nun große Aufträge (die sogenannten „Mutteraufträge“) in kleinere „Tochteraufträge“ aufteilen, die über verschiedene Zeiträume und Handelsplätze ausgeführt werden. Wie der unsichtbare Mutterauftrag werden auch diese Tochteraufträge oft nicht vollständig am Markt angezeigt. Daher ist die Liquidität per se eher etwas wie ein bewegliches Ziel und die Händler versuchen sie unter Einsatz verschiedener computergesteuerter Strategien ausfindig zu machen. Eine Reihe von Algorithmen, wie „Guerrilla“ von Credit Suisse, „Stealth“ von Goldman Sachs oder „Dark“ von ITG sind so gestaltet, dass sie die Liquidität aufspüren, ohne ihre Handelsabsichten oder sogar die Existenz des Vermittlers der Order offenzulegen. Dieser Zwiespalt zwischen den sichtbaren und den dunklen Märkten steuert eine weitere Dimension zu der Herausforderung bei, Liquidität in computergesteuerten Märkten zu finden und auf sie zuzugreifen.

Die wichtigste Frage von Interesse ist, ob der computergesteuerte Handel (sei es in Gestalt des algorithmischen Handels oder allgemeiner in der Form des Hochfrequenzhandels) unter regulären Marktbedingungen mit einem Rückgang oder einem Anstieg der Liquidität verbunden ist. Eine gleichermaßen wichtige Frage bezieht sich darauf, ob ein solcher Handel Liquiditätsprobleme in Phasen angespannter Märkte verschärft.

Es gibt eine Reihe von Studien, die den computergesteuerten Handel und seine Folgen für das Orderbuch und die Transaktionen näher zu bestimmen versuchen. Hendershott, Jones und Menkveld (2011) nutzen die automatisierte Veröffentlichung der Kursnotierungen der New Yorker Börse (NYSE) als unausgesprochenes Experiment zur Messung der kausalen Wirkungen des algorithmischen Handels auf die Liquidität.<sup>46</sup> Im Jahr 2003 begann die NYSE mit der Einführung des automatischen Kursnotierungssystems zunächst für sechs große, aktive Aktienwerte und dann allmählich über die nächsten fünf Monate für alle Aktien an der NYSE, was den computergestützten Handel ermöglicht hat. Sie stellen fest, dass sich durch diese Veränderung die Spannen zwischen Geld- und Briefkurs (Bid-Ask-Spreads) verengt haben, was sie dahingehend interpretierten, dass ein erhöhter algorithmischer Handel die Liquidität verbessert und die nachteilige Selektion vermindert. Ihre Nachweise sind für die großen Aktienwerte am überzeugendsten. Chaboud et al. (2009) berichten ebenfalls über die Auswirkungen auf die Liquidität in den elektronischen Brokerdiensten des Devisenmarktes.<sup>47</sup> Sie stellen fest, dass obwohl einige algorithmische

---

<sup>46</sup> Hendershott, T., C. Jones und A. Menkveld, 2011, Does Algorithmic Trading Improve Liquidity (dt.: Verbessert der algorithmische Handel die Liquidität), *Journal of Finance*, 66, 1-33.

<sup>47</sup> Chaboud, A., B. Chiquoine, E. Hjalmarsson und C. Vega, 2009, Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market (dt.: Aufstieg der Maschinen: Algorithmischer Handel am Devisenmarkt), *International Finance Discussion Paper No. 980*, Board of Governors of the Federal Reserve System.

Händler ihre Aktivitäten in der Minute, die auf die Veröffentlichung von makroökonomischen Daten folgt, zu beschränken scheinen, die algorithmischen Händler ihr Liquiditätsangebot während der auf jede Veröffentlichung folgenden Stunde erhöhen.

Hasbrouck und Saar (2010) untersuchen Orderbuchdaten der NASDAQ aus den Handelsmonaten Oktober 2007 und Juni 2008.<sup>48</sup> Durch Betrachtung der 500 größten Unternehmen entwickeln sie einen Maßstab für die Hochfrequenz-Handelsaktivität, indem sie „strategische Programmabläufe“, wie verbundene Auftragserteilungen, Stornierungen und Ausführungen bestimmen, die wahrscheinlich Teile einer dynamischen Strategie sind. Ihre Schlussfolgerung lautet, dass die zunehmende Aktivität mit niedrigen Latenzzeiten die traditionellen Messwerte der Marktqualität, wie die Spreads und die veröffentlichte Tiefe im Orderbuch der limitierten Aufträge verbessert und die kurzfristige Volatilität vermindert.

Brogaard (2010) untersucht ebenfalls die Auswirkungen des Hochfrequenzhandels auf die Marktqualität.<sup>49</sup> Er stellt fest, dass Hochfrequenz-Handelssysteme an 77 % aller Handelsvorgänge beteiligt sind und dass sie zur Anwendung einer Preisumkehrstrategie tendieren. Er findet keine Anzeichen, die darauf hindeuten, dass sich der Hochfrequenzhandel in schlechten Zeiten von den Märkten zurückzieht oder vor großen, nicht zum Hochfrequenzhandel gehörenden Geschäften ein regelwidriges „Front Running“ betreibt. Der Hochfrequenzhandel beansprucht bei 50,4 % aller Handelsgeschäfte Liquidität und bietet bei 51,4 % aller Handelsgeschäfte Liquidität an. Die Hochfrequenz-Handelssysteme bieten auch über etwa 50 % der Zeit die besten Kurse an.

Mit Blick auf Europa untersucht Menkveld (2011) einige Details zum Eintritt eines neuen Hochfrequenzhändlers in den Handel mit niederländischen Aktien an der Euronext und eines neuen Markthandelssystems Chi-X für 2007 und 2008. Er zeigt, dass der Bestand der Hochfrequenzhändler zum Abschluss des Handelstages nahezu bei Null liegt, jedoch während des Tages variiert, was im Einklang mit der SEC-Definition des Hochfrequenzhandels steht. Er stellt fest, dass die Gewinne der Hochfrequenzhändler sämtlich aus passiven Orders herrühren (Liquiditätsangebot). Er stellt ebenfalls fest, dass sich die Preisspannen zwischen dem Geld- und dem Briefkurs innerhalb eines Jahres im Vergleich zu den belgischen Aktien, die von den eintretenden Hochfrequenzhändlern nicht gehandelt wurden, um einen Faktor von etwa 30 % verminderten.

Es gibt außerdem Studien, die über Liquiditätstrends berichten, ohne sich spezifisch auf den algorithmischen Handel bzw. den Hochfrequenzhandel zu

---

<sup>48</sup> Hasbrouck, J. und G. Saar, 2010, Low Latency Trading, Working Paper (dt.: Handel mit niedrigen Latenzzeiten, Arbeitspapier), Cornell University.

<sup>49</sup> Brogaard, J., 2010, High Frequency Trading and Its Impact on Market Quality, Working paper (dt.: Hochfrequenzhandel und seine Auswirkungen auf die Marktqualität, Arbeitspapier), Northwestern University.

beziehen. Castura et al. (2010) untersuchen Trends bei den Preisspannen zwischen den Geld- und den Briefkursen bei den Aktien des Russell 1000 und 2000 im Zeitraum von 2006 bis 2010.<sup>50</sup> Sie zeigen, dass die Preisspannen zwischen dem Geld- und dem Briefkurs (Bid-Ask-Spreads) über diesen Zeitraum zurückgegangen sind und dass sich die verfügbare Liquidität (definiert als der Wert, der zum Kauf zu den niedrigsten Verkaufsangeboten und zum Verkauf zu den höchsten Kaufangeboten verfügbar ist) mit der Zeit verbessert hat. Angel, Harris und Spatt (2010) zeigen eine langsame Verminderung des durchschnittlichen Spreads bei den Aktien des S&P500 über den Zeitraum von 2003 bis 2010 (wobei 2007/2008 einige kurzzeitige Fluktuationen nach oben festzustellen waren).<sup>51</sup> Sie stellen ebenfalls fest, dass sich über den relevanten Zeitraum auch die Tiefe allmählich erhöht hat. Die Belege zeigen auch, dass sowohl die Zahl der Kursnotierungen pro Minute und das Verhältnis zwischen Stornierung und Ausführung zugenommen haben, während die Geschwindigkeit für die Ausführung von Börsenaufträgen beträchtlich gestiegen ist. O'Hara und Ye (2011) untersuchen Liquiditätsprobleme im Zusammenhang mit der Frage, wie die Fragmentierung die Marktqualität beeinträchtigt hat.<sup>52</sup> Sie stellen fest, dass Aktien mit einem stärker aufgeteilten Handel niedrigere Spreads und schnellere Ausführungszeiten verzeichneten. Da der Hochfrequenzhandel an den neueren Handelsplattformen, wie BATS und Chi-X, stärker vertreten ist, deuten diese Belege darauf hin, dass der Hochfrequenzhandel mit geringeren Spreads und höheren Ausführungsgeschwindigkeiten verbunden ist.

Zwei Auftragsstudien liefern Nachweise für die britischen Märkte. Friederich und Payne (Dokument DR5) vergleichen den Einsatz von Hochfrequenz-Handelssystemen bei Aktien und Devisen. Sie stellen fest, dass die Durchdringung mit dem algorithmischen, dynamischen Fluss von Fremdaufträgen (d. h. beste Ausführung der Geschäfte für Rechnung der Kunden) in multilateralen Orderbüchern im Devisenhandel im Vergleich zum Aktienhandel relativ gering ist, vielleicht, weil der Devisenhandel liquider ist und die Aufträge deshalb nicht aufgeteilt werden müssen. Sie melden keinen Trend beim Volumen (dem gehandelten Volumen) der Aktien des FTSE100, die zwischen 2006 und 2011 gehandelt wurden, stellen jedoch fest, dass sich die Preisspannen zwischen den Geld- und den Briefkursen vermindert haben, während die Tiefe zugenommen hat. Die Zahl der abgewickelten Geschäfte hat sich andererseits über diesen Zeitraum um mehr als das Fünffache erhöht, wobei mit zu berücksichtigen ist, dass die

---

<sup>50</sup> Castura, J., R. Litzenberger, R. Gorelick und Y. Dwivedi, 2010, Market Efficiency and Microstructure Evolution in U.S. Equity Markets: A High-Frequency Perspective, Working paper (dt.: Markteffizienz und Entwicklung der Mikrostruktur an den US-Aktienmärkten: Ein Ausblick auf den Hochfrequenzhandel, Arbeitspapier), RGM Advisors, LLC.

<sup>51</sup> Angel, J., L. Harris und C. Spatt, 2010, Equity Trading in the 21<sup>st</sup> Century (dt.: Aktienhandel im 21. Jahrhundert), SSRN.

<sup>52</sup> O'Hara, M. und M. Ye, 2011, Is Market Fragmentation Harming Market Quality? (dt.: Schadet die Marktfragmentierung der Marktqualität?), Journal of Financial Economics, 100, 459-474.

durchschnittliche Handelsgröße nunmehr nur 20 % ihres früheren Wertes beträgt. Für kleine britische Aktienwerte ergeben sich andere Resultate. Erstens hat sich die durchschnittliche Handelsgröße während des Zeitraums von 2006 bis 2011 nicht so stark verändert, was darauf hindeutet, dass der Hochfrequenzhandel am Handel dieser Werte nicht so aktiv beteiligt ist. Zweitens gab es bei der Liquidität der Small-Cap-Aktien nur geringe Verbesserungen.

Linton (Dokument DR1) misst die tägliche Liquidität des FTSE-All Share Index, indem er eine Maßgröße mit niedriger Frequenz verwendet, den Gesamtertrag im Verhältnis zur Volumeneinheit. Er stellt fest, dass sich dieses Liquiditätsmaß in den letzten zehn Jahren beträchtlich verändert hat, indem es zunächst abnahm und dann während der Finanzkrise anstieg und anschließend wieder zurückging. Dasselbe gilt für das Handelsvolumen. Das prozessgesteuerte Handelsvolumen britischer Aktien scheint äußerst beständig zu sein, was bedeutet, dass Negativschocks beim Volumen, wie derjenige, der in den Jahren 2008/2009 auftrat, bis zu ihrer Korrektur lange Zeit benötigen können. Die wichtigste Schlussfolgerung daraus ist, dass „Ereignisse“ die Liquidität der britischen Aktienmärkte bestimmen, und falls der Hochfrequenzhandel bei diesem Trend eine Rolle spielt, ist diese im Vergleich zum wichtigen Faktor der Staatsverschuldung klein und unbedeutend.

Zusammengefasst deuten die meisten Anzeichen auf eine Verbesserung der Liquidität an den Finanzmärkten als Folge des computergesteuerten Handels und des Hochfrequenzhandels hin, aber in Zeiten angespannter Märkte können einige Probleme auftreten.

### 3.2 Transaktionskosten

Der Handel mit Computern ist billiger als der Handel mit menschlichen Akteuren, deshalb sind die Transaktionskosten in den letzten Jahren als Ergebnis der Automatisierung der Märkte stetig gesunken. Jones (2002) berichtet über die durchschnittlichen relativen Kosten, die von einer Partei für den Handel von Dow Jones-Aktien zwischen 1935 und 2000 gezahlt wurden.<sup>53</sup> Er stellt fest, dass die Gesamthandelskosten im Zeitraum von 1975 bis 2000 drastisch gesunken sind. Angel et al. (2010) zeigen, dass die durchschnittlichen Provisionen im Privatkundengeschäft in den USA zwischen 2003 und 2010, einem Zeitraum, der für Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Computerhandels stärker relevant ist, gesunken sind. Sie stellen ebenfalls einen länderübergreifenden Vergleich der Handelskosten zum Stand vom Ende des Jahres 2009 an. Nach dieser Studie ist der Handel mit US-Aktien mit hoher Marktkapitalisierung bei rund 40 Basispunkten Kosten weltweit am billigsten. Übrigens schnitt das Vereinigte Königreich bei diesem Vergleich recht schlecht ab; mit durchschnittlichen Kosten von 90 Basispunkten erzielten die britischen Aktien ein schlechteres

---

<sup>53</sup> Jones, C., 2002, A Century of Stock Market Liquidity and Trading Costs, Working paper (dt.: Ein Jahrhundert Aktienmarktliquidität und Handelskosten, Arbeitspapier), SSRN.

Ergebnis als der Rest Europas und Kanadas und schnitten nur geringfügig besser ab als die Aktien der Schwellenländer.

Menkveld (Dokument DR16) argumentiert, dass neue Markteinführungen, die oft so gestaltet sind, dass sie dem Hochfrequenzhandel entgegenkommen, tiefgreifende Auswirkungen auf die Transaktionskosten hatten. Beispielsweise hatte der Eintritt von Chi-X in den Markt für niederländische Index-Aktien einen unmittelbaren und beträchtlichen Effekt auf die von den Anlegern zu zahlenden Handelsgebühren, zuerst durch die geringeren Gebühren, die von Chi-X berechnet wurden, und dann durch die anschließende Gebührensenkung, die die Euronext angeboten hatte. Der stärkste Effekt bestand jedoch in der Reduzierung der Abwicklungsgebühren (Clearing Fee). Es trat eine neue Abrechnungsstelle, die EMCF, in den Markt ein, und dies löste einen Preiskampf aus, der mit einer Reduzierung der Clearing-Gebühren um 50 % endete.

Insgesamt kann nachgewiesen werden, dass die Transaktionskosten in den letzten zehn Jahren gesunken sind, was hauptsächlich auf den Veränderungen in der Handelsmarktstruktur beruht (was eng mit der Entwicklung des Hochfrequenzhandels verbunden ist).

### 3.3 Preiseffizienz

Eine zentrale Forderung der Finanzökonomien ist, dass effizientere Preise (die die fundamentalen Werte besser widerspiegeln) an den Finanzmärkten zu besser informierten Finanzierungs- und Anlageentscheidungen beitragen und letzten Endes zu einer besseren Ressourcenverteilung in der breiteren Wirtschaft. Der übliche Weg zur Messung der Effizienz führt über die Vorhersehbarkeit der Preise auf der Grundlage bestimmter Informationen. In der Praxis dienen weithin genutzte Maßgrößen, wie die Varianzverhältnisse und die Autokorrelationskoeffizienten, zur Einschätzung der Vorhersehbarkeit der Preise auf der Grundlage von linearen Regeln.

Mehrere Studien in diesem Forschungsprojekt beschäftigen sich mit der Frage, ob die von Hochfrequenz-Handelssystemen eingesetzten Strategien die Preiseffizienz voraussichtlich verbessern oder verschlechtern. Brogaard (Dokument DR10) beschreibt, wie Hochfrequenzhändler Geld verdienen und wie ihre Aktivitäten die Preisbildung beeinträchtigen können, beispielsweise indem sie dafür sorgen, dass sich die Kurse von Anlagewerten mit ähnlichen Gewinnen stärker aufeinander zu bewegen. Die Gewinne der Hochfrequenzhändler stammen aus einer Reihe von Quellen, etwa aus der passiven Market-Making-Tätigkeit, aus Liquiditätsrabatten, die von Börsen als Entgelt für die Liquiditätsbeschaffung eingeräumt werden, und aus der Entdeckung statistischer Muster, die in sogenannten statistischen Arbitrage-Strategien eingesetzt werden. Größere Market-Making-Aktivitäten dürften die Effizienz verbessern. Hochfrequenz-Handelsstrategien, die das Gesetz des identischen Preises über alle Anlagewerte und alle Handelsplätze durchsetzen, verbessern auf ähnliche Weise die Qualität der Preise

gegenüber den Anlegern.<sup>54</sup> Farmer (Dokument DR6) warnt, dass sich der Wandel zur größeren Effizienz verlangsamen könnte, wenn sich das Marktumfeld verändert.

Negative Auswirkungen auf die Effizienz können eintreten, wenn die Hochfrequenzhändler Marktmanipulationsstrategien verfolgen. Strategien, wie das Front Running, das Quote Stuffing (das Platzieren und anschließende unmittelbare Stornieren von Aufträgen) und das Layering (die Verwendung verdeckter Aufträge auf einer Seite und sichtbarer Aufträge auf der anderen Seite) können zur Manipulation der Preise eingesetzt werden. Beispielsweise können deterministische algorithmische Handelsstrategien, wie VWAP (Volume Weighted Average Price – dt.: volumengewichteter Durchschnittskurs) Strategien einen Front-Run eines anderen Algorithmus erfahren, der zur Erkennung eines solchen Handels programmiert ist. Strategien zur Entzündung einer Dynamik (Momentum Ignition), die im Wesentlichen Algorithmen erzeugen, die mit anderen Algorithmen in Wettstreit treten, können die Kurse von den fundamentalen Werten abdrängen. Jedoch ist klar, dass Strategien, mit denen die Preiseffizienz reduziert wird, wie manipulative directionale Strategien, schwieriger wirkungsvoll einsetzbar sind, wenn es viele Unternehmen gibt, die dieselbe Strategie verfolgen. Folglich gilt: Je kompetitiver die Hochfrequenz-Handelsbranche ist, umso effizienter werden die Märkte, an denen sie arbeitet, funktionieren.

Es gibt eine Reihe von Anzeichen, die darauf hindeuten, dass sich die Preiseffizienz allgemein durch die Gegenwart des Computerhandels verbessert hat. Castura et al. (2010) untersuchen Trends bei der Markteffizienz für die Aktien des Russell 1000 und 2000 im Zeitraum vom 1. Januar 2006 bis 31. Dezember 2009.<sup>55</sup> Gestützt auf die Nachweise aus den Varianzverhältnissen argumentieren sie, dass die Märkte durch die Gegenwart des Hochfrequenzhandels und seine zunehmende Markteindringung effizienter werden. Brogaard (2010) liefert weitere Belege zu dieser Frage. Er schätzt, dass die 26 Hochfrequenz-Handelsunternehmen in seiner Erhebung jährliche Gewinne von rund USD 3 Mrd. erzielen. Wären die Hochfrequenzhändler kein Bestandteil des Marktes, schätzt er, dass der Handel von 100 Aktien zu einer Kursbewegung führen würde, die um USD 0,13 höher ausfällt, als dies gegenwärtig der Fall ist, während eine Transaktion von 1.000 Aktien eine Kursveränderung von zusätzlichen USD 0,56 verursachen würde. Er legt ebenfalls dar, dass Handelsvorgänge und Aufträge des Hochfrequenzhandels einen größeren Beitrag zur Preisbildung leisten als nicht mit dem Hochfrequenzhandel verbundene Marktaktivitäten.

---

<sup>54</sup> Hendershott (Dokument DR12) beschreibt die Bedeutung der Preiseffizienz im Zusammenhang mit den Hochgeschwindigkeitsmärkten und bringt die Argumente dafür vor, warum der Hochfrequenzhandel die Markteffizienz verbessern kann, indem er die Preisbildung durch Informationsverbreitung ermöglicht.

<sup>55</sup> Castura et al (2010), op cit.

Linton (Dokument DR1) liefert Nachweise auf der Basis der täglichen Daten zu den britischen Aktien (FTSE All-Share). Er berechnet insbesondere Tests zu den Varianzverhältnissen und Messgrößen der linearen Berechenbarkeit für jedes einzelne Jahr von 2000 bis 2010. Die Messgrößen für die Berechenbarkeit (Ineffizienz) schwanken bei Null mit manchmal größerer und manchmal geringerer statistischer Signifikanz. Während der Finanzkrise bestand eine ausgeprägtere Ineffizienz, jedoch ist diese seitdem zurückgegangen. Er findet keinen Trend für die Effizienz im britischen Markt, weder im guten noch im schlechten Sinne.

Zusammenfassend deuten die überwiegenden Belege darauf hin, dass der Hochfrequenzhandel der Preiseffizienz nicht geschadet hat und dass er sie verbessert haben könnte.

#### **4. Gegenwart: Welche Auswirkungen hat der Computerhandel für die gegenwärtige Marktqualität?**

Der Flash Crash an den US-Märkten hat zu einer verstärkten Prüfung der Bedeutung der vorübergehenden Illiquidität an den Märkten und ihres Zusammenhangs mit den gegenwärtigen computergestützten Marktstrukturen geführt. Die Ereignisse vom 6. Mai 2010 sind nun ausführlich von der US-Aufsichtsbehörde für den Warenterminhandel CFTC (Commodity Futures Trading Commission) und der US-Wertpapier- und Börsenaufsichtsbehörde SEC (Securities and Exchange Commission) in zwei Berichten dokumentiert worden. Diese Berichte zeigen, dass ein komplexes Zusammenwirken von Kräften dazu führte, dass der Dow Jones Industrial Average um 998 Punkte fiel, der größte Kursverlust während eines einzigen Handelstages in der US-Börsengeschichte. Obwohl der Flash Crash weniger als 30 Minuten dauerte, ging für einen kurzen Zeitraum eine Marktkapitalisierung von mehr als USD 1 Billion verloren. In der Folge des Crashes wurden mehr als 20.000 Handelsvorgänge storniert. Ein länger andauernder Effekt war der nahezu fortwährende Rückzug der Händler im Privatkundengeschäft aus den Aktieninvestitionen.

Die CFTC-SEC-Berichte heben die Bedeutung hervor, die ein großer algorithmischer Verkauf von E-Mini-Future-Kontrakten im S&P spielte, der mit dem Beginn des Crashes zusammenfiel. Obwohl dies klar ein wichtiger Faktor ist, hebt der Report auch den Einfluss hervor, den eine Reihe von anderen Faktoren hatte, wie die Routing-Regeln, die Konventionen für die Kursangaben, Internas (die den Banken und Broker-/Händlerfirmen gegebenen Kennungen, die den Auftragsstrom intern freigeben), die Hochfrequenzhändler und die Handelsunterbrechungen. Diese Berichte stellen zwei beherrschende Fakten zu den gegenwärtigen Marktstrukturen klar: Es kann eine vorübergehende Illiquidität auftreten, und wenn dieser Fall eintritt, wird sie schnell auf die verbundenen Märkte übertragen. Dass der Flash Crash mit Terminkontrakten begann, die weltweit allgemein als zu den liquidesten zählenden betrachtet wurden, unterstreicht die potenzielle Brüchigkeit der gegenwärtigen Marktstruktur.

Eine Reihe von Forschungen beschäftigt sich damit, wie der Computerhandel ein Faktor für die Herbeiführung zeitweiliger Illiquiditäten sein kann. Leland (Dokument DR9) hebt die Rolle hervor, die erzwungene Verkäufe für die Marktliquidität haben können. Solche Verkäufe können sich aus verschiedenen Handelsstrategien ergeben, und ihre Effekte werden durch Hebelwirkungen verstärkt. Leland argumentiert, dass algorithmische Handelsstrategien als Reaktion auf automatische Datenströme ausgelöst werden und dadurch das Potenzial haben, zu Kaskadeneffekten bei den Marktpreisen zu führen, da die Verkäufe Kursbewegungen auslösen, die wiederum zusätzliche Verkäufe auslösen. Leland argumentiert ebenfalls, dass wegen der erzwungenen Verkäufe der Crash vom 19. Oktober 1987 und der Flash Crash große Ähnlichkeiten aufweisen. Da der moderne Hochfrequenzhandel 1987 noch nicht existierte, unterstreicht dieses Ergebnis, dass die Marktilliquidität kein neues Ereignis ist. Was für unsere Untersuchung von Bedeutung ist, ist die Frage, ob die gegenwärtigen computergesteuerten Praktiken ein größeres Illiquiditätsrisiko verursachen. Madhavan (2011) behauptet, dass die mit dem Hochfrequenzhandel verbundene Fragmentierung eine solche Ursache sein könnte.<sup>56</sup> Er legt dar, dass die an den Änderungen der Kursnotierungen gemessene Fragmentierung, die seiner Auffassung nach die Aktivität des Hochfrequenzhandels reflektiert, einen hohen Erklärungswert für sektorübergreifende Auswirkungen auf die Aktieninstrumente im Flash Crash hat.

Kirilenko et al. (2011) legen eine detaillierte Analyse über Hochfrequenz-Terminkontrahändler während des Flash Crashes vor.<sup>57</sup> Sie stellten fest, dass die Hochfrequenzhändler anfänglich als Liquiditätsanbieter handelten. Als jedoch die Kurse zusammenbrachen, zogen sich einige Hochfrequenzhändler vom Markt zurück, während sich andere zu Liquiditätsnachfragern wandelten. Sie ziehen die Schlussfolgerung, dass die Hochfrequenzhändler den Flash Crash nicht ausgelöst haben, dass aber ihre Reaktionen auf den ungewöhnlich großen Verkaufsdruck die Marktvolatilität erhöht haben. Easley, Lopez de Prado und O'Hara (2011) argumentieren, dass die historisch hohen Niveaus der Order-Toxizität die Market Maker zwangen, sich im Verlauf des Flash Crashes vom Markt zurückzuziehen. Der Auftragsstrom wird als toxisch betrachtet, wenn er nachteilig Market Maker auswählt, die sich nicht darüber bewusst sind, dass sie Liquidität zu ihrem eigenen Schaden anbieten. Easley et al. (2011) entwickeln eine Messgröße zur Bestimmung einer solchen Toxizität und

---

<sup>56</sup> Siehe Madhavan, A., 2011, "Exchange-Traded Funds, Market Structure, and the Flash Crash", Working paper (dt.: „Börsengehandelte Investmentfonds, Marktstruktur und der Flash Crash“, Arbeitspapier), BlackRock.

<sup>57</sup> Siehe Kirilenko, A., A. S. Kyle, M. Samadi und T. Tuzun, 2011, The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market (dt.: Der Flash Crash: Die Auswirkungen des Hochfrequenzhandels auf einen elektronischen Markt), SSRN.

argumentieren, dass der Auftragsstrom in den Stunden, die zum Flash Crash führten, zunehmend toxisch wurde.<sup>58</sup>

Es gab seit dem Flash Crash eine Reihe von anderen, kleineren Illiquiditätsereignissen. Beispielsweise stürzten am 8. Juni 2011 Erdgas-Futures um 8,1 % ab und erholten sich Sekunden später wieder. Am 2. Februar 2011 versandte ein fehlgeleiteter Algorithmus für Öl-Futures 2.000 bis 3.000 Order in einer einzigen Sekunde, verursachte eine kurzfristige Spitze um das Achtfache bei der Volatilität und änderte den Ölpreis um USD 1, bevor der Algorithmus abgeschaltet wurde. Im März wurden Handelsgeschäfte in 10 neuen börsengehandelten Morningstar-Investmentfonds storniert, als die Preise infolge eines Ereignisses um 98 % fielen, das als ein „Fat-Finger“-Problem ermittelt wurde (die umgangssprachliche Bezeichnung für einen Irrtum bei der Dateneingabe).

Zusammenfassend deuten die Nachweise darauf hin, dass der Hochfrequenzhandel und der algorithmische Handel an den gegenwärtigen Märkten zur vorübergehenden Illiquidität beitragen können.

## **5. Zukunft: Wie wird sich der Einfluss des Computerhandels auf die Liquidität voraussichtlich in den nächsten 10 Jahren entwickeln?**

Es herrscht beträchtliche Unsicherheit über die zukünftige Rolle des Hochfrequenzhandels. Die Tabb Group schätzt, dass der Hochfrequenzhandel im ersten Halbjahr 2011 an den US-Märkten 53 % des Handels ausmachte, was einen Rückgang von dem 2010 eingenommenen Anteil von 61 % bedeutet. Jedoch war bei der extremen Marktvolatilität im August 2011 eine vehemente Rückkehr des Hochfrequenzhandels zu verzeichnen. Wedbush, einer der größten Anbieter von Abrechnungsdiensten für Hochfrequenz-Handelsunternehmen, schätzt, dass der Hochfrequenzhandel während des Zeitraums vom 4. bis zum 10. August bis zu 75 % oder mehr des US-Volumens ausmachte.<sup>59</sup> Ob der Hochfrequenzhandel weiterhin so dominant bleiben wird, wenn die Volatilität auf normale Werte zurückgeht, bleibt abzuwarten.

Es gibt auch Anzeichen dafür, dass die Rentabilität des Hochfrequenzhandels ihre Grenzen erreicht und in den nächsten Jahren

---

<sup>58</sup> Siehe Easley, D., M. Lopez de Prado und M. O'Hara, 2011, The Microstructure of the Flash Crash: Flow Toxicity, Liquidity Crashes and the Probability of Informed Trading (dt.: Die Mikrostruktur des Flash Crash: Toxizität des Auftragsstroms, Liquiditätszusammenbrüche und die Wahrscheinlichkeit des informierten Handels), Journal of Portfolio Management, 37, 118-128.

<sup>59</sup> Siehe Mehta, N., „High Frequency Firms Tripled Trades Amid Rout, Wedbush Says“ (dt.: „Hochfrequenz-Handelsunternehmen verdreifachten die Geschäfte während des Markteinbruchs“), Bloomberg, 12. August 2011.

weiter unter Druck geraten könnte.<sup>60</sup> Solche Rentabilitätsrückgänge können aus einer Reihe von Gründen eintreten: Die mögliche Umstellung auf das „Sub-Penny Pricing“ (die Zulassung von Kursschritten unterhalb eines Dollarcent) in den USA könnte die Rentabilität des Market Making vermindern; es könnten neue Arten von limitierten Aufträgen für eine Vielzahl von Handelsplätzen erlaubt werden, die die Möglichkeit überholter Preise über die verschiedenen Handelsplätze hinweg vermindern würde; neu in die Hochfrequenz-Handelsbranche eintretende Unternehmen werden den bisherigen Akteuren die Gewinne streitig machen; durch Regelungen und Besteuerung kann ihr Geschäftsmodell möglicherweise vollständig zerstört werden. Sinkende Eintrittskosten durch mögliche zukünftige technische Verbesserungen können ebenfalls den Wettbewerb erhöhen. Die Beschränkung des Wertes kleiner Verbesserungen bei der Geschwindigkeit, beispielsweise durch die Verminderung der Bedeutung der Zeitpriorität oder durch das Erfordernis einer Mindestgeltungsdauer eines Auftrages, können ebenfalls den Hochfrequenzhandel vermindern, weil dadurch der Anreiz für ein Wettrennen, bei dem der Sieger alles gewinnt, reduziert wird.

Gleichwohl scheint es unvermeidlich, dass der Computerhandel in den nächsten 10 Jahren eine dominierende Kraft an den Märkten sein wird. Ein Grund hierfür werden die technischen Fortschritte sein, die die automatische Gewinnung, Sammlung und Filterung von Nachrichten erleichtern.<sup>61</sup> Eine solche Nachrichtenanalyse könnte für die Konstruktion von Modellen für Hochfrequenzhändler wie auch für Portfoliomanager verwendet werden. Die Nachrichtenanalysetechnik ermöglicht gegenwärtig die elektronische Kennzeichnung von Nachrichtenereignissen, Unternehmensanträgen und ähnlichem und gestattet den Händlern, die Zugriff auf diese Computertechnologie haben, mehr Informationen schneller einzusehen. Die Einbindung solcher Informationen in computergesteuerte Handelsstrategien bietet den Händlern ein Mittel, um Informationen auszunutzen, bevor sie in die Marktpreise eingegangen sind. Der Hochfrequenzhandel wird gut positioniert sein, um die Vorteile aus solchen aufkommenden Technologien wahrzunehmen.

Soweit ein solcher Handel für einen schnelleren Eingang der Informationen in die Preise sorgt, werden die Märkte davon profitieren, indem sie effizienter werden. Jedoch führen solche Strategien auch zur Steigerung des „Wettrüstens“ an den Märkten, indem den technologisch cleversten Händlern die größten Belohnungen gewährt werden. Somit ist es möglich, dass sich der gesamte Handel in Richtung auf den Computerhandel entwickeln wird, wenn man bedenkt, dass die Technik sich mit der Zeit in der gesamten Bevölkerung verbreitet.

---

<sup>60</sup> Siehe Brogaard (DR10) und Hendershott (DR12).

<sup>61</sup> Siehe Mitra, diBartolomeo, Banerjee und Yu (Dokument DR8).

Während dies geschieht, können die Marktsysteme auch unerwünschte negative Effekte erfahren.<sup>62</sup> Ein solcher Effekt ist bereits in den Problemen des Nachrichtenverkehrs präsent. Nachrichtenverkehr (Message Traffic) ist die Bezeichnung, die Computerinstruktionen für die Platzierung, Änderung und Stornierung von Aufträgen gegeben wurde. An jedem Handelstag übersteigt der Nachrichtenverkehr bei weitem das Handelsvolumen, weil mehr Aufträge storniert oder geändert werden, als jemals ausgeführt werden. An volatilen Tagen kann der Nachrichtenverkehr Marktstillstände verursachen, weil die Server und die sonstigen Computerkomponenten des Handels den Nachrichtenstrom nicht mehr bewältigen können. Solche Ausfälle waren während des Flash Crashes im Mai 2010 weit verbreitet. Die wiederholten sich Anfang August 2011, als das extreme Volumen und die Volatilität zum Ausfall der Handelsplattformen bei Goldman Sachs und bei anderen großen Handelsfirmen in den USA führten. Wenn dies geschieht, ist die Marktliquidität beeinträchtigt.

Ein damit verbundenes systematisches Risiko kann sich ergeben, wenn eine große Gruppe von Marktteilnehmern dieselbe Strategie verfolgt. Wenn die Nachrichtenanalyse beispielsweise zu einer treibenden Kraft für das Portfoliomanagement wird, können Serien von Verkaufsaufträgen (oder Kaufaufträgen) am Markt eingehen, die alle durch dieselbe Information bestimmt sind. Für Market Maker sind solche Order „toxisch“, weil der Market Maker als Gegenpartei für Vermittler mit besserer Information handeln will. Wie man beim Flash Crash gesehen hat, besteht die Strategie der Market Maker darin, sich zurückzuziehen, wenn die Toxizität überhand nimmt, und als Folge tritt Illiquidität ein. Folglich werden neue Risikomanagementprodukte entwickelt werden müssen, die die Market Maker, Händler und Regulierungsstellen in die Lage versetzen, funktionsfähig zu bleiben.<sup>63</sup> Die Zukunft des Computerhandels kann demnach mehr Technik erfordern, die in der Lage ist, die Technologie zu kontrollieren, die die Märkte kontrolliert.

## 6. Schlussbemerkung

Der Computerhandel ist jetzt eine Realität an den Anlagemärkten. Die Technik hat den Eintritt neuer Marktteilnehmer, das Aufkommen neuer Handelsmethoden und sogar die Entwicklung neuer Marktstrukturen ermöglicht. Vieles von dem, was sich an den Märkten geändert hat, ist zum Guten hin geschehen: Die Liquidität wurde erhöht, die Transaktionskosten gesenkt und die Markteffizienz scheint besser zu sein oder sicherlich nicht schlechter. Es gibt allerdings Probleme in Bezug auf zeitweilige Illiquiditäten, neue Formen der Manipulationen und potenzielle Bedrohungen der Marktstabilität aufgrund fehlgeleiteter Algorithmen oder exzessivem

---

<sup>62</sup> Siehe Farmer und Skouras (Dokument DR6).

<sup>63</sup> Siehe beispielsweise Easley, D., M. Lopez de Prado und M. O'Hara, 2011, The Exchange of Flow Toxicity (dt.: Die Toxizität des Auftragsstroms), Journal of Portfolio Management, 6, 8-13.

Nachrichtenverkehr, denen begegnet werden muss. Regulatorische Änderungen bei den Praktiken und den Richtlinien werden nötig sein, um mit den neuen Realitäten des Handels an den Anlagemärkten Schritt zu halten. Es muss vorsichtig agiert werden, um zu vermeiden, dass die zahlreichen Vorteile zunichte gemacht werden, die der Hochfrequenzhandel mit sich gebracht hat. Die Technik wird auch in Zukunft die Anlagemärkte beeinflussen, besonders was die ultraschnelle Verarbeitung von Nachrichten und ihre Berücksichtigung in den Anlagepreisen betrifft.

# **Papier 3: Die Auswirkungen technischer Entwicklungen**

Dave Cliff, University of Bristol.

# Wesentliche Ergebnisse

Kontinuierliche Fortschritte bei der Perfektion „roboterartiger“ automatisierter Handelstechnologie und die Rückgänge der Kosten dieser Technologie werden sich in absehbarer Zukunft fortsetzen.

Die heutigen Märkte umfassen menschliche Händler, die mit einer großen Zahl von Roboterhandelssystemen interagieren, und noch gibt es nur wenige wissenschaftliche Erkenntnisse darüber, wie sich solche Märkte verhalten können.

Für zeitkritische Aspekte des automatisierten Handels bieten leicht anpassbare spezielle Silikon-Chips größere Geschwindigkeitsverbesserungen an; wo die Zeit weniger problematisch ist, liefern Cloud Computing-Dienste über Fernzugriff sogar noch größere Kostensenkungen.

Die zukünftigen Handelsroboter werden in der Lage sein, sich mit geringer menschlicher Beteiligung an ihrer Gestaltung anzupassen und zu lernen. An den großen Finanzmärkten der Zukunft werden weit weniger menschliche Händler benötigt werden.

# Kurzfassung

Die Geschwindigkeit und Perfektion der Computer- und Kommunikationstechnik nimmt an den Finanzmärkten wie auch andernorts schnell zu, während die realen Kosten der Technik stetig sinken. An den Märkten gibt es Tätigkeiten, die stets der Verantwortlichkeit menschlicher Mitarbeiter unterlagen, die aber nunmehr von Maschinen wahrgenommen werden können, die dieselbe Arbeit zu geringeren Kosten, mit weniger Fehlern und viel schneller verrichten. Zudem sind die heutigen „roboterartigen“ Computerhandelssysteme in der Lage, Aufgaben zu erfüllen, die kein menschlicher Händler jemals verrichten könnte, wie etwa die Aufnahme und Einbeziehung großer Datenmengen und das Fällen vielfältiger exakter Handelsentscheidungen im zeitlichen Rahmen von Sekundenbruchteilen. Die gegenwärtigen technischen Entwicklungen bieten ebenfalls ausgeklügelte Techniken zur Nachrichtenanalyse. Moderne Handelssysteme können nicht nur von den Nachrichten lernen, sondern auch aus ihrer eigenen Erfahrung an den Märkten. Der Hochfrequenzhandel ist von solchen Technologien zutiefst abhängig.

Es ist klar, dass sowohl das Entwicklungstempo der technischen Innovationen an den Finanzmärkten als auch die Schnelligkeit, mit der sie eingeführt werden, in Zukunft aller Voraussicht nach anhalten oder noch zunehmen werden. Die Rechenleistung wird billiger werden und die automatischen Handelssysteme werden schneller und intelligenter werden. Die Verfügbarkeit billiger Cloud Computing-Leistung bedeutet, dass Computer leicht zur Bewertung einer großen Zahl alternativer Gestaltungen von Handelsstrategien verwendet werden können, um die besten Pläne zu entwerfen und weiter zu verfeinern. Die Umsetzung der abschließenden Konzepte kann weniger in Form von Programmen, die auf konventionellen Computern laufen, betrieben werden, sondern vielmehr in Form von speziellen, individuell angepassten Silikon-Chips, um zusätzliche Geschwindigkeit zu erreichen. Mittels Computern entwickelte und optimierte Handelsroboter werden voraussichtlich zunehmend als Routine betrachtet werden, und mit der Zeit könnten sie möglicherweise die gegenwärtigen von Menschen entwickelten und verfeinerten Algorithmen ersetzen. Künftige Cloud Computing-Dienste könnten die automatische Kompilierung bis hinunter zur kundenspezifisch angepassten Silikon-Chip-Hardware liefern.

Obwohl bereits ein sehr großer Anteil der Transaktionen an den Märkten von Computern generiert wird, gibt es noch eine große Zahl menschlicher Händler an den Märkten. An verschiedenen bedeutenden Märkten (wie etwa am Devisenmarkt) ist die Gesamtzahl der menschlichen Händler, die mit der Ausführung von Aufträgen an Ort und Stelle befasst sind, in den letzten Jahren stark zurückgegangen und wird sich wahrscheinlich in Zukunft weiter verringern. Dennoch wird die heutige Mischung aus menschlichen und automatischen Händlern aller Voraussicht nach noch für einige Zeit erhalten bleiben. In Anbetracht dieser Mischung aus Menschen und Robotern liegt die Erforschung der gegenwärtigen Märkte weder vollständig im Bereich der Sozialwissenschaften, wie den Wirtschaftswissenschaften, noch vollständig

im Bereich der Computerwissenschaft und Nachrichtentechnik. Vielmehr handelt es sich bei den derzeitigen Märkten um offenkundige *soziotechnische Systeme*. Die charakteristischen Merkmale und die Dynamik der Märkte, die von diesem Gemenge von Menschen und Robotern bevölkert werden, sind noch nicht gründlich verstanden worden, und sie verhalten sich manchmal auf unvorhersehbare und unerwünschte Weise. Selbst vollautomatisierte Handelssysteme mit „Handelsrobotern“, die von vielen verschiedenen Parteien eingesetzt werden, bedürfen einer sehr sorgfältigen Untersuchung. Die wichtigsten Herausforderungen für die Zukunft richten sich darauf, wie das komplexe und dynamische soziotechnische Ökosystem der globalen Finanzmärkte aufgezeichnet, gesteuert und verändert werden kann, um unerwünschtes Verhalten zu verhindern.

Diese technischen Entwicklungen bedeuten, dass größere Handelssysteme heutzutage an jedem beliebigen Ort bestehen können. Die Schwellenländer können die Möglichkeiten ausnutzen, die ihnen die neuen Technologien bieten, und dadurch möglicherweise in die Lage versetzt werden, die traditionelle historische Dominanz der großen Städte Europas und der USA als globale Zentren für den Handel an den Finanzmärkten zu bedrohen.

## I. Einführung

Der gegenwärtige Trend zu immer höheren Stufen der Automatisierung des Handels auf dem Börsenparkett, bei den Banken und bei den Fondsmanagementgesellschaften ähnelt dem großen Wandel zur Automatisierung der Produktion und der Montage, den die Fertigungstechnik in den Industrieländern in den 1980er- und 1990er-Jahren vollzogen hat, und wird wahrscheinlich eine ähnliche Wirkung auf die Verteilung der Beschäftigung im Finanzsektor haben. Obwohl bereits ein sehr großer Anteil der Transaktionen an den Märkten von Computern generiert wird, sind die charakteristischen Merkmale und die Dynamik der Märkte, die von diesem Gemenge von Menschen und Robotern bevölkert werden, noch nicht gründlich verstanden worden, und bisweilen verhalten sich die Märkte auf unvorhersehbare und unerwünschte Weise. Es sind nur wenige Einzelheiten über das Verbindungsnetzwerk der Interaktionen und Abhängigkeiten an technologiebasierten Finanzmärkten bekannt. Es besteht eine klare Notwendigkeit zur Aufzeichnung des gegenwärtigen globalen Finanznetzwerks, damit ein Verständnis der aktuellen Situation gewonnen werden kann. Solch eine Bestandsaufnahme wird es möglich machen, neue Werkzeuge und Techniken zur Steuerung des Finanznetzwerks zu entwickeln und zu erforschen, wie es verändert werden kann, um unerwünschtes Verhalten zu vermindern oder zu unterbinden.<sup>64</sup> Es ist klar,

---

<sup>64</sup> Die Notwendigkeit zur Aufzeichnung, Steuerung und Anpassung des Finanznetzwerks ist eine zentrale Botschaft einer aus dem Jahr 2009 stammenden Rede *Rethinking the Financial Network* (dt.: *Überdenken des Finanznetzwerks*) von A. Haldane, dem für die Finanzstabilität zuständigen geschäftsführenden Direktor der Bank of England, siehe <http://www.bankofengland.co.uk/publications/speeches/2009/speech386.pdf>.

dass neue Technologien, neues Wissen und neue technische Werkzeuge und Verfahren nötig sind, um bei der Erfassung, Steuerung und Anpassung des Marktsystems zu helfen.

## 2. Wie hat sich die Finanzmarkttechnologie entwickelt?

Die technologischen Änderungen der letzten fünf Jahre kann man am besten als Fortsetzung eines längerfristigen Trends verstehen. Cliff, Brown und Treleaven (Dokument DR3) berichten über die Geschichte der Technik an den Finanzmärkten, decken das 18., 19. und 20. Jahrhundert in kurzer Form ab und erforschen dann detaillierter die schnellen und bedeutenden Änderungen, die sich in den Anfangsjahren des 21. Jahrhunderts ereignet haben. Ihr Bericht, der sich auf viele Quellen stützt, ist hier kurz zusammengefasst.<sup>65</sup>

Wie Cliff *et al.* in Dokument DR3 erörtern, gehörten die Datenverarbeitung mit hoher Geschwindigkeit und die Übertragung der Daten mit hoher Geschwindigkeit von einem Ort zum anderen für die Finanzmärkte immer zu den wesentlichen Prioritäten. Lange vor der Erfindung des Computers und des Taschenrechners konnten Händler mit schnellen geistigen arithmetischen Fähigkeiten ihre begriffsstutzigeren Wettbewerber überlisten. Im 19. Jahrhundert wurde der Austausch von wichtigen Finanzinformationen mittels reitenden Boten durch die schnellere „Technologie“ der Brieftauben ersetzt; später wurden die Tauben durch den Telegraphen überflüssig gemacht und schließlich der Telegraph durch das Telefon. Im letzten Viertel des 20. Jahrhundert bedeutete der Umstieg zu computergestützten Handelssystemen, dass automatisierte Handelssysteme damit beginnen konnten, Funktionen auszuführen, die zuvor nur von Menschen verrichtet wurden: Computer konnten die Preise eines Finanzinstruments überwachen (zum Beispiel einen Aktienkurs) und konnten Aufträge zum Kauf oder Verkauf des Instruments erteilen, wenn der Preis festgelegte Auslösungspreise überstieg oder unterschritt. Solche sehr einfachen „Programmhandelssysteme“ wurden weithin für den als „Schwarzer Montag“ bekannten Crash vom Oktober 1987 verantwortlich gemacht und die Erinnerung daran dämpfte danach mehrere Jahre lang die Begeisterung dafür, Computern die Erteilung von Kauf- oder Verkaufsaufträgen an den Märkten zu gestatten. Gleichwohl halbierten sich weiterhin die realen Kosten der Rechnerleistung in etwa alle zwei Jahre (die Wirkung des sogenannten

---

<sup>65</sup> Als weitere Darstellungen zur jüngsten Geschichte der technischen Entwicklung an den Finanzmärkten werden besonders die folgenden drei Texte empfohlen: J. Angel, L. Harris & C. Spratt (2010), *Trading in the 21st Century* (dt.: *Der Handel im 21. Jahrhundert*). (unveröffentlichtes Manuskript, verfügbar über <http://www.sec.gov/comments/s7-02-10/s70210-54.pdf>); P. Gomber, *et al.* (2011). *High Frequency Trading* (dt.: *Hochfrequenzhandel*). Technischer Bericht, Goethe Universität & Deutsche Börse; sowie D. Leinweber (2009), *Nerds on Wall Street* (dt.: *Nerds an der Wall Street*). John Wiley Publishers. Für eine sehr aktuelle Diskussion zum Hochfrequenzhandel, unter Einbeziehung von Interviews mit führenden Praktikern, siehe E. Perez (2011), *The Speed Traders* (dt.: *Die Hochgeschwindigkeitshändler*). McGraw-Hill Publishers.

Mooreschen Gesetzes) und so war es in den späten 1990er-Jahren möglich, ohne Mehrkosten Computer zu kaufen, die 100 mal leistungsfähiger waren, als die 1987 verwendeten. All diese zusätzliche Computerleistung konnte für die Einführung wesentlich ausgeklügelterer Verfahren zur Fällung von Anlageentscheidungen und die Erstellung strukturierter Muster der Aufträge an den Märkten eingesetzt werden.

Bis zur Jahrtausendwende, als die realen Kosten des Computerwesens weiterhin mit dramatischer Geschwindigkeit fielen, war das Management eines Investmentfonds ein zunehmend technisches Feld geworden, das hochgradig von rechenintensiven mathematischen Modellen abhing, um das Portfoliorisiko zu vermindern oder zu neutralisieren, d. h. die Risiken bei den Fondspositionen abzusichern (zu „hedgen“), wodurch sich der Begriff des „Hedge-Fonds“ entwickelt hat. Viele Hedge-Fonds stützten ihre Anlageentscheidungen auf die sogenannte *statistische Arbitrage* (gewöhnlich als „Stat Arb“ abgekürzt). Eine beliebte Art von Stat Arb-Strategien ermittelt langfristige statistische Beziehungen zwischen verschiedenen Finanzinstrumenten und handelt unter der Annahme, dass jegliche Abweichungen von diesen langfristigen Beziehungen vorübergehender Art sind und dass die Beziehung zu gegebener Zeit zu ihrem Mittelwert zurückkehren würde. Eine der einfachsten dieser „Rückkehr zum Mittelwert“-Strategien ist das *Pairs-Trading*, bei dem die statistische Beziehung, die als Handelssignal verwendet wird, der Grad der Korrelation zwischen nur zwei Aktien ist. Die Ermittlung produktiver paarweiser Korrelationen im Meer der Finanzmarktdaten ist eine anspruchsvolle Berechnungsaufgabe, da aber der Preis der Rechenleistung fiel, wurde es möglich, immer komplexere Stat Arb-Strategien zu erproben.

Zugleich bedeutete die Verfügbarkeit billiger Rechenleistung, dass es möglich war, automatisierte Handelssysteme einzusetzen, die bedeutend intelligenter waren, als die in den Crash von 1987 verwickelten Systeme. In den meisten Fällen stützte sich diese Intelligenz auf strikt mathematische Methoden, die fest in der statistischen Modellierung und der Wahrscheinlichkeitstheorie verankert waren. Die neue Welle automatischer Systeme konzentrierte sich auf die *Ausführung* eines Handelsgeschäfts. Der Computer traf weder die Entscheidung, ein bestimmtes Aktienpaket oder eine bestimmte Menge Rohstoffe zu kaufen oder zu verkaufen, noch eine bestimmte Devisenmenge in eine andere umzutauschen: Diese Entscheidungen wurden immer noch von Menschen getroffen (wahrscheinlich auf der Grundlage komplexer statistischer Analysen). Aber sobald die Handelsentscheidung getroffen worden war, wurde die Ausführung des Handels einem automatischen Ausführungssystem übergeben. Anfangs bestand die Motivation zur Übertragung der Handelsvorgänge an die automatischen Ausführungssysteme darin, dass die menschlichen Händler dadurch freie Zeit hatten, um sich mit den komplizierteren Handelsgeschäften zu beschäftigen. Als die automatischen Ausführungssysteme verbreiteter wurden und ihnen mehr Vertrauen entgegengebracht wurde, begannen verschiedene Handelsinstitutionen, mit anspruchsvolleren Ansätzen zur automatischen Ausführung zu experimentieren: Verschiedene Methoden und verschiedene *Algorithmen*

konnten eingesetzt werden, um den Einschränkungen der verschiedenen Arten von Transaktionen bei unterschiedlichen Marktverhältnissen gerecht zu werden; und damit war die Vorstellung des „algorithmischen Handels“ geboren.

Zur selben Zeit, als die automatischen Ausführungssysteme entwickelt wurden, um die Marktauswirkungen zu reduzieren, perfektionierten andere Handelsteams fortgeschrittene Stat Arb-Techniken zur Ermittlung von Handelsmöglichkeiten auf der Grundlage komplexer statistischer Regelmäßigkeiten, die tief in den Daten verborgen lagen: Auf der Suche nach Möglichkeiten, ähnlich dem Pairs-Trading in den 1980er-Jahren, die jedoch typischerweise wesentlich mehr als zwei Instrumente einbezogen, mussten die Daten zum Preis und Volumen hunderter oder tausender von Instrumenten gleichzeitig berücksichtigt und miteinander verglichen werden. Diese fortgeschrittenen Stat Arb-Ansätze wurden durch leistungsstarke Computer, die zur Ausführung der statistischen Analysen eingesetzt wurden, sowie durch Entwicklungen in der computergestützten Handelsinfrastruktur (die maschinelle Ausstattung, die die Händler verwenden, um miteinander und mit den Börsen zu kommunizieren) möglich gemacht. Zwei bemerkenswerte Entwicklungen waren die *durchgehende Datenverarbeitung (Straight-Through Processing, STP)*, bei der der gesamte Handelsprozess vom Auslösen einer Order bis zu den abschließenden Zahlungen und der Abrechnung ein nahtloser elektronischer Ablauf transaktionsverarbeitender Schritte ohne dazwischen liegende Abschnitte mit menschlicher Bearbeitung ist, und der *direkte Marktzugang (Direct Market Access, DMA)*, bei dem den Anlegern und den Investmentfonds ein direkter Zugang zu den elektronischen Orderbüchern einer Börse gewährt wird, damit sie nicht über einen Intermediär, wie etwa eine Investmentbank oder einen Broker/Händler, mit dem Markt interagieren müssen.

Das Zusammentreffen billiger Rechenleistung, statistisch komplexer und rechenintensiver Handelsstrategien und schneller automatisierter Ausführung über die durchgehende Datenverarbeitung (STP) und den direkten Marktzugang (DMA) bedeutet, dass es in den letzten zwei oder drei Jahren zur üblichen Praxis der Marktteilnehmer geworden ist, Gegenparteien für eine Transaktion elektronisch zu suchen und die Transaktion anschließend auszuführen, und zwar alles zusammengenommen innerhalb von wenigen Sekunden.

Das alte „vertikal integrierte“ Geschäftsmodell des Investment-Banking wird zunehmend fragmentierter. Ein Effekt der Rechtsetzung im Rahmen der EU-Finanzmarktrichtlinie war es, ein System kleiner und mittlerer Unternehmen zu schaffen, die technische „Middleware“-Komponenten anbieten, die einzeln gekauft und miteinander verbunden werden konnten, um dieselbe Funktionalität zu erreichen, die zuvor ausschließlich den Handelssystemen vorbehalten waren, die von den großen Instituten unternehmensintern entwickelt wurden. Dadurch wurden die Eintrittsschranken gesenkt: Mit ausreichend liquiden Mitteln ausgestattet, können ein oder zwei Unternehmer, die in einem gemieteten Büro mit einer Hochgeschwindigkeits-Internetverbindung arbeiten, ein Handelsunternehmen gründen und einen

großen Teil oder vielleicht den gesamten Arbeitsfluss automatisieren, der benötigt wird, um einen Fonds zu betreiben. Gleichzeitig ist ein neuer Handelsstil aufgekommen, der als Hochfrequenzhandel<sup>66</sup> bekannt ist und bei dem automatisierte Systeme an den elektronischen Börsenstandorten kaufen und verkaufen und manchmal eine bestimmte Position nur für einige Sekunden oder noch kürzere Zeiträume halten. Das heißt, ein Hochfrequenz-Handelssystem könnte eine Long-Position einnehmen, indem es eine Anzahl von Aktien kauft (oder ein anderes Finanzinstrument, wie etwa einen Rohstoff oder eine Devisen), sie vielleicht für zwei oder drei Sekunden hält und dann an einen Käufer verkauft. Wenn der Preis des Instruments in diesen zwei oder drei Sekunden steigt und solange die Transaktionskosten gering genug sind, hat das Hochfrequenz-Handelssystem beim Verkauf einen Gewinn erzielt. Es ist unwahrscheinlich, dass der Gewinn aus dem Halten einer Long-Position für drei Sekunden groß ausfallen wird, es sind möglicherweise nur ein paar Cent, aber wenn das Hochfrequenz-Handelssystem vollständig automatisch abläuft, ist es eine Maschine, die vierundzwanzig Stunden am Tag einen ständigen Strom von Cents pro Sekunde und Dollar pro Stunde schafft. Eine aktuelle Studie von Kearns *et al.* (2011)<sup>67</sup> zeigt, dass der Gesamtbetrag des über den Hochfrequenzhandel aus den Märkten zu ziehenden Geldes bescheidener ausfallen könnte, als einige schätzen oder vermuten würden: einige zehn Milliarden Dollar im US-Markt. Trotzdem sind die geringen Schwankungen bei den positiven Erträgen (die „Stetigkeit“ im „stetigen Strom von Cents“) aus einem gut abgestimmten Hochfrequenz-Handelssystem ein attraktives Merkmal, das den Hochfrequenzhandel in den gegenwärtigen Märkten zu einem Bereich intensiven Interesses macht.

Da die globalen Finanzmärkte von Computern abhängig wurden, die automatische Handelssysteme betrieben und miteinander über Glasfasernetzwerke kommunizierten, wurden die Rechengeschwindigkeit und die Kommunikationsgeschwindigkeit zu zwei wichtigen Mitteln, mit denen ein Wettbewerbsvorteil gewonnen und aufrechterhalten werden konnte. Die Auswirkungen, die sich daraus für die heutigen Märkte ergeben, werden im folgenden Abschnitt erörtert.

---

<sup>66</sup> Google Trends (trends.google.com) gibt an, dass die Google-Nutzer weltweit den Begriff „high frequency trading“ (Hochfrequenzhandel) als Suchbegriff nur in den letzten drei Jahren und den Begriff „algorithmic trading“ (algorithmischer Handel) nur in den letzten fünf Jahren verwendet haben.

<sup>67</sup> M. Kearns, A. Kulesza und Y. Nevmyvaka, 2010, Empirical Limitations of High Frequency Profitability (dt.: Empirische Grenzen der Rentabilität des Hochfrequenzhandels), *The Journal of Trading*, 5(4):50-62.. Verfügbar über [http://www.cis.upenn.edu/~mkearns/papers/hft\\_arxiv.pdf](http://www.cis.upenn.edu/~mkearns/papers/hft_arxiv.pdf).

### 3. Welches sind die wichtigen aktuellen technischen Entwicklungen?

Die Unternehmen an der vordersten Linie der Finanzmärkte, wie die Investmentbanken, die Fondsverwaltungsgesellschaften und die Börsenbetreiber, sind alle entscheidend von der Informationstechnologie (IT) und den Kommunikationsnetzwerken abhängig, die den Computern erlauben, miteinander zu kommunizieren. In den letzten beiden Dekaden nutzten nahezu alle Unternehmen ihre unternehmenseigenen IT-Systeme, die sehr häufig leistungsstarke Server-Computer nötig machten, die mit den auf den Schreibtischen jedes Mitarbeiters stehenden Client-Computern verbunden waren. Bei den Client-Computern handelte es sich fast stets um Standard-PCs der Art, wie sie im Elektronik-Einzelhandel erhältlich sind, und die Server-Computer wurden aus verschiedenen hoch-spezifischen PC-Computern aufgebaut, die alle zusammen in einem einzigen Raum aufgestellt und miteinander verbunden wurden; dieser Raum war der „Serverraum“ oder das „Datenzentrum“ des Unternehmens.

Wie Cliff, Brown und Treleven (Dokument DR3) detaillierter beschreiben, macht die globale IT-Branche derzeit einen größeren Wandel zum „Cloud Computing“ durch, bei dem im Rahmen eines über das Internet angebotenen Dienstes mittels Fernzugriff auf ultragroße Datenzentren (wahrhaft riesige Lagerhäuser voller miteinander verbundener Computer) zugegriffen wird und der Nutzer für die im Wege des Fernzugriffs genutzten Computer Mietgebühren pro Minute oder pro Stunde zahlt. Dies führt zu einer außerordentlichen Senkung der Kosten für hochleistungsfähige Rechnerdienste und vermindert damit die Eintrittsschwelle für Einzelpersonen oder Unternehmen, die Hochleistungs-Rechanlagen im Spitzenmaßstab für die automatisierte Gestaltung und Optimierung von Handelssystemen nutzen wollen: Anstatt Millionen Dollar an Kapitalinvestitionen für ein unternehmensinternes Datenzentrum mit einem Hochleistungsrechner zu investieren, ist es nunmehr möglich, dieselben Resultate mit einigen Tausend Dollar über die Miete von hochleistungsfähigen Rechnerdiensten von Cloud-Computing-Anbietern zu erzielen. Das heißt, es ist nicht länger nötig, über die finanziellen Ressourcen eines großen Hedge-Fonds oder einer Investment-Bank zu verfügen, um sich an der Entwicklung hochgradig technologieabhängiger Handelsmethoden zu beteiligen. Die vollen Auswirkungen hieraus sind noch nicht klar.

Gleichzeitig hat der Wunsch nach einer ultraschnellen Verarbeitung von Finanzdaten eine Reihe von Marktführern dazu veranlasst, den Einsatz von Universalcomputern wie den kommerziell erhältlichen PCs aufzugeben und diese durch individuell angepasste spezielle Silikon-Chips zu ersetzen. Auf einigen dieser Silikon-Chips sind hunderte oder tausende unabhängiger kleiner Computer angebracht, die alle parallel arbeiten und eine riesige Geschwindigkeitssteigerung erreichen. Dies wird vertieft von Cliff *et al.* (Dokument DR3) diskutiert und schließt die Darstellung der Finanzunternehmen ein, die bereits diesen Schritt vollzogen haben, mit der

Schlussfolgerung, dass sich der Umstieg zu solchen nach den Kundenwünschen angepassten Silikon-Chips im kommenden Jahrzehnt fortsetzen wird.

Diese beiden Trends bedeuten, dass ohne Weiteres eine größere Rechenleistung und eine höhere Geschwindigkeit pro Kosteneinheit verfügbar wird, und deshalb haben die Technologen ihre Aufmerksamkeit auf die Entwicklung innovativer neuer Systeme zur automatischen Erzeugung von Handelsentscheidungen und/oder zur automatischen Ausführung der Aufträge, die zur Verwirklichung dieser Entscheidungen nötig sind, gerichtet.

Eine wichtige neue Technologie, die gegenwärtig im Zentrum bedeutender Forschungen und Entwicklungen steht, ist die Erwartung, dass die Computer darauf hin programmiert werden, nicht nur die numerischen Informationen der Marktpreise, Volumina und Zeiten zu „verstehen“, sondern auch die nicht-numerischen „semantischen“ Informationen, die in von Menschen lesbaren Datenströmen, wie schriftlichen Nachrichtenmeldungen, und in Audiodaten, wie Telefongesprächen, Radiosendungen, Podcasts und Videosequenzen, übertragen werden. Dieses Thema wird vertieft von Mitra *et al.* untersucht, deren Arbeiten in Abschnitt 3.1 zusammengefasst werden.

Trotz der Steigerungen der Computerleistung, der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Komplexität der Computer-Algorithmen umfassen die heutigen Finanzmärkte noch immer eine große Zahl menschlicher Händler. Es gibt gute Gründe, die erwarten lassen, dass in etwa während der nächsten Dekade die Zahl der menschlichen Marktteilnehmer hoch bleiben wird. Für die meisten großen Märkte in den USA, dem Vereinigten Königreich und auf dem europäischen Festland wird der Anteil der von Computern erzeugten Handelsvorgänge verschieden hoch auf 30 %, 50 % und in einigen Fällen auf nahezu 75 % geschätzt<sup>68</sup>. Klar ist jedoch, dass an den gegenwärtigen Märkten eine große Zahl menschlicher Händler tätig ist, die mit einer großen Zahl automatischer Handelssysteme interagiert. Dies ist ein größerer Wandel in der Gestaltung der Märkte und kann durchaus die Dynamik der Märkte beeinflusst haben (siehe Kapitel 1 und 2). Forschungsarbeiten, in denen die Interaktionen zwischen Menschen und algorithmischen Handelssystemen untersucht werden, werden in Abschnitt 3.2 erörtert.

### 3.1 Automatische Analyse von Marktnachrichten und Marktstimmungen

Mitra *et al.* (Dokument DR8) beginnen den Hauptteil ihres Berichts mit einer Betrachtung darüber, welche Anlageklassen für den automatischen Handel

---

<sup>68</sup> Siehe beispielsweise: I. Kaminska (2011), Algo trading and the Nymex (dt.: Algorithmischer Handel und die Nymex), *Financial Times Alphaville Blog*, <http://ftalphaville.ft.com/blog/2011/03/04/505021/algo-trading-and-the-nymex/>, und I. Kaminska (2009), HFT in Europe (dt.: Hochfrequenzhandel in Europa, *Financial Times Alphaville Blog*, <http://ftalphaville.ft.com/blog/2009/07/24/63651/high-frequency-trading-in-europe/>.

mit Computern am besten geeignet sind. Sie behaupten, dass verschiedene Finanzinstrumente eine unterschiedliche Liquidität aufweisen und dass die optimale Handelsfrequenz für ein Instrument, neben anderen Faktoren, als eine Funktion der Liquidität seines Marktes ausgedrückt werden kann. Je höher die optimale Handelsfrequenz ist, umso nützlicher ist der algorithmische Handel. Die Händler an einem Markt können einem von zwei Typen zugeordnet werden: denjenigen, die Gewinne erzielen wollen, indem sie lediglich Liquidität zur Verfügung stellen (sogenannte „Bestandshändler“), und denjenigen, die stattdessen vom Handel auf der Grundlage von Informationen profitieren wollen. Bestandshändler handeln als „Market Maker“: Sie halten eine ausreichend große Menge eines Instruments (ihren Bestand), den sie stets zur Bedienung von Kauf- oder Verkaufsangeboten nutzen können, und sie machen Geld, indem sie für den Verkauf einen höheren Preis als für den Kauf festsetzen (dies ist die Art von Geschäftsmodell, die von jeder Wechselstube am Flughafen bekannt ist). Bestandshändler können im Prinzip rentabel arbeiten, ohne auf irgendwelche Informationen zurückzugreifen, die außerhalb des Marktes liegen, an dem ihre Instrumente gehandelt werden. Der zweite Händler-Typ, der als „informierter“ oder „wertorientierter“ Händler bekannt ist, verwendet die Informationen aus Nachrichten und damit zusammenhängenden Diskussionen und Analysen, um sich eine Meinung darüber zu bilden, zu welchem Kurs ein Instrument entweder jetzt oder in Zukunft gehandelt werden sollte, und er kauft oder verkauft dieses Instrument, wenn nach seiner persönlichen Auffassung der Kurs vom aktuellen Marktwert abweicht. In den letzten Jahren wurden Technologien entwickelt, die es den Computern ermöglichen, Nachrichten und Diskussionen auf sozialen Netzwerkseiten zu analysieren, und deren Differenziertheit in schnellem Tempo zunimmt.

Mitra *et al.* argumentieren, dass zu den wichtigsten Anlageklassen, die für den automatischen Handel geeignet sind, Aktien, einschließlich börsengehandelter Investmentfonds und Index-Futures, Devisen und in geringerem Maße Rohstoffe und festverzinsliche Wertpapiere zählen. Börsengehandelte Investmentfonds sind Wertpapiere, die an großen Börsen genauso gehandelt werden, als ob es sich um Standardaktien (Anteile an einem Unternehmen) handelt; allerdings verkörpert der börsengehandelte Investment-Fonds stattdessen eine Beteiligung an einem Bestand von Vermögenswerten wie Rohstoffen, Devisen oder Aktien. Wie zu erwarten ist, können Nachrichtenereignisse (sowohl die erwarteten wie auch unerwartete) genauso den traditionellen manuellen Handel für diese Anlageklassen wie auch die automatischen Handelsaktivitäten beeinträchtigen. Zu den erwarteten Ereignissen zählen die Veröffentlichung der amtlichen Inflationsdaten durch die Finanzministerien oder die planmäßigen Gewinnmeldungen der Unternehmen; unerwartete Ereignisse sind Nachrichten über größere Unfälle, terroristische Akte oder Naturkatastrophen. Wegen der Wirkungen, die Nachrichtenereignisse auf die Preise von Finanzinstrumenten haben können, gibt es große globale Unternehmen, die besondere News-Feeds zu den Finanzmärkten anbieten, darunter Thompson Reuters, The Financial Times, The Wall Street Journal, Dow Jones Newswire und Bloomberg. Viele dieser Nachrichteninhalte

erscheinen in Formaten, die leicht von Computern verarbeitet werden können. Die Inhalte der herkömmlichen, für den Massenmarkt bestimmten Nachrichtensender, wie die BBC, können ebenfalls von Computern verarbeitet werden (möglicherweise, nachdem einige automatische Umformatierungen oder Konvertierungen von Audio-/Video-Formaten in textbasierte Transkripte vorgenommen wurden).

Daher haben Forscher in akademischen Einrichtungen und in Finanzinstituten Methoden zur Nachrichtenanalyse entwickelt. In den letzten Jahren wurden bedeutende Fortschritte erzielt und die Komplexität der Techniken nimmt weiterhin zu. Allgemein kann vernünftigerweise vorhergesagt werden, dass ein Computer in der Lage sein wird, schneller auf eine aktuelle Nachricht zu reagieren, als dies einem Menschen möglich ist, aber dies ist natürlich nur dann nützlich, wenn seine Analyse der Nachricht tatsächlich korrekt ist. Einige Praktiker behaupten, dass der automatische Handel und die automatische Nachrichtenanalyse dem manuellen (auf menschliches Handeln gestützten) Handel einen beträchtlichen Nachteil bereitet; und dies gilt sowohl für die Privatanleger als auch für die institutionellen Anleger. Obwohl der aktuelle Stand der Technik bei der Spitzentechnologie zur Nachrichtenanalyse noch nicht verlässlich eine bessere Performance erzielen kann als ein gut informierter menschlicher Händler, der dasselbe Material liest, und obwohl sie im Vergleich zu den menschlichen Fähigkeiten zum Beurteilen und Querdenken nur über sehr beschränktes Können verfügt, werden sich die Fähigkeiten und die Komplexität der Nachrichtenanalysesysteme in den nächsten zehn Jahren weiter verbessern, möglicherweise bis zu dem Punkt, an dem sie die Performance der menschlichen Analysten und Händler übertreffen.

### 3.2 Untersuchung der Interaktionen zwischen menschlichen und algorithmischen Handelssystemen

Die globalen Finanzmärkte sind nun von zwei Arten wirtschaftlicher Akteure bevölkert: menschlichen Händlern und „Softwareagenten“. Bei den Letztgenannten handelt es sich entweder um algorithmische Systeme, die Handelsaufgaben wahrnehmen, die vor zehn oder zwanzig Jahren in menschlicher Verantwortung lagen, oder um Hochfrequenz-Handelssysteme, die Aufgaben erledigen, die in Angriff zu nehmen kein Mensch jemals hoffen könnte. Interaktionen zwischen menschlichen Händlern an elektronischen Märkten sind seit Langem im praktischen Einsatz untersucht worden und als *Experimentelle Wirtschaftsforschung* bekannt, und kürzlich waren die Interaktionen zwischen als Händler auftretenden Softwareagenten an elektronischen Märkten Gegenstand verschiedener Forschungsstudien in den sogenannten *agenten-basierten Computational Economics*. Eigentümlicherweise unterscheiden sich diese beiden Forschungsfelder erheblich: Das Erstgenannte untersucht die Märkte, die vollständig von menschlichen Händlern besetzt sind, während das zweite die Märkte studiert, die vollständig von algorithmischen Softwareagenten als Händlern beherrscht werden. Es herrscht ein überraschend großer Mangel an Studien über die Interaktionen zwischen menschlichen Händlern und algorithmischen Handelssystemen. Das heißt, es gibt wirklich nur sehr wenig wissenschaftliche Literatur, in der heterogene

Märkte erforscht werden, die sowohl von menschlichen als auch von algorithmischen Systemen besetzt sind. De Luca *et al.* (Dokument DR13) prüften die überraschend kleine Zahl veröffentlichter, von Experten begutachteter Literatur, in der wissenschaftliche Studien über die Interaktionen zwischen menschlichen und algorithmischen Händlern beschrieben werden.

Die erste Abhandlung, in der über Ergebnisse dieser Art berichtet wird, wurde 2001 von einem bei IBM arbeitenden Forschungsteam veröffentlicht<sup>69</sup> und es wurden zwei Handelsalgorithmen dargestellt, wobei jeder gegenüber den menschlichen Händlern eine Outperformance erzielte. IBMs Arbeit diente Prof. Jens Grossklags von der University of California in Berkeley als Anregung, der ähnliche Methoden nutzte, um verschiedene Fragen zu untersuchen, die in 2003 und 2006 veröffentlichten Abhandlungen erörtert werden<sup>70</sup>. Bis 2011 waren die von IBM und Grossklags berichteten Experimente die einzigen drei von Experten begutachteten Abhandlungen in der wissenschaftlichen Literatur, die dieses Thema studiert haben. Dies ist eine überraschende Lücke in der Forschungsliteratur, deren Ausfüllung erst in allerjüngster Zeit begonnen hat. Die aktuellsten Abhandlungen auf diesem Feld sind zwei Veröffentlichungen von De Luca und Cliff aus dem Jahr 2011<sup>71</sup>, in denen die IBM-Experimente von 2001 wiederholt und ausgedehnt werden.

In Dokument DR13 behaupten De Luca *et al.*, dass der relative Mangel an solchen Studien ein schwerwiegendes Versäumnis der wissenschaftlichen Literatur ist. Sie geben eine detaillierte Beschreibung und Analyse zu den Ergebnissen aus mehreren neuen Experimenten ab, die speziell für die Foresight-Prüfung der Antriebsfaktoren durchgeführt wurden (Dokument DR13) und in denen einige künstliche experimentelle Beschränkungen, die bei früheren Arbeiten Anwendung fanden, gelockert wurden, um eine größere Realitätsnähe und damit eine gesteigerte Relevanz für die echten Märkte zu erreichen. Die wichtigste Schlussfolgerung aus dem Bericht von De Luca *et al.* ist, dass ihre neuen Experimente darauf hindeuten, dass die zuvor berichtete Outperformance der algorithmischen Handelssysteme über

---

<sup>69</sup> R Das, J. Hanson, J. Kephart & G. Tesauro (2001). Agent-human interactions in the continuous double auction (dt.: Interaktionen zwischen Agenten und Menschen in der kontinuierlichen Doppelauktion). In *Proceedings of IJCAI-01*, <http://www.research.ibm.com/infoecon/paps/AgentHuman.pdf>.

<sup>70</sup> J. Grossklags & C. Schmidt (2006). Software agents and market (in)efficiency: a human trader experiment (dt.: Softwareagenten und Markt(in)effizienz: ein Experiment mit menschlichen Händlern). *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, **36**(1):56-67.

<sup>71</sup> Siehe: M. De Luca & D. Cliff (2011a). Agent-Human Interactions in the Continuous Double Auction, Redux: Using the OpEx Lab-in-a-Box to explore ZIP and GDX (dt.: Interaktionen zwischen Agenten und Menschen in der kontinuierlichen Doppelauktion, eine Neuauflage: Unter Verwendung des OpEx Lab-in-a-Box zur Untersuchung des ZIP und des GDX). In *Proceedings of the Third International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART-2011)*; und M. De Luca & D. Cliff (2011b). Human-Agent Auction Interactions: Adaptive-Aggressive Agents Dominate (dt.: Interaktionen bei Auktionen zwischen Menschen und Agenten: adaptiv-aggressive Agenten dominieren). *Proceedings of IJCAI-2011*.

die menschlichen Handelssysteme wahrscheinlich eine Folge der künstlichen Art der Gestaltung der Experimente war, in denen diese bewertet wurden, und dass sie auch einfach auf der Tatsache beruhen können, dass die Computer schneller handeln und reagieren können als die Menschen. Wenn die Auftragsströme in den Märkten allmählich eingingen (und nicht alle Aufträge gleichzeitig ausgelöst wurden, was eine künstliche Einschränkung bei der Gestaltung der früheren Experimente war), war die Performance der Softwareagenten im Vergleich zu den menschlichen Händlern deutlich vermindert. Die Ergebnisse von De Luca *et al.* im Dokument DR13 geben gewisse empirische Belege für die intuitive Vorstellung, dass der wichtigste Vorteil, den die gegenwärtigen von Softwareagenten betriebenen Handelsalgorithmen gegenüber den Menschen haben, die Geschwindigkeit ist, mit der sie arbeiten, obwohl größere Schnelligkeit beim Handel nicht notwendigerweise zu einer größeren Gesamteffizienz am Markt führt.

### 3.3 Von der Gegenwart zur Zukunft

Einige wichtige Probleme der heutigen Märkte werden wahrscheinlich auch in Zukunft äußerst wichtig bleiben. Beispielsweise wird die Netzsicherheit eine Hauptsorge bleiben: Elektronische Angriffe auf die Computersysteme und Kommunikationsnetzwerke der globalen Finanzmärkte werden für Straftäter wahrscheinlich immer attraktiv sein. Außerdem bedeutet der verbreitete Trend zu größerem Vertrauen in die fortgeschrittene Computertechnologie, dass die Lichtgeschwindigkeit nunmehr ein bedeutender Beschränkungsfaktor bei der Ermittlung ist, wie die Handelssysteme miteinander interagieren. Selbst mit der besten vorstellbaren Technologie können Informationen nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit übertragen werden, und selbst bei Lichtgeschwindigkeit werden tatsächlich messbare Zeiträume benötigt, um Informationen über einen Ozean zu schicken oder auch nur über einige Straßenzüge. Diese Einschränkung wird niemals wegfallen.

Neueste wissenschaftliche Forschungen weisen darauf hin, dass kommende Generationen von Handelsalgorithmen anpassungsfähig sein werden (sie lernen aus ihrer eigenen Erfahrung) und dass sie das Ergebnis einer automatisierten und computergesteuerten Gestaltung und Optimierung von Prozessen sein werden. Daher kann die Leistungsfähigkeit von Handelsalgorithmen der nächsten Generation sowohl auf der Ebene eines einzelnen Algorithmus als auch auf der Systemebene des Marktes selbst extrem schwierig zu verstehen oder zu erklären sein.

## 4. Wahrscheinliche technische Fortschritte in den nächsten 10 Jahren

Wie bei vielen derartigen kompetitiven Interaktionen, verleiht in der Technik ein Wetttrüsten mit neuen Innovationen einem Neuerer einen Wettbewerbsvorteil nur solange es dauert, bis sein Wettbewerber diese Innovation kopiert hat oder bis er seine eigene Gegen-Innovation herausgebracht hat: Sobald alle Händler eine bestimmte neue Technologie

nutzen, ist das Spiel wieder ausgeglichen. Dennoch scheinen etliche gegenwärtige technologische Trends wahrscheinlich auch über die kommenden Jahre wichtige Faktoren zu bleiben.

#### 4.1 Cloud Computing

Cloud Computing schafft die Möglichkeit, dass es nicht länger nötig ist, über die finanziellen Ressourcen eines großen Hedge-Fonds oder einer Investment-Bank zu verfügen, um sich an der Entwicklung hochgradig technologieabhängiger Handelsmethoden zu beteiligen. Gleichwohl gibt es regulatorische und gesetzgebende Aspekte, die sorgfältig untersucht werden müssen: Beispielsweise kann aus Gründen der zuständigen Gerichtsbarkeit der geografische Standort der Remote-Server von erheblicher Bedeutung sein. Cloud-Computing-Serviceanbieter sind sich solcher Sorgen sehr bewusst und können in ihren Dienstgütevereinbarungen und Verträgen geografische Garantien anbieten. Außerdem bedeutet der Fernzugriff auf Rechenanlagen, selbst wenn er mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt, dass es Latenzzeiten beim Zugriff auf Remote-Systeme geben wird. Für die allermeisten Anwendungen werden diese nicht von Bedeutung sein, aber für Handelsaktivitäten können die Latenzzeiten, die der Kommunikation mit externen Datenzentren inhärent sind, untragbar sein. Latenzzeiten wären sicher ein Problem, wenn ein Institut versuchen würde, ihre automatischen Algorithmen des Hochfrequenzhandels „in der Rechnerwolke“ laufen zu lassen, allerdings ist es wichtig, sich daran zu erinnern, dass nicht sämtlicher Handel Hochfrequenzhandel ist: Es gibt andere Formen des Handels, wie das „Long-Only-Macro-Trading“, die nicht so anfällig für Latenzzeiten sind.

Die wichtigste Auswirkung des Cloud Computing auf die Aktivitäten an den Finanzmärkten in den nächsten zehn Jahren wird nicht in der Bereitstellung von Rechenleistungen bestehen, die die automatische Ausführung erleichtern, sondern vielmehr in der Fähigkeit der Rechnerwolke, preisgünstige, elastisch skalierbare und hochleistungsfähige Rechenleistungen anzubieten. Solche preisgünstigen externen hochleistungsfähigen Rechner werden in großem Umfang den Einsatz rechenintensiver Verfahren zur automatisierten Gestaltung und Optimierung von Handelsstrategien und Ausführungsalgorithmen ermöglichen: Dieser Rechenprozess ist nicht sensibel gegenüber Latenzzeiten. Viele große Investmentbanken und Hedge-Fonds haben und betreiben bereits ihre unternehmenseigenen Datenzentren, aber diese dienen unternehmenskritischen Geschäften und nur ein Bruchteil ihrer Kapazität kann den Aufgaben gewidmet werden, die für hochleistungsfähige Rechner bestimmt sind. Die Fähigkeit, entweder die bestehende interne Rechnerleistung durch cloudbasierte Ressourcen zu erweitern (als „Cloudbursting“ bekannt) oder einfach sämtliche Aufgaben für hochleistungsfähige Rechner an einen Cloud-Anbieter auszusourcen, eröffnet neue Möglichkeiten, deren Erforschung gerade erst begonnen hat.

#### 4.2 Kundenspezifisches Silikon

Kommerziell erhältliche Universal-PCs sind in den letzten Jahren von dem Aufbau auf einem einzigen Chip als zentraler Hauptprozessereinheit (CPU), wie etwa einem Intel Pentium, zu einer neuen Art von CPU-Chips

übergegangen, auf denen mehrere unabhängige Computer (als „Cores“ bekannt) aufgebaut sind. Ein Gang durch den Elektronik-Einzelhandel zeigt als Standardtechnik PCs mit Dual-Core- und Quad-Core-Chips. Vereinfacht gesagt kann ein Dual-Core-Chip pro Zeiteinheit zweimal soviel Arbeit verrichten wie ein Single-Core-Chip, und ein Quad-Core-Chip schafft das Vierfache. Gegenwärtig ist ein größerer Wandel zu sogenannten Mehrkernprozessoren (Many-Core-Computing) im Gange, in dessen Rahmen die Möglichkeiten zu Geschwindigkeitserhöhungen geprüft werden, die mehrere zehn oder hunderte von unabhängigen und parallel arbeitenden Cores bieten: Häufig erfordert dies die Verwendung spezieller Prozessorchips, die ursprünglich für die Verarbeitung von Computergrafiken entwickelt wurden. Außerdem hat, wie bereits oben angemerkt wurde, der Wunsch nach einer ultraschnellen Verarbeitung von Finanzdaten eine Reihe von Marktführern dazu veranlasst, den Einsatz von Universalcomputern wie den kommerziell erhältlichen PCs aufzugeben und diese durch individuell angepasste spezielle Silikon-Chips zu ersetzen, die vor Ort nach den Kundenwünschen angepasst oder programmiert werden können (d. h., der Endnutzer des Chips passt ihn so an, dass er für die jeweiligen Zwecke, für die er benötigt wird, tauglich ist). Die aktuell populärste dieser Technologien ist eine Art Chip, der als Feldprogrammierbarer Gate Array (FPGA) bekannt ist. Derzeit ist die Programmierung eines FPGA eine sehr komplizierte und zeitaufwändige Aufgabe: Der Programmierer muss einen Algorithmus in das Design für einen elektronischen Schaltkreis übertragen und dieses Design in einer speziellen Hardwarebeschreibungssprache beschreiben. Trotz dieser Komplexitäten wird sich die Umstellung auf solche angepassten Silikonbausteine aufgrund der Geschwindigkeitsgewinne, die sie bieten, wahrscheinlich über die nächste Dekade fortsetzen. Es ist wahrscheinlich, dass die Verwendung von FPGAs über diesen Zeitraum durch eine neuere Methode zur Anpassung der Silikonproduktion verdrängt wird, die leichter feldprogrammierbare Multi-Core- oder Many-Core-Chips verwendet. Solche Chips werden in einer Softwaresprache auf hohem Niveau programmierbar sein, ganz ähnlich wie die aktuellen, dem Branchenstandard entsprechenden Programmiersprachen. Das heißt, dass konventionell ausgebildete Programmierer Algorithmen schreiben können, die dann auf die zugrunde liegende Silikon-Chip-Hardware „herunterkompiliert“ werden, ohne dass die Notwendigkeit besteht, spezielle FPGA-Hardwarebeschreibungssprachen zu lernen. Das birgt das Potenzial zur Reduzierung der Entwicklungszeiten für die individuell angepassten Silikonbausteine (die derzeit in Tagen oder Wochen gemessen werden) auf Wartezeiten von nur wenigen Minuten, von der Beschreibung eines Handelsalgorithmus in einer hochrangigen Programmiersprache, bis dieser Algorithmus auf einem massiven parallelen Hochgeschwindigkeits-Computing-Array läuft, der sich aus vielen unabhängigen, individuell angepassten Silikon-Chip-Prozessorelementen zusammensetzt. In Dokument DR3 behaupten Cliff, Brown und Treleaven, dass dieser Typ von Computerhardware innerhalb der nächsten Dekade wahrscheinlich weithin in Gebrauch sein wird. Dieser Hardware-Typ hätte genügend Rechenleistung, um kommende Generationen von Handelsalgorithmen zu ermöglichen, die anpassungsfähig sein werden (sie lernen aus ihrer eigenen Erfahrung) und die nicht von menschlichen Ingenieuren entworfen, sondern vielmehr das

Ergebnis einer automatisierten und computergesteuerten Gestaltung und Optimierung von Prozessen sein werden.

### **4.3 Computergenerierte Handelsalgorithmen, die sich anpassen und lernen**

Der Einsatz automatisierter Optimierungsmethoden zur Gestaltung und Verbesserung autonomer anpassungsfähiger Handelsalgorithmen ist in der wissenschaftlichen Forschung bereits selbstverständlich und ihr Einsatz in der Finanzindustrie dürfte in der nächsten Dekade zunehmen. Diese Entwicklung wird durch den drastischen Rückgang der Kosten für hochleistungsfähige, von Cloud-Computing-Serviceanbietern angebotene Rechenleistungen ermöglicht und beschleunigt und durch die enormen Geschwindigkeitssteigerungen, die durch individuell angepasste Silikonkomponenten angeboten werden. Da diese Handelsalgorithmen der nächsten Generation nur wenig oder keine menschliche Beteiligung bei ihrer Gestaltung und Verfeinerung erfahren werden, kann das Verhalten dieser automatisierten Händler extrem schwierig zu verstehen oder zu erklären sein und die Dynamik der Märkte, die von solchen Händlern bevölkert werden, könnte sehr schwer vorhersehbar oder kontrollierbar werden.

## **5. Schlussbemerkung**

Es ist vernünftig zu mutmaßen, dass die Zahl der menschlichen Händler, die an den Finanzmärkten beteiligt sind, in den nächsten zehn Jahren drastisch abnehmen könnte. Obwohl es unwahrscheinlich ist, ist es nicht unmöglich, dass die menschlichen Händler einfach in einigen Marktfunktionen überhaupt nicht mehr benötigt werden. Die simple Tatsache ist, dass wir Menschen aus einer Hardware gemacht sind, deren Bandbreite einfach zu beschränkt und zu langsam ist, um mit den kommenden Wellen der Computertechnik zu konkurrieren.

Genauso wie die wirklichen, leibhaftigen Roboter die Fertigungstechnik revolutioniert haben, am deutlichsten bei der Automobilproduktion in den späteren Jahren des 20. Jahrhunderts, und zu bedeutenden Verminderungen der Zahl der Beschäftigten geführt haben, die in den Automobilwerken benötigt wird, scheinen die ersten Jahre des 21. Jahrhunderts eine Phase zu sein, in der eine ähnliche Revolution (unter Beteiligung von Softwareroboterhändlern) an den globalen Finanzmärkten stattfindet. Die Zahl der Front-Line-Händler, die von großen Finanzinstituten beschäftigt werden, wird vermutlich zurückgehen, jedoch könnte ein erhöhter Bedarf an Entwicklern von Algorithmen bestehen.

Auf der Grundlage der geprüften Nachweise in den verschiedenen Beiträgen, die in diesem Kapitel diskutiert sind, ist klar, dass sowohl das Entwicklungstempo der technischen Innovationen an den Finanzmärkten als auch die Schnelligkeit, mit der sie eingeführt werden, in Zukunft aller Voraussicht nach anhalten oder noch zunehmen werden. Eine drastische Folge der hier behandelten Entwicklungen wird in Dokument DR3 hervorgehoben: Handelssysteme können heutzutage an jedem beliebigen

Ort bestehen. Schwellenländer wie Brasilien, Russland, Indien und China können die Möglichkeiten ausnutzen, die ihnen die neuen Technologien bieten, und dadurch möglicherweise innerhalb weniger Dekaden in die Lage versetzt werden, die historische Dominanz der großen Städte Europas und der USA als globale Zentren des Finanzhandels bedrohen. Die Formulierung geeigneter politischer Reaktionen auf solche potenzielle Bedrohungen ist eine Angelegenheit, die einer weiteren Betrachtung bedarf.

# Glossar

**Volatilität** – die Kursschwankungen einer Vermögensanlage über die Zeit, die häufig in Prozentsätzen gemessen werden.

**Finanzmarktstabilität** – das Fehlen extremer Bewegungen der Kurse von Vermögensanlagen über kurze Zeiträume.

**Liquidität** – die Möglichkeit, eine Vermögensanlage zu kaufen oder zu verkaufen, ohne ihren Kurs stark zu beeinflussen. Je liquider der Markt ist, umso geringer wird der Einfluss auf den Kurs ausfallen.

**Market Making** – durch das Auftreten als Gegenpartei den Käufern und Verkäufern Liquidität zur Verfügung stellen. Ein Market Maker kauft von den Verkäufern und verkauft an die Käufer.

**Vorgesehener Liquiditätsgeber** – ein allgemeiner Begriff für einen Marktteilnehmer, der sich bereiterklärt, für den Kauf oder den Verkauf eines Vermögenswerts bereitzustehen, um die Marktnachfrage zu befriedigen.

**Orderbuch** – die gesammelten limitierten Aufträge zum Kauf oder Verkauf eines Vermögenswerts. Orderbücher werden heute allgemein elektronisch geführt und erlauben es den Händlern, einen Kurs festzulegen, zu dem sie eine bestimmte Menge eines Vermögenswertes kaufen würden, oder einen Kurs, zu dem sie eine bestimmte Menge des Vermögenswertes verkaufen würden.

**Auftragsströme** – der Eingang von Verkaufs- und Kaufaufträgen im Markt.

**Markteffizienz** – ein Konzept, nach dem die Marktpreise den wahren zugrunde liegenden Wert einer Vermögensanlage widerspiegeln.

**Transaktionskosten** – die Kosten, die beim Händler für den Kauf oder Verkauf eines Vermögenswerts anfallen.

**Markttransparenz** – die Fähigkeit, die Marktinformationen zu erkennen. Die Nachhandelstransparenz bezieht sich auf die Fähigkeit, die Handelskurse und -mengen zu sehen. Die Vorhandelstransparenz bezieht sich auf die Fähigkeit, die Kursnotierungen zu sehen.

**Preiseffizienz** – wenn der Kurs eines Vermögenswerts den wahren zugrunde liegenden Wert dieses Vermögenswerts widerspiegelt.

**Preisbildung** – der Marktprozess, bei dem neue Informationen in die Kurse der Vermögenswerte einbezogen werden.



