

Die Adaptive Fraktale Markthypothese – Fraktale Strukturen und evolutionäre Prozesse auf modernen Aktienmärkten

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
(Dr. rer. pol.)

durch die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der
Universität Duisburg-Essen
Campus Essen

vorgelegt von

Dipl.-Wirt.Inf. Arthur Dill aus Sewerny

Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.2016

Erstgutachter: Prof. Dr. Rainer Elschen
Zweitgutachter: Prof. Dr. Tobias Kollmann

Essen, 2016

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VI
SYMBOLVERZEICHNIS	VII
I EINLEITUNG	1
II MODERNE AKTIENMÄRKTE.....	6
1 AUTOMATISIERUNG DES AKTIENHANDELSPROZESSES	7
1.1 <i>Aktienhandelsprozess</i>	7
1.2 <i>Elektronische Marktplätze</i>	10
1.3 <i>Software-Agenten</i>	13
2 MODERNE MARKTMIKROSTRUKTUR	18
2.1 <i>Verbreitung der Computerbörsen</i>	18
2.2 <i>Verbreitung der Software-Agenten</i>	23
2.3 <i>Automatisierungsstufen der Marktmikrostruktur</i>	29
III AKTIENPREISBILDUNG UNTER EMH UND BEHAVIORAL FINANCE	35
1 PREISBILDUNG UND EMH.....	37
1.1 <i>Zuordnung und Funktionen des Aktienmarktes</i>	37
1.2 <i>Markteffizienz unter EMH</i>	41
1.3 <i>Random-Walk-Modell</i>	47
2 INFORMATIONSEFFIZIENZ IN DER REALITÄT	54
2.1 <i>Erwartungsbildung der Marktteilnehmer</i>	54
2.1.1 <i>Fundamentale Analyse</i>	54
2.1.2 <i>Markttechnische Analyse</i>	58
2.1.3 <i>Informationsaggregation auf dem Aktienmarkt</i>	62
2.2 <i>Evidenz der Informationsineffizienz auf dem Aktienmarkt</i>	66
2.2.1 <i>Exzessive Volatilität</i>	66
2.2.2 <i>Aktienpreisblasen</i>	72
2.2.3 <i>Eignung der EMH als erklärende Theorie</i>	78
3 PREISBILDUNG UND BEHAVIORAL FINANCE	80
3.1 <i>Beschränkte Rationalität und Behavioral Finance</i>	80
3.1.1 <i>Rationalität auf der Mikro- und Makroebene</i>	80
3.1.2 <i>Grundthesen der Behavioral Finance</i>	85
3.2 <i>Behavioral Finance und Aspekte der Marktmikrostruktur</i>	93
3.2.1 <i>Behavioral Finance und Methoden der Erwartungsbildung</i>	93
3.2.2 <i>Implikationen für nicht-automatisierte Marktmikrostruktur</i>	96

3.2.3	Implikationen für teil- oder vollautomatisierte Marktstruktur.....	99
IV	MARKTSTABILITÄT UNTER AFMH	107
1	AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND	108
1.1	<i>Gegensätzliche Betrachtungsweisen des Aktienmarktes.....</i>	<i>108</i>
1.2	<i>Adaptive Markthypothese</i>	<i>110</i>
1.3	<i>Aktuelle Forschungslücke.....</i>	<i>115</i>
2	FMH UND EVOLUTIONSPROZESSE	120
2.1	<i>Fraktale Strukturen auf dem Aktienmarkt</i>	<i>120</i>
2.1.1	Grundlagen der Fraktale	120
2.1.2	Fraktale Zeitreihen.....	124
2.1.3	Fraktale Markthypothese	129
2.2	<i>Evolution auf dem Aktienmarkt.....</i>	<i>134</i>
2.2.1	Darwinismus und Soziobiologie.....	134
2.2.2	Evolutionprozesse auf dem Aktienmarkt.....	137
3	ADAPTIVE FRAKTALE MARKTHYPOTHESE	142
3.1	<i>Gruppeninterner Wettbewerb auf dem Aktienmarkt</i>	<i>142</i>
3.1.1	Evolutionärer Wettbewerb auf fraktalem Aktienmarkt.....	142
3.1.2	Gruppeninterner Wettbewerb kurzfristig orientierter Anleger	144
3.1.3	Gruppeninterner Wettbewerb langfristig orientierter Anleger	150
3.2	<i>Erweiterung der FMH um evolutionären Ansatz.....</i>	<i>155</i>
3.2.1	Gruppenkonkurrenz auf fraktalem Aktienmarkt	155
3.2.2	Stabilitätsbereich und Trennfunktion	159
3.2.3	Implikationen für vollautomatisierte Marktstruktur.....	163
V	ZUSAMMENFASSUNG.....	171
	LITERATURVERZEICHNIS	177
	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	206

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: AKTIENHANDELSPROZESS.....	8
ABBILDUNG 2: WELTWEITE VERBREITUNG VON COMPUTERBÖRSEN	18
ABBILDUNG 3: GRÖßTE COMPUTERBÖRSEN NACH ANZAHL DER HANDELSTRANSAKTIONEN UND DEREN MARKTANTEILE IN 2014	22
ABBILDUNG 4: ANZAHL DER TRANSAKTIONEN AUF AKTIENMÄRKTEN	25
ABBILDUNG 5: DURCHSCHNITTLICHE TRANSAKTIONSHÖHE AUF AKTIENMÄRKTEN.....	26
ABBILDUNG 6: UMSCHLAGHÄUFIGKEIT DER AKTIEN	27
ABBILDUNG 7: AUTOMATISIERUNGSSTUFEN DER MARKTMIKROSTRUKTUR	33
ABBILDUNG 8: ZUORDNUNG DER INFORMATIONSARTEN	63
ABBILDUNG 9: PERZEPTIONSGRAD NACH INFORMATIONSARTEN	66
ABBILDUNG 10: S&P COMPOSITE STOCK PRICE INDEX UND DIVIDENDENBARWERTE, US-DOLLAR, 1871 - 2013	71
ABBILDUNG 11: DOW JONES INDUSTRIAL AVERAGE, 1980 - 1993.....	73
ABBILDUNG 12: NASDAQ COMPOSITE INDEX, 1991 - 2002.....	74
ABBILDUNG 13: SPLITBEREINIGTER AKTIENSCHLUSSKURS VON IOMEGA, US-DOLLAR, 1994 - 2001 ..	75
ABBILDUNG 14: WERT-FUNKTION NACH KAHNEMAN / TVERSKY (1979)	89
ABBILDUNG 15: AKTIENKURSE VON A) McDONALDS, B) COCA-COLA, C) IBM UND D) APPLE AM 19.07.2012	103
ABBILDUNG 16: KURS DER HSBC-AKTIE AM 30.01.2014.....	103
ABBILDUNG 17: AKTIENKURSE VON A) KRONOS WORLDWIDE UND B) CORELOGIC AM 01.08.2012...	104
ABBILDUNG 18: S&P COMPOSITE STOCK PRICE INDEX AM 06.05.2010 (FLASH CRASH).....	105
ABBILDUNG 19: GENERIERUNGSPROZESS DER KOCH-KURVE	122
ABBILDUNG 20: A) LOGARITHMIERTE TÄGLICHE DAX-RENDITEN, 1991 – 2015 UND B) LOGARITHMIERTE TÄGLICHE RENDITEN DES KORRESPONDIERENDEN RANDOM-WALKS	128
ABBILDUNG 21: RESKALIERUNG DER DAX-ZEITREIHE VON A) WOCHENBASIS AUF B) TAGESBASIS ...	129
ABBILDUNG 22: EVOLUTIONÄRER PROZESS AUF DEM AKTIENMARKT	139
ABBILDUNG 23: DYNAMIK DER TEILNEHMERZAHL KURZFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER	149
ABBILDUNG 24: DYNAMIK DER TEILNEHMERZAHL LANGFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER	154
ABBILDUNG 25: MENGE ALLER MÖGLICHEN KOMBINATIONEN DER TEILNEHMERZAHL KURZFRISTIG UND LANGFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER.....	157
ABBILDUNG 26: UNTERMENGEN DER KOMBINATIONEN MIT STABILEN UND INSTABILEN MARKTZUSTÄNDEN	162
ABBILDUNG 27: VERSCHIEBUNG DER MENGE MÖGLICHER KOMBINATIONEN DER MARKTZUSTÄNDE VOR UND NACH DER AUTOMATISIERUNG DER MIKROSTRUKTUR	167
ABBILDUNG 28: VERSCHIEBUNG DER TRENNFUNKTION VOR UND NACH DER AUTOMATISIERUNG DER MARKTMIKROSTRUKTUR.....	168

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GEGENÜBERSTELLUNG VON EMH UND BEHAVIORAL FINANCE	87
---	----

Abkürzungsverzeichnis

AEM	ALTERNATIVE ELEKTRONISCHE MARKTPLÄTZE
AFMH	ADAPTIVE FRAKTALE MARKTHYPOTHESE
AMH	ADAPTIVE MARKTHYPOTHESE
APT	ARBITRAGE PRICING THEORIE
ATS	ALTERNATIVE TRADING SYSTEM
CAPM	CAPITAL ASSET PRICING MODEL
DB	DEUTSCHE BÖRSE
DJIA	DOW JONES INDUSTRIAL AVERAGE
DMA	DIRECT MARKET ACCESS
ECLOB	ELECTRONIC CENTRALIZED LIMIT ORDER BOOK
ECN	ELECTRONIC COMMUNICATION NETWORK
EMH	EFFIZIENZMARKTHYPOTHESE
EOB	ELEKTRONISCHES ORDERBUCH
FIX-PROTOCOL	FINANCIAL INFORMATION EXCHANGE PROTOCOL
F&E	FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG
FMH	FRAKTALE MARKTHYPOTHESE
I.E.S.	IM ENGEREN SINN
LSE	LONDON STOCK EXCHANGE
MiFID	MARKETS IN FINANCIAL INSTRUMENTS DIRECTIVE
MPT	MODERNE PORTFOLIO THEORIE
MTF	MULTILATERAL TRADING FACILITY
M&A	MERGERS AND ACQUISITIONS
NASDAQ	NATIONAL ASSOCIATION OF SECURITIES DEALERS AUTOMATED QUOTATIONS
NYSE	NEW YORK STOCK EXCHANGE
OHR	ORDER HANDLING RULES
REGNMS	REGULATION NATIONAL MARKET SYSTEM
SA	SOFTWARE-AGENT
SEC	UNITED STATES SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
SPA	SPONSORED ACCESS
STP	STRAIGHT-THROUGH-PROCESSING
TCP / IP	TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL / INTERNET PROTOCOL
UDP	USER DATAGRAM PROTOCOL
WFE	WORLD FEDERATION OF EXCHANGES

Symbolverzeichnis

α	HANDELSSYSTEM, INVESTIERTER BETRAG
AKT	TEILNEHMERZAHL DER GRUPPE KURZFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER AUF EINEM MARKT MIT NICHT-AUTOMATISierter MIKROSTRUKTUR
AKT'	TEILNEHMERZAHL DER GRUPPE KURZFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER AUF EINEM MARKT MIT VOLLAUTOMATISierter MIKROSTRUKTUR
ALT	TEILNEHMERZAHL DER GRUPPE LANGFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER AUF EINEM MARKT MIT NICHT-AUTOMATISierter MIKROSTRUKTUR
ALT'	TEILNEHMERZAHL DER GRUPPE LANGFRISTIG ORIENTIERTER ANLEGER AUF EINEM MARKT MIT VOLLAUTOMATISierter MIKROSTRUKTUR
d	DIVIDENDE
ε	ZUFALLSVARIABLE
E	ERWARTUNGSWERT
f	BELIEBIGE FUNKTION
f_m	FUNKTION DER INFORMATIONSVERARBEITUNG DER MARKTTILNEHMER
Φ	INFORMATIONSSSET
Φ^a	INFORMATIONSSSET MIT ALLEN INFORMATIONEN
Φ^h	INFORMATIONSSSET MIT HISTORISCHEN INFORMATIONEN
Φ^m	INFORMATIONSSSET DER MARKTTILNEHMER
$\Phi^{\bar{o}}$	INFORMATIONSSSET MIT ÖFFENTLICHEN UND HISTORISCHEN INFORMATIONEN
g	LÄNGE DES INITIATORS
i	DISKONTIERUNGSSATZ, ZINSSATZ
i, j, n	LAUFVARIABLE
k, l, m, s	LAG
K	KOMBINATIONSPUNKT VON AKT UND ALT
K'	KOMBINATIONSPUNKT VON AKT' UND ALT'
L	LÄNGE DER KOCH-KURVE IN EINEM ITERATIONSSCHRITT
m	POTENZFAKTOR
μ	DRIFTFAKTOR
M_I	TEILMENGE DER KOMBINATIONEN VON AKT UND ALT MIT EINEM INSTABILEN ZUSTAND
M'_I	TEILMENGE DER KOMBINATIONEN VON AKT' UND ALT' MIT EINEM INSTABILEN ZUSTAND
M_M	MENGE ALLER MÖGLICHEN KOMBINATIONEN VON AKT UND ALT

M'_M	MENGE ALLER MÖGLICHEN KOMBINATIONEN VON AKT' UND ALT'
M_S	TEILMENGE DER KOMBINATIONEN VON AKT' UND ALT' MIT EINEM STABILEN ZUSTAND
M'_S	TEILMENGE DER KOMBINATIONEN VON AKT' UND ALT' MIT EINEM STABILEN ZUSTAND
N	VERTEILUNGSFUNKTION DER STANDARDNORMAL-VERTEILUNG
p	AKTIENKURS
p^I	INNERER WERT EINER AKTIE
p^{ea}	EX ANTE RATIONALER AKTIENKURS
p^{ep}	EX POST RATIONALER AKTIENKURS
r	AKTIENRENDITE
R	INVESTITIONSRÜCKFLÜSSE
σ	STANDARDABWEICHUNG
t	ZEITPUNKT, ZEITINTERVALL
τ	TRENNFAKTOR FÜR EINEN MARKT MIT NICHT-AUTOMATISIERTER MIKROSTRUKTUR
τ'	TRENNFAKTOR FÜR EINEN MARKT MIT VOLLAUTOMATISIERTER MIKROSTRUKTUR
T	ENDZEITPUNKT
V	ÜBERSCHUSSRENDITE EINES HANDELSYSTEMS
x	ÜBERSCHUSSGEWINN
w, y	VARIABLE
z	ÜBERSCHUSSRENDITE EINER AKTIE

I Einleitung

Die Modellierung und Erklärung von Aktienmärkten standen schon immer im Mittelpunkt der finanzwissenschaftlichen Forschung. Zum einen benötigen Anleger und Unternehmen die Methoden der mikroökonomischen Analyse der Aktienmärkte für fundierte Investitions- und Finanzierungsentscheidungen. Zum anderen ermöglicht die makroökonomische Analyse der Märkte eine gesellschaftlich wohlstandssteigernde Gestaltung der Rahmenbedingungen des Aktienhandels. Im Vordergrund steht dabei die Darlegung der Einflussfaktoren auf die Aktienpreisbildung und somit die Untersuchung des Aktienhandelsprozesses.

Die Vielfalt der im Schrifttum vorgeschlagenen Modelle und Theorien unterstreicht die Komplexität des Marktgeschehens. Diese hängt aber auch mit der Entwicklungsdynamik der Börsen zusammen. Hier ist die akademische Diskussion seit dem Erscheinen der Effizienzmarkthypothese (EMH) von FAMA¹ Anfang der 1970-er Jahre beispielhaft. Die EMH postuliert die Informationseffizienz und legt sie als ausschließliches Kriterium effizienter Erfüllung volkswirtschaftlicher Funktionen der Aktienmärkte fest. Durch ihre Annahmen abstrahiert die EMH von der Marktmikrostruktur, womit eine formalisierte Beschreibung der Märkte möglich wird.

Die Nachteile einer solchen Herangehensweise werden mit dem Nachweis exzessiver Volatilität durch empirische Arbeiten von SHILLER² und andere Marktbeobachtungen bestätigt. Die Wirkung der Informationsaggregation auf die Preisbildung bei der Festlegung von Annahmen zu Präferenzen und Rationalität der Marktteilnehmer wird in der EMH überbewertet. Dies führt zu einer Unerklärbarkeit sowohl der Ursachen exzessiver Volatilität als auch der Entstehung von Aktienpreisblasen.

¹ Vgl. Fama (1970).

² Vgl. Shiller (1979), Shiller (1981a) und Shiller (1981b).

Dagegen kann die Behavioral Finance mithilfe von Motivforschung auf Basis der Arbeiten von KAHNEMAN / TVERSKY³ die vor dem Hintergrund der EMH fundamental unbegründete Volatilität gezielt untersuchen. Die Fokussierung der Forschung seit Anfang der 1990-er Jahre auf mikrostrukturelle Aspekte der Preisbildung zeigt jedoch einen Nachteil bei einer ganzheitlichen Modellierung des Marktes: Die verhaltensbasierten Erklärungsansätze können immer noch nur partielle Marktzustände abbilden und keine makroökonomische Perspektive auf Aktienmärkte einnehmen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus der Betrachtung des Menschen mit seinem Erwartungsbildungsprozess als zentralen Einflussfaktor auf die Preisbildung: Die Ausprägungen der Mikrostruktur sind limitiert. So weist eine Mikrostruktur mit Software-Agenten⁴ als Marktteilnehmer keine soziopsychologischen Einflüsse auf.

Folglich deckt die wissenschaftliche Debatte die mikrostrukturellen Veränderungen des Aktienhandels in den letzten Jahrzehnten unzureichend ab, weil der Einfluss der Automatisierung ausgeblendet wird. Die Automatisierung des Aktienhandels wirkt aber sowohl auf die Mikrostruktur als auch auf den Preisbildungsprozess einer Börse: Neue Marktteilnehmerstrukturen und Bewertungsmethoden, sinkende Transaktionskosten und Marktzugangsbarrieren verändern die Informationsverarbeitung durch den Markt. Da die Informationsverarbeitung als Teil des Aktienhandelsprozesses essentiell für seine Effizienz ist, darf sie bei der Charakterisierung der Märkte nicht außer Acht gelassen werden. In der Literatur wurde jedoch der Zusammenhang zwischen der Automatisierung und der Markteffizienz bislang nur wenig beleuchtet.

Um diese Forschungslücke zu schließen, wird in dieser Arbeit ein neuer Ansatz, die *Adaptive Fraktale Markthypothese* (AFMH), zur Beschreibung der Aktienmärkte vorgeschlagen. Dabei wird die Analyse der Einflüsse der Automatisierung des Aktienhandels auf die Preisbildung als Forschungsziel formuliert. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

³ Vgl. Kahneman / Tversky (1974) und Kahneman / Tversky (1979).

⁴ Unter einem *Software-Agenten* wird hier ein autonom handelndes Softwaresystem verstanden. Zur genauen Definition vgl. Kapitel II.1.3.

1. Welchen Einfluss hat die Automatisierung des Aktienhandels auf die Informationsverarbeitung?
2. Welche Auswirkungen hat die Automatisierung des Aktienhandels auf die Markteffizienz?

Um diese Forschungsfragen zu beantworten, sollen die etablierten Theorien auf ihre Eignung zur Erklärung moderner Aktienmärkte überprüft und ein alternativer Erklärungsansatz aufgestellt werden. Daraus leiten sich drei ergänzende Forschungsfragen ab:

1. Können etablierte Theorien die Preisbildung auf Aktienmärkten mit automatisierter Mikrostruktur erklären?
2. Welcher bestehende alternative Erklärungsansatz kann eine automatisierte Mikrostruktur berücksichtigen?
3. Welcher neue Erklärungsansatz kann für Aktienmärkte mit unterschiedlichen Mikrostrukturen aufgestellt werden?

Entsprechend der Zielsetzung ist diese Arbeit in drei Hauptkapitel (Kapitel II bis IV) aufgeteilt. In Kapitel II wird der aktuelle Stand der Entwicklung von Aktienmärkten festgehalten. Kapitel III umfasst die in der Literatur verbreiteten Erklärungsansätze der Preisbildung. Zum Erreichen des Forschungsziels wird in Kapitel IV die AFMH aufgestellt und eine Analyse des Einflusses der Automatisierung auf die Markteffizienz von Aktienmärkten durchgeführt.

In Kapitel II werden Veränderungen der Mikrostruktur aufgezeigt, die durch die Automatisierung der Wertschöpfungskette verursacht werden. Dafür wird zunächst in Kapitel II.1 der Aktienhandelsprozess betrachtet. Anschließend werden elektronische Marktplätze und Software-Agenten als neue Marktteilnehmer definiert.

Das Kapitel II.2 stellt die Verbreitung der Automatisierung auf Aktienmärkten und somit die Veränderung der Mikrostruktur dar. Die vorgenommene Abstufung der Mikrostruktur soll eine Differenzierung des Einflusses der Automatisierung auf die Preisbildung ermöglichen.

In Kapitel III werden traditionelle Ansichten des Schrifttums über die Preisbildung auf Aktienmärkten, die vor der Automatisierung der Mikrostruktur entwickelt wurden, vorgestellt und kritisch beleuchtet. Zu diesem Zweck werden in Kapitel III.1 die theoretischen Grundlagen der Markteffizienz erläutert sowie das zentrale Konzept der klassischen Kapitalmarkttheorie beschrieben, die EMH von FAMA. Die Informationseffizienz als ausschließliches Kriterium der Markteffizienz wurde in der EMH formuliert. Trotz diverser Kritik ist eine Auseinandersetzung mit der EMH als Vergleichsmaßstab für alternative Erklärungsansätze unverzichtbar.

In Kapitel III.2 liefert die Untersuchung der Informationsverarbeitung im Prozess der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer die Grundlagen für einen Vergleich der Informationsarten und eine Zuordnung der Analysemethoden zu unterschiedlichen Anlegertypen. Außerdem wird die Informationseffizienz unter mikrostrukturellen und empirischen Aspekten betrachtet, um Abweichungen zwischen der realen und der in der EMH postulierten Preisbildung zu zeigen.

Das Kapitel III.3 widmet sich der Behavioral Finance, einer verbreiteten Theorie zur Erklärung von Informationsineffizienzen auf Aktienmärkten. Nach der Erläuterung des zentralen Konzeptes der beschränkten Rationalität von SIMON⁵ werden die Grundthesen dieses verhaltensbasierten Ansatzes anhand der Prospect Theorie von KAHNEMAN / TVERSKY⁶ dargestellt. Durch die Ableitung der Implikationen der Behavioral Finance für unterschiedliche Automatisierungsstufen der Mikrostruktur wird ihre Eignung für die Analyse moderner Aktienmärkte überprüft.

Die Entwicklung der AFMH wird in Kapitel IV vorgenommen, um abschließend einen Vergleich von Aktienmärkten mit verschiedenen Automatisierungsstufen der Mikrostruktur zu ermöglichen. Zunächst wird in Kapitel IV.1 der aktuelle Forschungsstand festgehalten und die Forschungslücke erfasst. Hier wird insbesondere die Adaptive Markthypothese (AMH) von Lo⁷ als ein Versuch begut-

⁵ Vgl. Simon (1955).

⁶ Vgl. Kahneman / Tversky (1979).

⁷ Vgl. Lo (2004).

achtet, den evolutionären Gedanken auf die Analyse der Aktienmärkte zu übertragen. Dabei wird eine Synthese zwischen langfristiger objektiver Rationalität der Märkte und kurzfristigen verhaltensbedingten Abweichungen hergestellt. Daraus wird ein Anforderungsprofil für eine neue Hypothese zur Erklärung der Preisbildung auf Aktienmärkten formuliert.

Das Kapitel IV.2 befasst sich mit der Fraktalen Markthypothese (FMH) von PETERS⁸ und Ansätzen der Soziobiologie als theoretische Basis für die Aufstellung der AFMH. Die FMH bietet eine ganzheitliche Herangehensweise zur Erklärung der Aktienmärkte. Als Effizienzkriterium wird die Marktstabilität herangezogen. Dies ist für die Betrachtung von Märkten mit unterschiedlichen Automatisierungsstufen der Mikrostruktur vorteilhaft, weil vielfältige Teilnehmertypen (Software-Agent, Mensch, Institution) in die Analyse einbezogen werden können. Zur Beurteilung des Einflusses der Automatisierung auf die Markteffizienz fehlen der FMH jedoch die impliziten Ansätze zur Modellierung und Eingrenzung stabiler Marktzustände. Die soziobiologischen Aspekte des Wettbewerbs unter Marktteilnehmern als stabilitätseingrenzende Faktoren würden die FMH erweitern. Deshalb werden Konzepte der Soziobiologie vorgestellt und ihre Ähnlichkeiten zur Entwicklung von Aktienmärkten gezeigt.

In Kapitel IV.3 wird die AFMH aufgestellt und eine Analyse des Einflusses der Automatisierung des Aktienhandels auf die Preisbildung vorgenommen. Die Untersuchung der Wettbewerbsprozesse aus soziobiologischer Perspektive soll die Rahmenbedingungen für die Stabilität eines Aktienmarktes liefern. Abschließend werden mithilfe der Marktmodellierung die Forschungsfragen beantwortet.

⁸ Vgl. Peters (1994).

II Moderne Aktienmärkte

Der Einzug der Informations- und Kommunikationstechnologien in die wirtschaftlichen Wertschöpfungsketten führt zu grundlegenden Umbrüchen in allen Segmenten der Weltwirtschaft. Diese Entwicklung betrifft insbesondere den Aktienmarkt. Der moderne Aktienmarkt ist durch Globalisierung, Deregulierung und vor allem Automatisierung gekennzeichnet. Seitdem hat sich auch die Struktur und Verhalten sowohl des gesamten Aktienmarktes als auch der einzelnen Teilnehmer verändert.

Die durch die neuen Technologien beschleunigte Globalisierung der Kapitalströme sowie der stetige Anstieg der Transaktionsvolumina sind ausschlaggebende Ursachen für die Veränderungen der Mikrostruktur eines Aktienmarktes. Früher hatten Aktienbörsen ein regionales Monopol inne, dessen primäre Aufgabe in der Marktorganisation und -regulierung bestand. Dagegen ist die moderne Börse eine dem globalen Wettbewerb ausgesetzte Institution.

Auf der Prozessebene werden Dienstleistungen nicht nur lokalen Teilnehmern angeboten. Mittlerweile steht allen Marktteilnehmern ein weltweiter Zugang zu automatisierten Handelsprozessen zur Verfügung. Dadurch, aber auch aufgrund der Automatisierung der eigenen Handelsprozesse, hat sich das Verhalten der Akteure verändert.

1 Automatisierung des Aktienhandelsprozesses

1.1 Aktienhandelsprozess

Die Auswirkungen der Automatisierung im Aktienmarkt spiegeln sich in der Ausgestaltung des Handelsmechanismus wider. Der Handelsmechanismus ist der grundlegende Begriff der Marktmikrostrukturtheorie und bildet den Rahmen, innerhalb dessen die Aktienhandelsprozesse ablaufen. Die Marktmikrostrukturtheorie untersucht den Einfluss der Handelsmechanismen auf die Preisfindung auf dem Aktienmarkt.⁹

In der Marktmikrostrukturtheorie eignet sich die funktionale Betrachtung der Wertschöpfungskette einer Transaktion für die Analyse der Handelsmechanismen einzelner Teilnehmer.

Im Schrifttum wird der Aktienhandelsprozess in vier Handelsphasen unterteilt (vgl. Abbildung 1):¹⁰

- Informationsphase,
- Orderroutingphase,
- Abwicklungsphase,
- Abschlussphase.

Die *Informationsphase* beinhaltet alle mit der Handelsentscheidung verbundenen Aktivitäten eines Marktteilnehmers, um Informationen für die Auswahl einer Handlungsalternative zu erhalten. Für diesen Zweck müssen Informationen beschafft, verarbeitet, bewertet und gespeichert werden. Am Ende dieser Phase wird eine Handelsentscheidung getroffen.¹¹ Je nach Handelsmotiv eines Marktteilnehmers und den damit verbundenen Handelsstrategien werden verschie-

⁹ Vgl. O'Hara (1995), S. 1. In der Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen der Marktmikrostruktur, die sich auf die jeweilige Perspektive des untersuchten Problems richten. Vgl. dazu Garman (1976), Madhavan (2000), Harris (2003), Stoll (2003) und Hasbrouck (2007). Zur detaillierten Einordnung der Marktmikrostrukturtheorie unter neoinstitutionalistischen Aspekten vgl. Lückerath (2003), S. 97 – 105.

¹⁰ Die Zerlegung des Aktienhandelsprozesses nach Handelsphasen erfolgt nach Picot / Bortenlänger / Röhl (1996), S. 16.

¹¹ Vgl. Picot / Bortenlänger / Röhl (1996), S. 35f.

dene Informationen ausgewählt und ausgewertet. Dabei hat die Aggregation von Informationen auf der Marktebene einen entscheidenden Einfluss auf die individuelle Bepreisung von Wertpapieren.

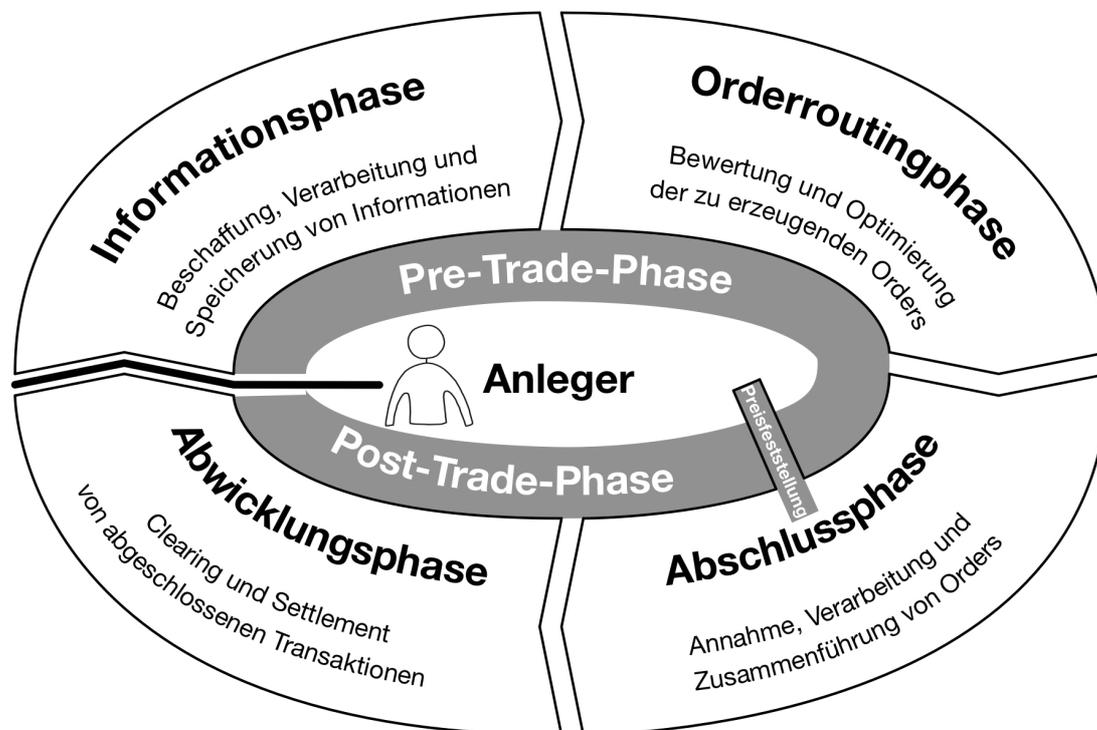


Abbildung 1: Aktienhandelsprozess¹²

Die *Orderroutingphase* fasst alle Aktivitäten zur Minimierung der Transaktionskosten für die Ausführung der in der Informationsphase getroffenen Handelsentscheidung zusammen. Dieses Ziel wird durch die Auswahl der Art, der Zeit und des Ortes der Ausführung des Kauf-/Verkaufsauftrags auf der Basis von phasenspezifischen Informationen erreicht. Nach der Festlegung der Parameter wird der Auftrag als eine oder als mehrere Orders an die Marktplätze weitergeleitet.¹³ Dementsprechend wirken sich Aktivitäten in der Orderroutingphase kurzfristig auf das Marktgeschehen aus. Zudem haben Qualität und Quantität der in der Orderroutingphase zur Verfügung stehenden Infrastruktur einen unmittelbaren Einfluss auf das Verhalten der Marktteilnehmer während der Informationsphase.

¹² Eigene Darstellung.

¹³ Vgl. Hartmuth (2004), S. 202.

In der *Abschlussphase* erfolgt der Handel zwischen den Marktteilnehmern. Angebot und Nachfrage werden dabei zusammengeführt und die Kursfeststellung findet nach einem vom Marktplatz festgelegten Prozedere statt. Die Aufgabe des Handelsplattformbetreibers ist es, ein hohes Transaktionsvolumen zu fairen Preisen zu garantieren.¹⁴ Die in der Informations- und Orderroutingphase getroffenen Entscheidungen werden in Form von Aktienkursen aggregiert. Somit reflektieren sie die Sicht des Gesamtmarktes und bilden die Informationsbasis zum Treffen individueller Entscheidungen.¹⁵ Abhängig vom Handelsmodell führt die Aggregation der Informationen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Diese Aggregation ist relevant für die Analyse des Marktverhaltens.

Die *Abwicklungsphase* umfasst die Aktivitäten zur Erfüllung der abgeschlossenen Transaktionen. Darunter fallen Informationsaustausch zwischen beteiligten Parteien, die Feststellung der eingegangenen Verpflichtungen (Clearing), die physische oder die virtuelle Wertpapierübertragung und die Zahlung des Kaufbetrages (Settlement).¹⁶ Ausschlaggebend für diese Phase ist eine sichere, kostengünstige und schnelle Abwicklung dieser Aktivitäten.¹⁷ In der Praxis wird die Abwicklung als unsichtbare Funktion wahrgenommen und kann somit als ein Hygienekriterium innerhalb des Aktienhandelsprozesses verstanden werden.

Für die Analyse des Einflusses des Marktteilnehmerverhaltens auf die Kursfeststellung ist es hilfreich, die Darstellung des Aktienhandelsprozesses abhängig von den zu verarbeitenden Informationen zusätzlich in Pre- und Post-Trade-Phase zu unterteilen (vgl. Abbildung 1). Denn nur bis zum Zeitpunkt der Kursfeststellung haben die Marktakteure die Möglichkeit, den Aktienhandelsprozess zu beeinflussen.

Die *Pre-Trade-Phase* umfasst alle Aktivitäten einer Transaktion, die bis zur Kursfeststellung stattfinden. Diese Aktivitäten schließen Funktionen der Infor-

¹⁴ Vgl. Picot / Bortenlänger / Röhl (1996), S. 54.

¹⁵ Vgl. Hellwig (2000), S. 28.

¹⁶ Vgl. Schiereck (1995), S. 27.

¹⁷ Vgl. Picot / Bortenlänger / Röhl (1996), S. 71.

mations-, Orderrouting- und einen Teil der Abschlussphase ein.¹⁸ In der Pre-Trade-Phase wirken sich Entscheidungen der Marktteilnehmer unmittelbar auf den Aktienhandelsprozess aus. Diese Entscheidungen basieren auf der Verarbeitung von Informationen, die exogene oder endogene Marktdaten einbeziehen. Während endogene Marktdaten im Aktienhandelsprozess entstehen, beinhalten exogene Marktdaten alle sonstigen Informationen, die für das Marktgeschehen relevant sind.¹⁹

Aufgaben nach der Kursfeststellung sind der *Post-Trade-Phase* zuzuordnen. Dazu gehören ein Teil der Abschlussphase nach der Kursfeststellung und die Abwicklungsphase.²⁰ Einerseits haben die dort stattfindenden Teilprozesse während der Ausführung keine direkte Wirkung auf die Kursfeststellung der Transaktion. Andererseits berücksichtigen die Marktteilnehmer Kenntnisse über diese Teilprozesse als endogene Marktdaten antizipierend in ihren Handelsentscheidungen.

Folglich beeinflussen die Teilprozesse der Post-Trade-Phase indirekt das Verhalten der Marktakteure während der Pre-Trade-Phase. Grundlegende Veränderungen der Teilprozesse der Post-Trade-Phase führen sogar zur unmittelbaren Umgestaltung der Pre-Trade-Phase und sind für das Marktdesign ausschlaggebend.

1.2 Elektronische Marktplätze

Seit der Verbreitung der EDV-Technik ist die Entwicklung des Marktplatzes von einem manuellen (Parkett-)Handelssystem zu einer vollautomatisierten elektronischen Börse die wichtigste strukturelle Veränderung des Aktienhandelsprozesses. In der letzten Evolutionsstufe als *Computerbörse* beschränkt sich der menschliche Eingriff nur noch auf die Festlegung der Parameter, die Überwachung und die Fehlerkorrektur in den Teilprozessen der Wertschöpfungskette.

¹⁸ Vgl. Gomolka (2011), S. 51.

¹⁹ Vgl. Schenk (1997), S. 30.

²⁰ Vgl. Khanna (2008), S. 33f.

In diesem Fall weist eine Computerbörse Merkmale des *Straight-Through-Processing* (STP) auf.²¹

Ein STP-System ist ein System, bei dem alle Teilprozesse vollautomatisiert ablaufen und deren Ergebnisse medienbruchlos, automatisiert an den nachfolgenden Teilprozess übergeben werden. Durch den Einsatz von STP-Systemen werden Produktivität, Qualität und Geschwindigkeit der Bereitstellung von Prozessdienstleistungen signifikant erhöht. Als Resultat können zum einen Transaktionskosten gesenkt werden und zum anderen eröffnet sich die Möglichkeit der Echtzeitverarbeitung von Informationen.²² Bezogen auf den Handelsprozess bedeutet es die Senkung von Kosten und Latenz der Ausführung der Orders.

Zu den ersten Ansätzen von STP-Systemen an Börsen gehörten die elektronische Orderübermittlung von Marktteilnehmern an die Marktplätze sowie das elektronische Orderbuch. Diese Automatisierung der Teilprozesse der Pre-Trade-Phase erlaubt eine zeit- und ortsunabhängige Durchführung des Aktienhandels für die Marktakteure.²³ Im weiteren Zeitverlauf kam es zur Automatisierung der Kursfeststellung und des Ordermatching, wobei eine Erweiterung der Funktion des elektronischen Orderbuches stattfand. So wurde ein entscheidender Schritt der Evolution zu einer Computerbörse getan.²⁴ Schließlich führte die vollständige Integration der Teil-Prozesse der Post-Trade-Phase in den Aktienhandelsprozess zur Entstehung von vollautomatisierten Marktplätzen als Computerbörsen.²⁵

Die meisten modernen Aktienmarktplätze haben die STP-Systeme vollständig implementiert und betreiben den Handel vollautomatisiert. Dies führt zu einer Reihe grundlegender Veränderungen innerhalb der Wertschöpfungskette.²⁶

²¹ Vgl. Khanna (2008), S. 1f.

²² Vgl. Knogler / Linsmaier (2008), S. 57.

²³ Vgl. Rudolph (1992), S. 349 – 351.

²⁴ Vgl. Domowitz (1992), S. 305.

²⁵ Vgl. Fischer / Rudolph (2000), S. 384.

²⁶ Vgl. Marzo (2013), S. 137f.

Dazu zählen:

- Steigerung der Handelsgeschwindigkeit und Orderanzahl,
- Reduzierung der Handelsgebühren,
- Erweiterung des Dienstleistungsspektrums der Marktplätze.

Seit der Implementierung der STP-Systeme stieg die Geschwindigkeit der Orderausführungen aufgrund der höheren Leistungsfähigkeit der automatisierten Systeme gegenüber der manuellen Ausführung. Diese Entwicklung ist nicht abgeschlossen und wird durch technische Optimierung der Handelssysteme vorangetrieben. So hat sich innerhalb eines Jahrzehnts die durchschnittliche Zeit der Orderausführung um ein Vielfaches verkürzt.²⁷ Dementsprechend hat sich auch die Frequenz der Orderbuchaktualisierung erhöht.²⁸

Marktteilnehmer nutzen die sich mit der Automatisierung der Wertschöpfungskette entstandenen Rahmenbedingungen, indem sie ihren Handel global betreiben, die Ordergröße zur Minimierung des negativen Einflusses auf Marktpreise reduzieren²⁹ und eine erweiterte Kontrolle über die Orderausführung haben (z.B. durch Löschen der Order unmittelbar vor der Ausführung). Zudem wird diese Entwicklung durch die Reduzierung der Tick-Größe als minimale Veränderung des Aktienkurses begünstigt.³⁰ Die Orderanzahl auf Computerbörsen steigt exponentiell an und zwingt die Betreiber auf die Skalierbarkeit der Handelssysteme zu achten.³¹

Bedingt durch infrastrukturelle Investitionen beim Einsatz von STP-Systemen, sank der Aufwand einer Börse für die Verarbeitung jeder zusätzlichen Order. Um durch eine größere Transaktionsmenge Gewinne zu generieren, strebten die Marktplätze eine Steigerung der Liquidität an,³² indem sie asymmetrische Rabattmodelle etablierten. Dabei wird die liquiditätszuführende Order durch

²⁷ Vgl. Haldane (2012), S. 250.

²⁸ Vgl. Marzo (2013), S. 153.

²⁹ Vgl. Irvine (2013), S. 279.

³⁰ Vgl. Cole / van Ness (2013), S. 204.

³¹ Vgl. Zubulake / Lee (2011), S. 47f.

³² Vgl. Schuster / Rudolf (2001), S. 377.

bessere Konditionen gegenüber der liquiditätsabführenden Order präferiert. Weiterhin verbreiteten sich innerhalb der Börsengebühren Nachlässe für den automatisierten Orderfluss.³³ In einem globalisierten Aktienmarkt führte dies zu sinkenden Transaktionskosten der Marktakteure und zu verschärftem Wettbewerb.

Zur Attraktivitätssteigerung ihrer Börse haben die Betreiber das Dienstleistungsspektrum deutlich erweitert. Die neuen Dienstleistungen erlaubten den Marktteilnehmern unter anderem die Vorteile der Geschwindigkeit der Orderverarbeitung zu nutzen. So wurden traditionelle Limit- und Market-Order um zahlreiche komplexere Order-Typen ergänzt. Dazu zählten beispielsweise Sweep-To-Fill-, Iceberg- oder Hidden-Order, die für die maschinelle Verarbeitung entlang der STP-Kette optimiert und hauptsächlich von institutionellen Marktteilnehmern in Anspruch genommen wurden.³⁴

Aus technischer Sicht wurde für Marktteilnehmer die Möglichkeit geschaffen, ein eigenes EDV-System in unmittelbarer Nähe zur Computerbörsen-Hardware zu unterhalten. Somit konnte mit Hilfe des sogenannten Colocation-Services Übertragungswege gekürzt und Latenz der Orderausführung minimiert werden.³⁵ Zudem wurden die seit Mitte der 1960-er Jahre verbreiteten Ticker-Dienste³⁶ deutlich verfeinert, was zum erheblichen Anstieg des Umfangs der Datensätze führte.³⁷ Durch die Bereitstellung von Mikrostrukturdaten, wie z.B. detaillierten Orderbuchdaten und Echtzeitkursen, bauen die Marktplätze das Angebot an STP-konformen Dienstleistungen derzeit noch aus.³⁸

1.3 Software-Agenten

Im Aktienhandelsprozess führte die Entstehung der Computerbörse aber nur zur Teilimplementierung des STP-Gedankens. Zur vollständigen Realisierung

³³ Vgl. Comerton-Forde (2013), S. 180f.

³⁴ Vgl. Aldridge (2013), S. 44f.

³⁵ Vgl. Gsell (2010), S. 20.

³⁶ Vgl. Reichert (2009), S. 128.

³⁷ Vgl. Lückcrath (2003), S. 146f.

³⁸ Vgl. Kearns / Nevmyvaka (2013), S. 94f.

wäre es notwendig, auch die Prozesse der Informations- und Orderroutingphasen zu automatisieren und in die Wertschöpfungskette zu integrieren.³⁹ Bei diesen Prozessen anfallende Aufgaben wurden bis zur Verbreitung der Computerbörsen von menschlichen Marktteilnehmern ausgeführt. Allerdings bedeutet die angestrebte vollständige Automatisierung a priori den Verzicht auf menschliche Eingriffe und somit das autonome Handeln der stellvertretenden Instanz.

In diesem Fall ist eine Trennung der Zielsetzung und der Methodenauswahl durch die ausführende Einheit notwendig. Dabei werden die Zielsetzung und Methodenauswahl für die Durchführung der Aufgaben von einem menschlichen Akteur als Benutzer/Entwickler festgelegt und deren Ausführung von einer Software übernommen. Folglich entsteht eine Art der Prinzipal-Agent-Beziehung, die allerdings von der neoinstitutionalistischen Kapitalmarkttheorie zu unterscheiden ist. Denn eine Software besitzt keine asymmetrischen Informationen gegenüber einem menschlichen Akteur und hat keine eigenen Interessen. Vielmehr wird hier die Sicht der Informatik verfolgt, wobei der Prinzipal als Auftraggeber und der Agent als Abwickler des Auftrages agieren. Die Kommunikation erfolgt bidirektional, indem der Prinzipal einerseits die Agententätigkeit mit gewählten Parametern initiiert und kontrolliert. Der Agent andererseits stellt dem Prinzipal jederzeit einen Zustandsbericht zur Verfügung.⁴⁰

Zur begrifflichen Abgrenzung von der Sicht der neoinstitutionalistischen Kapitalmarkttheorie wird der Agent im weiteren Verlauf als Software-Agent (SA) bezeichnet. Nach MAES (1995) werden *Software-Agenten* folgendermaßen definiert:

„Autonomous agents are computational systems that inhabit some complex, dynamic environment, sense and act autonomously in this environment, and by doing so realize a set of goals or tasks for which they are designed.“⁴¹

Allerdings wird in der Definition die Eigenschaft der Adaptivität nicht explizit berücksichtigt. MAES (1995) verzichtet auf diese Eigenschaft, weil die Software-

³⁹ Vgl. Schenk (1997), S. 89.

⁴⁰ Vgl. Gomber (2000), S. 118f.

⁴¹ Maes (1995), S. 108.

Agenten aus Sicht der Informatik hinsichtlich deren Umweltverhalten in Reaktive und Adaptive (Deliberative) Software-Agenten zu unterscheiden sind.⁴² Die *Reaktiven Software-Agenten* reagieren auf die Veränderungen ihrer Umwelt, indem sie vordefinierte Entscheidungen in Abhängigkeit vom aktuellen Umweltzustand ausführen. Dies setzt die Kenntnis aller Umweltzustände voraus und benötigt die Implementierung aller Szenarien.⁴³ In einer hochdynamischen und hochkomplexen Umgebung der modernen Aktienmärkte ist daher der Einsatz von Strategien, die ausschließlich auf Reaktiven Software-Agenten basieren, aus der ökonomischen Sicht weniger geeignet.⁴⁴

Dagegen sind die *Adaptiven Software-Agenten* darauf ausgerichtet, durch Anpassung ihrer Strategien oder Parameter autonom auf die Umweltveränderungen zu reagieren. Dabei ist es irrelevant, ob der Komplexitätsgrad der zugrundeliegenden Strategien hoch oder niedrig ist, weil die Adaptivität durch die Modellierung der Umwelt und des Marktteilnehmerverhaltens erreicht wird.⁴⁵ Für die Dauer eines Entscheidungszyklus ist die Strategiewahl aber ausschlaggebend, da bei komplexeren Strategien eine höhere Rechenzeit benötigt wird. Dadurch erhöht sich das Risiko eines Abweichens der beurteilten Situation von der aktuellen.⁴⁶

Die Integration der Software-Agenten in die STP-Kette des Handelsprozesses leitet bei den Marktteilnehmern eine Reihe von mikrostrukturellen Veränderungen ein. Gegenüber den menschlichen Akteuren haben Software-Agenten den Vorteil der schnellen, reproduzierbaren und medienbruchlosen Informationsverarbeitung.⁴⁷ Die Grenzen der kognitiven Wahrnehmung eines menschlichen

⁴² Vgl. hierzu z.B. Wooldridge / Jennings (1995). In der Informatik wird der Begriff *Deliberativer Software-Agent* häufig in Zusammenhang mit Multi-Agenten-Systemen verwendet. Die im Aktienmarkt eingesetzten Software-Agenten stellen aber keine Multi-Agenten-Systeme im eigentlichen Sinne dar, weil sie in der Realität untereinander nicht direkt, sondern nur über den Markt kommunizieren. Aus diesem Grund wird dem Begriff *Adaptiver Software-Agent* der Vorzug gegeben.

⁴³ Vgl. Eymann (2003), S. 70f.

⁴⁴ Vgl. Sackmann (2003), S. 16.

⁴⁵ Vgl. Eymann (2000), S. 85.

⁴⁶ Vgl. Wooldridge (2013), S. 19.

⁴⁷ Vgl. Gomber (2000), S. 119.

Akteurs stellen für Software-Agenten kein großes Hindernis dar.⁴⁸ Dementsprechend können sie die Prozesse der Erwartungsbildung und der Übermittlung von Handelsentscheidungen effizienter gestalten.⁴⁹ In erster Linie sind folgende Aspekte unverkennbar:

- Senkung der Transaktionskosten,
- Beschleunigung der Informationsverarbeitung,
- Quantifizierung der (Handels-)Entscheidungen.

Einerseits ist die Entwicklung eines Software-Agenten mit hohen Investitionen verbunden.⁵⁰ Andererseits kann ein erfolgreich fertiggestelltes System über einen langen Zeitraum mit geringeren Betriebskosten produktiv eingesetzt werden. Verglichen mit einem menschlichen Akteur, sind die variablen Kosten der Informations- und Orderroutingphase jeder neuen Transaktion geringer. Selbst bei der Berücksichtigung der hohen Fixkosten bleiben die Transaktionskosten aufgrund der Automatisierung gering.⁵¹ Dieser Kostenvorteil ist meistens größer als ein impliziter Kostennachteil durch schlechtere Performance des Software-Agenten gegenüber dem menschlichen Händler.⁵²

Zur Verbesserung der Performance in der Informations- und Orderroutingphase müssen Software-Agenten eine breite Informationsbasis innerhalb eines begrenzten Zeitintervalls auswerten. Bei den Systemen der ersten Generation schränkten eine geringere Datenverfügbarkeit und eine langsame Hardware die Auswertung noch ein. Mit Erweiterung der Börsendienstleistungen und des Angebots von Drittanbietern sowie der Steigerung der Hardwaregeschwindigkeit sind Software-Agenten in der Lage, beim Treffen von Transaktionsentscheidungen eine erheblich größere Datenmenge pro Zeiteinheit kostengünstig zu verarbeiten.⁵³

⁴⁸ Vgl. Reichert (2009), S. 67.

⁴⁹ Vgl. Gerner (2010), S. 319.

⁵⁰ Vgl. Meyer / Guemsey (2015), S. 176.

⁵¹ Vgl. Gsell (2010), S. 16.

⁵² Vgl. z.B. die Ergebnisse der empirischen Studie von Domowitz / Yegerman (2005).

⁵³ Vgl. Gomber (2000), S. 124.

Neben der Beschleunigung der Entscheidungsfindung hat sich auch die Übermittlung dieser Entscheidungen an den Markt deutlich verkürzt. Zum einen erhielten die Marktteilnehmer eine medienbruchlose Anbindung an den Markt, die durch neue latenzsensitive und standardisierte Konzepte beschleunigt wurde. Zum anderen sind die Computerbörsen in der Lage, die Orders mit einer relativ geringeren Verzögerung entgegenzunehmen. Damit geht eine erheblich höhere Aktualisierungsfrequenz des elektronischen Orderbuchs einher. Dies zwingt wiederum die Betreiber von Software-Agenten zur Beschleunigung der eigenen Systeme, um die dynamischen Informationen aus dem Orderbuch mit einer geringeren Latenz in ihren Entscheidungen zu berücksichtigen.⁵⁴

Ein Software-Agent kann, wie jedes EDV-System, im Unterschied zu einem menschlichen Akteur nur numerische Informationen verarbeiten. Folglich müssen alle zur Entscheidung herangezogenen Informationen der Informations- und Orderroutingphase digitalisiert, interpretiert und aggregiert werden, weshalb die Betreiber die quantitativen Strategien bevorzugen. Die Grundlage dafür liefern statistisch-mathematische, finanzmathematische und ökonometrische Ansätze.⁵⁵ Jede mathematische Theorie kann aus anwenderorientierter Sicht als ein logisches Konstrukt zur Interpretation von Informationen angesehen werden.⁵⁶ Somit hängt die Performance eines Software-Agenten nicht nur von der Interpretationsmethodik ab, sondern auch von der Art der zu interpretierenden endogenen oder exogenen (Markt-)Informationen.

⁵⁴ Vgl. Marzo (2013), S. 153f.

⁵⁵ Vgl. Fabozzi / Focardi / Kolm (2010), S. Xlf. Zur Übersicht der quantitativen Konzepte der Finanzanalyse vgl. z.B. Kehrling (1998), Grinold / Kahn (2000), Chincarini / Kim (2006) und Kaufmann (2013).

⁵⁶ Vgl. Elschen (2012), S. 200.

2 Moderne Marktmikrostruktur

2.1 Verbreitung der Computerbörsen

Nachdem in den 1970-80-er Jahren die Voraussetzungen für die Entstehung der Computerbörsen geschaffen wurden, begann seit Anfang der 1990-er Jahre deren weltweite Verbreitung auf den Aktienmärkten. In folgenden zwei Jahrzehnten fand der Übergang vom klassischen Parketthandel zu einer modernen Börse statt, wobei sich jährlich im Durchschnitt vier Marktplätze zu einer primären Computerbörse entwickelten. Diese Verbreitung hatte ihren Höhenpunkt zwischen 1996 und 2001 (vgl. Abbildung 2). Sie wurde nicht nur durch den Wandel der bestehenden Börsen vorangetrieben, sondern auch durch zahlreiche Neugründungen begleitet.⁵⁷

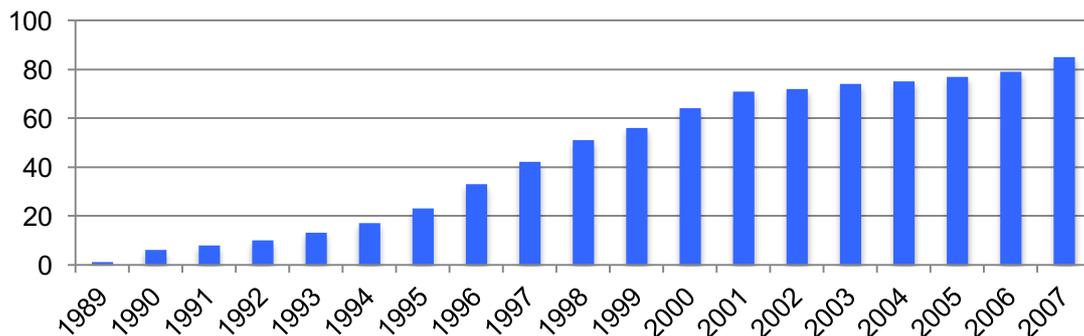


Abbildung 2: Weltweite Verbreitung von Computerbörsen⁵⁸

Seit 1997 entstand parallel eine Reihe von vollautomatisierten *Alternativen Elektronischen Marktplätzen* (AEM), die zunächst aus regulatorischer Sicht nicht als eine Börse anerkannt wurden.⁵⁹ Auf alternativen Marktplätzen betreiben Teilnehmer zunehmend außerbörslichen Handel, dessen Ablauf einer STP-Kette entspricht. Aus diesem Grund sind sie funktional einer Computerbör-

⁵⁷ Vgl. Gorham / Singh (2009), S. 66 – 71.

⁵⁸ Eigene Darstellung, Datenquelle: Gorham / Singh (2009), S. 67 – 71. In der Abbildung werden hybride Marktplätze (paralleler Betrieb einer Computerbörse und eines Parketthandels) und AEM nicht berücksichtigt.

⁵⁹ Vgl. Jones / Fabozzi (2008), S. 136 – 139. Zu den AEM zählen Electronic Communication Networks (ECNs, USA) / Multilateral Trading Facilities (MTFs, Europa) und Alternative Trading Systems (ATS) wie Dark Pools und Crossing Networks.

se gleichzustellen.⁶⁰ Durch die örtliche Ungebundenheit und die Ausbreitung des Angebotsspektrums verstärkte sich der Globalisierungsprozess der Aktienmärkte und führte ab 2007 zu einer Konsolidierungswelle der Marktplätze.⁶¹

Die Verbreitung der Computerbörsen wurde durch drei wichtige Faktoren beeinflusst:

1. technische Entwicklung,
2. regulatorische Vorschriften,
3. Wettbewerb.

Diese Faktoren wirkten nicht unabhängig voneinander. Vielmehr haben sie sich entlang der Entwicklung gegenseitig verstärkt und beschleunigten so die STP-Implementierung auf den Marktplätzen.

1. Technische Entwicklung

Die globale Automatisierung der Aktienmärkte war eng verbunden mit der Einführung von technologischen Innovationen. In erster Linie zählten hierzu die STP-basierten Orderrouting und Matching, Netzwerktechnologien und die Verfügbarkeit von preiswerteren Hardware-Komponenten. Im Wettbewerb der Marktformen (Quote-Driven-Marktmodell vs. Order-Driven-Marktmodell)⁶² war die Einführung des Konzepts des Electronic Centralized Limit Order Book (ECLOB) ein Meilenstein. Nach der Einführung Ende der 1970-er Jahre setzte es sich schnell durch.

Seine Vorteile bestehen in der Reduktion der Informationsasymmetrien, der Verbesserung der Liquiditätsbereitstellung, der schnellen und objektiven Kursfeststellung sowie der operationalen Fairness und im gleichberechtigten Zu-

⁶⁰ Vgl. Schmidt (2014), S. 3.

⁶¹ Vgl. Marzo (2013), S. 145.

⁶² In einem Quote-Driven-Marktmodell findet die Transaktion zwischen einem Anleger und einem intermediären Börsenmitglied (Market-Maker) statt, der zum Handel zu den von ihm aufgestellten Quoten verpflichtet ist. Dagegen erfolgt der Handel in einem Order-Driven-Marktmodell durch Platzierung und Matching der Anlegerorder in einem zentralisierten Limit-Orderbuch. Vgl. Marzo (2013), S. 167.

gang. Die meisten modernen Aktienmärkte sind durch Implementierung des ECLOB nach dem Order-Driven-Marktmodell organisiert.⁶³

Die seit der Entstehung von PCs sinkenden Hardwarekosten bei gleichzeitiger Steigerung der Leistungsfähigkeit der EDV-Technik⁶⁴ haben die zunehmende Automatisierung der Börsensysteme ermöglicht.⁶⁵ Trotzdem blieben die infrastrukturellen Kosten einer Computerbörse lange auf einem hohen Niveau. Eine Computerbörse konnte daher nur durch Realisierung von positiven Skaleneffekten bei Anbindung von räumlich entfernten Teilnehmern oder durch den Zusammenschluss von Marktplätzen effizient betrieben werden.⁶⁶

Zu diesem Zweck waren leistungsfähige und standardisierte Datenübertragungswege notwendig. Die Leistungsfähigkeit der öffentlichen und privaten Netzwerke wurde seit der Einführung des UDP und des TCP/IP sukzessiv verbessert.⁶⁷ Die Entwicklung der Handelssysteme verlief allerdings parallel und unabhängig davon, sodass eine standardisierte Schnittstelle für den Austausch von handelsspezifischen Informationen realisiert werden musste. Zu einem de-facto Kommunikationsstandard der Aktienmärkte hat sich das Financial Information Exchange Protocol (FIX-Protocol) durchgesetzt.⁶⁸

Die erstmalige Vernetzung der Computerbörsen kann aber nur als erste Etappe der Globalisierung betrachtet werden. Für die Verbesserung der Synchronisation der Marktinformationen zwischen verschiedenen Standorten, werden hochtechnologische Leitungen mit kurzen Latenzzeiten eingesetzt.⁶⁹

2. Regulatorische Vorschriften

Die regulatorischen Anpassungen der Aktienmärkte lieferten weitere Gründe für die Verbreitung und Vernetzung der Computerbörsen. Diese Regelungen ha-

⁶³ Vgl. Aldridge (2013), S. 41f.

⁶⁴ Vgl. Kollmann (2016), S. 1 – 12.

⁶⁵ Vgl. Aldridge (2013), S. 22.

⁶⁶ Vgl. Schuster / Rudolf (2001), S. 391.

⁶⁷ Vgl. Hofmann (2001), S. 14f.

⁶⁸ Vgl. Johnson (2010), S. 316.

⁶⁹ Vgl. Simonite (2014).

ben das Ziel des Anlegerschutzes sowie der Integration der Aktienmärkte und hatten ihren Ursprung 1997 in der Einführung durch U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) in den USA der sogenannten Order Handling Rules (OHR). Primär konzentrierten sie sich auf die Verpflichtung der Marktplätze und Investmentfirmen, dem Anleger für die Durchführung seiner Transaktionen die bestmöglichen Bedingungen zu garantieren.⁷⁰ Weltweit passten die Gesetzgeber ihre Ziele des Anlegerschutzes und der Harmonisierung der Märkte unter den Aspekten der technischen Entwicklung an. Die Einführungen der EU-Richtlinie *Markets in Financial Instruments Directive* (MiFID) in 2004 und der SEC-Vorschrift *Regulation National Market System* (RegNMS) in 2007 waren trotz der gestalterischen Unterschiede die Ursachen für die Verbreitung der Computerbörsen und der AEM sowie die Verschärfung des Wettbewerbs.⁷¹

3. Wettbewerb

Die regulatorischen Vorschriften zeigten schnell ihre Wirkung. Insbesondere AEM gewannen im Börsenwettbewerb an Bedeutung und führten zunächst zur Fragmentierung des Marktes. Aufgrund der schlanken Unternehmensstruktur im Vergleich zu den als Verband organisierten traditionellen Börsen boten sie den Anlegern niedrigere Gebührenstrukturen. Zudem ermöglichte der außerbörsliche Status die Anonymität des Teilnehmers bei der Transaktionsausführung und zog somit viele institutionelle Anleger an.⁷²

Der Kostendruck und der Verlust der Marktanteile zwangen die traditionellen Börsen, die starren Organisationsstrukturen aufzubrechen, um die vollständige STP-Implementierung zu ermöglichen.⁷³ Von den zehn nach der Anzahl der Handelstransaktionen derzeit größten internationalen Börsen ist die New York Stock Exchange (NYSE) der einzige Marktplatz, der den Parketthandel immer noch parallel unterhält (vgl. Abbildung 3).

⁷⁰ Vgl. Zubulake / Lee (2011), S. 16f.

⁷¹ Vgl. Casey / Lannoo (2009), S. 207 – 209.

⁷² Vgl. Zubulake / Lee (2011), S. 28f.

⁷³ Vgl. Gorham / Singh (2009), S. 118f.

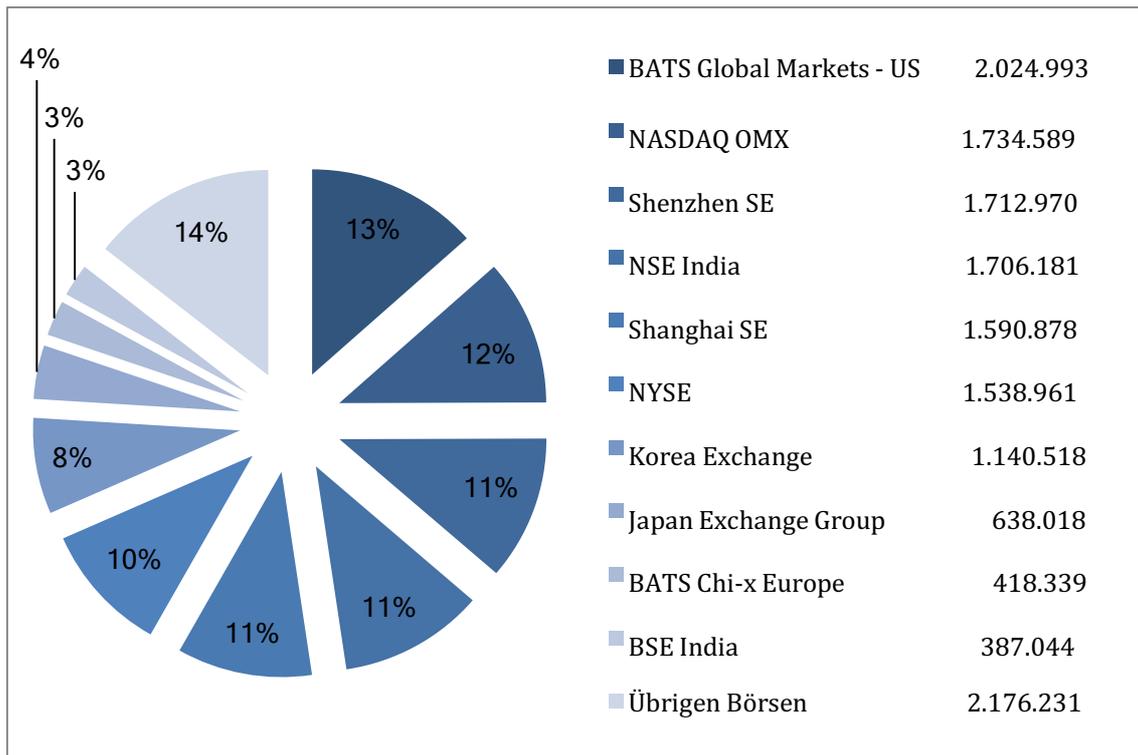


Abbildung 3: Größte Computerbörsen nach Anzahl der Handelstransaktionen und deren Marktanteile in 2014⁷⁴

Für die Bewertung der Handelsintensität eines Marktplatzes ist die Anzahl der Handelstransaktionen ein besserer Indikator als die umsatzabhängige Betrachtung. Diese Liste führt ein ursprünglich als ECN gegründeter, mittlerweile aber als eine Börse anerkannter Marktplatz an: BATS Global Marktes USA. Gleichzeitig ist der zweite Standort des Unternehmens, BATS Chi-x Europe der einzige Vertreter des europäischen Aktienmarktes.

Nach dem Beginn der Gründungswelle der Computerbörsen und der anschließenden Fragmentierung des Marktes waren die Marktplatzbetreiber gezwungen, positive Skaleneffekte zu generieren. Es folgten mehrere nationale und internationale M&A-Transaktionen.⁷⁵ Einerseits kam es auf der nationalen Ebene zu Zusammenschlüssen der AEM oder deren Übernahmen von klassischen Börsen. Letzteres war häufig durch den relativ späten Einstieg der etablierten

⁷⁴ Eigene Darstellung, Datenquelle: WFE (2015). Die Daten beinhalten alle auf der jeweiligen Computerbörse in einem ECLOB abgeschlossene Handelstransaktionen. Es wurden nur Mitglieder der World Federation of Exchange (WFE) berücksichtigt.

⁷⁵ Vgl. Marzo (2013), S. 144f.

Börsen in die STP-Implementierung begründet und ermöglichte ihnen den Wettbewerb mit anderen AEM.⁷⁶ Andererseits versuchten traditionelle Börsen, durch internationale Übernahmen und Kooperationen ihre geografische Durchdringung zu stärken und räumlich entfernte Teilnehmer an sich zu binden.⁷⁷

Die Entwicklung zeigt einen Trend zur Vereinheitlichung der Aktienmärkte entlang der drei Einflussfaktoren. Die Verbreitung der Computerbörsen ermöglichte den Marktteilnehmern, von jedem Standort aus auf einem beliebigen Aktienmarkt den Aktienhandel global zu betreiben. Somit verlieren regionale und nationale Marktplätze an Bedeutung.⁷⁸

In den Entwicklungs- und Schwellenländern war die Computerbörse aufgrund der Reproduzierbarkeit einer der Faktoren für die Zunahme des Handels auf den Aktienmärkten.⁷⁹ Es existieren bereits Modelle für die Vernetzung der Marktplätze zu einer globalen Computerbörse. Trotz der Probleme der Implementierung solcher Netzwerke in der Praxis, die nicht zuletzt aufgrund der Zeitzonen, der regulatorischen Vorschriften sowie der technischen Grenzen entstehen, sind derartige Pläne nicht unrealistisch.⁸⁰

2.2 Verbreitung der Software-Agenten

Mit dem Einsatz der EDV-Technik auf den Marktplätzen verstärkt sich die Verwendung der Informations- und Kommunikationstechnologie bei den Marktteilnehmern. Trotz des schnellen Einzugs der automatisierten Systeme in die Informations- und insbesondere in die Orderroutingphase konnten sie zunächst nicht zu den Software-Agenten gezählt werden. Für eine solche Zuordnung fehlt ihnen die Fähigkeit der STP-Übertragung für die Transaktionsentscheidungen an den Marktplatz, auch wenn sie autonom generiert werden. So muss-

⁷⁶ Vgl. Gorham / Singh (2009), S. 73.

⁷⁷ Vgl. Schuster / Rudolf (2001), S. 386.

⁷⁸ Vgl. Reichert (2009), S. 126.

⁷⁹ Zu Automatisierung des Aktienmarktes in Entwicklungs- und Schwellenländern vgl. z.B. Vargas (2012), S. 199 (Lateinamerika), Mollah / Hassan (2013), S. 468 – 470 (Afrika) und Malkiel et al. (2008), S. 90 (Asien).

⁸⁰ Vgl. z.B. die Arbeit von Wissner-Gross / Freer (2010).

ten z.B. die für den als Schwarzer Montag bekannten Börsencrash 1987 als mitverantwortlich angesehenen Program-Trading⁸¹ Systeme ihre Aufträge erst an einen menschlichen Agenten weiterleiten.⁸² Somit sind sie per definitionem keine Software-Agenten, da Software-Agenten erst mit der Entstehung der Computerbörsen möglich sind.

Eine objektive Feststellung für die Verbreitung der Software-Agenten ist aber im Gegensatz zu den Computerbörsen ungleich schwieriger. Die Marktteilnehmer sind nicht dazu verpflichtet, die Grundlage ihrer Entscheidungen offenzulegen. Auch die Marktplätze können nicht immer unterscheiden, ob ein Mensch oder ein Software-Agent die an der Computerbörse angekommene Order ausgelöst hat.⁸³ Folglich sind nur indirekte Hinweise auf die Präsenz von Software-Agenten auf Aktienmärkten möglich. Zu derartigen Indikatoren gehören die Anzahl der abgeschlossenen Transaktionen, deren durchschnittliche Größe sowie die Umschlaghäufigkeit einer Aktie. Ergänzend können Studien, die auf Umfragen unter den Marktteilnehmern basieren, sowie empirische Untersuchungen ausgewertet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Begriffsdefinitionen des automatisierten Aktienhandels und der fehlenden Überprüfbarkeit der Teilnehmerangaben haben die Ergebnisse der Studien aber eingeschränkte Aussagekraft.⁸⁴

Der Einsatz der Software-Agenten verursacht tiefgreifende mikrostrukturelle Veränderungen des Orderflusses.⁸⁵ Auf der einen Seite erlaubt die hohe Produktivität eines Software-Agenten seine Verwendung zur effizienten Minimierung des Market Impacts. Die Automatisierung solcher Strategien führt zur Senkung der Ordergröße und somit des Transaktionsvolumens. Auf der anderen Seite erlaubt der Einsatz von Software-Agenten eine permanente Justierung

⁸¹ Unter dem Begriff *Program-Trading* werden in Zusammenhang mit dem EDV-gestützten Handel Systeme verstanden, die beim Eintreffen bestimmter, vorher definierter Marktkonstellationen eine Transaktionsentscheidung automatisch treffen. Program-Trading Systeme bilden die Vorstufe zu den Reaktiven Software-Agenten, ohne dass sie über eine automatisierte Schnittstelle zur Computerbörse verfügen. Vgl. Reichert (2009), S. 102.

⁸² Vgl. Waldrop (1987), S. 602.

⁸³ Vgl. Gsell / Gomber (2010), S. 129.

⁸⁴ Vgl. Carrion (2013), S. 683f.

⁸⁵ Vgl. Gomber / Gsell (2006), S. 543.

des Aktienportfolios. Wenn gleichzeitig die Ausführungskosten einer Transaktion fallen, sinkt die Hemmschwelle zu deren Auslösung. Bei Verbreitung derartiger Software-Agenten, wird die Haltedauer einer Aktie deutlich kürzer.

Auswirkungen der Verbreitung der Software-Agenten sind auf den Aktienmärkten zu beobachten. So ist die Steigerung der Anzahl der Transaktionen seit der Verbreitung der Computerbörsen festzustellen. Beispielsweise hat sich seit 1998 die Handelsaktivität auf den wichtigsten US-amerikanischen Börsen (NYSE / NASDAQ) mehr als verzehnfacht (vgl. Abbildung 4).

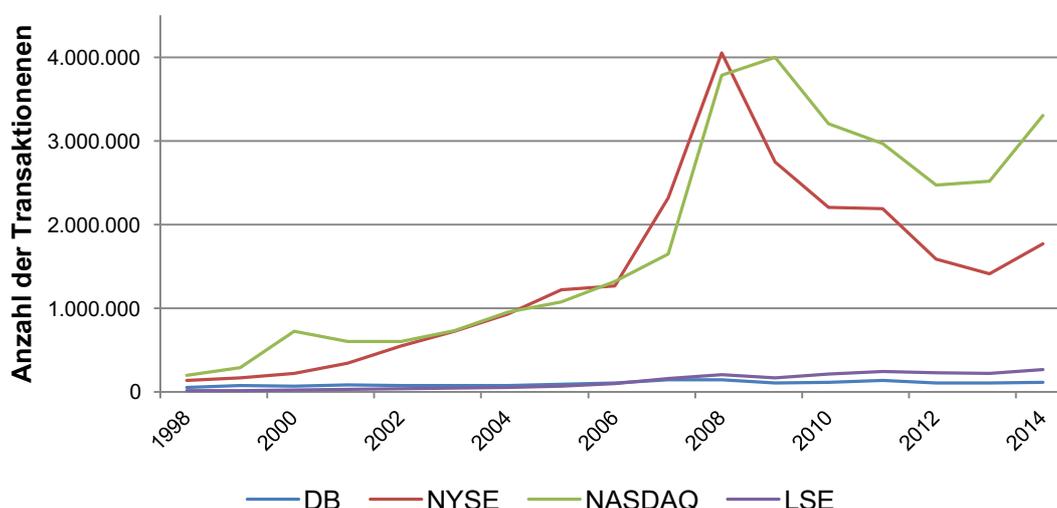


Abbildung 4: Anzahl der Transaktionen auf Aktienmärkten⁸⁶

Gleichzeitig sank in diesem Zeitintervall die durchschnittliche Größe der Transaktionen kontinuierlich. Besonders deutlich ist die rapide Abnahme an der London Stock Exchange (LSE) erkennbar. Unabhängig von der Währung des Handelsplatzes hat sich die Transaktionshöhe in den letzten fünf Jahren auf Niveau von knapp 10.000 Währungseinheiten eingestellt (vgl. Abbildung 5).

Die Veränderungen der Anzahl der in einem Jahr getätigten Transaktionen, deren durchschnittliche Größe sowie die Veränderung der Umschlaghäufigkeit können nur zum Teil durch den Zuwachs des globalen Aktienmarktes begrün-

⁸⁶ Eigene Darstellung, Datenquelle: FIBV (1999 – 2001) & WFE (2002 – 2015). Berücksichtigt werden sowohl in einem ECLOB als auch auf der bilateralen Ebene (Negotiated Deals) ausgehandelte Transaktionen.

det werden (vgl. Abbildung 6). Den größten Einfluss auf diese Entwicklung hat jedoch neben der Verbreitung der Computerbörsen die Verbreitung der Software-Agenten auf dem globalen Aktienmarkt. Somit können die dargestellten Muster eindeutig durch die zunehmende Automatisierung der Informations- und Orderroutingphase erklärt werden.

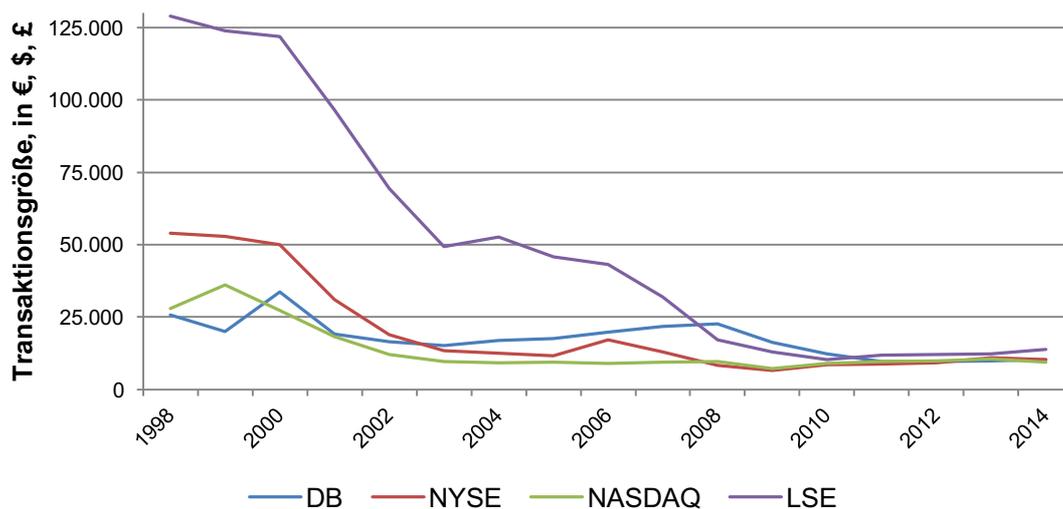


Abbildung 5: Durchschnittliche Transaktionshöhe auf Aktienmärkten⁸⁷

Die Verbreitung der Software-Agenten kann durch zahlreiche empirische Studien, Umfragen und Berichte gestützt werden. Die Ergebnisse variieren zwar erheblich, weisen jedoch unstrittig auf Präsenz von Software-Agenten auf den Aktienmärkten hin. Je nach Quelle liegt der Marktanteil des durch Software-Agenten generierten Wertpapierumsatzes zwischen 10% und 75% abhängig von der geographischen Zugehörigkeit und der Art der Wertpapiere. So schätzte z.B. die *Aite Group* in 2009 einen Marktanteil auf 10% auf dem Anleihemarkt und 50% auf dem Aktienmarkt in den USA.⁸⁸ Dagegen führt SHABBIR (2015) im gleichen Jahr einen Anteil von bis zu 73% auf dem US-amerikanischen Aktien-

⁸⁷ Eigene Darstellung, Datenquelle: FIBV (1999 – 2001) & WFE (2002 – 2015). Die Ordergrößen sind als Jahresdurchschnitt aller an einem Marktplatz durchgeführten Transaktionen in jeweiligen Währung (DB in €, NYSE / NASDAQ in \$, LSE in £) berechnet. Zwecks der Vergleichbarkeit werden ab 2010 die Angaben der LSE von € in £ anhand der durchschnittlichen jährlichen Wechselkurse umgerechnet.

⁸⁸ Vgl. Zubulake / Lee (2011), S. 51.

markt auf.⁸⁹ Beide Angaben entsprechen dem Bericht der SEC, die den Anteil der Software-Agenten auf dem Aktienmarkt in den USA auf über 50% in 2010 schätzt.⁹⁰ Seit 2010 gab es keine signifikante Veränderung der Marktanteile der Software-Agenten.⁹¹ Auch in den anderen Märkten der Welt sind Software-Agenten präsent, jedoch nicht so ausgeprägt. Nach Angaben der *Financial Times* lag der Anteil in 2012 bei 38% in Europa, 28% in Japan, 20% in Australien, 18% in Canada, 6% in Brasilien und 5% in Asien mit steigender Tendenz.⁹²

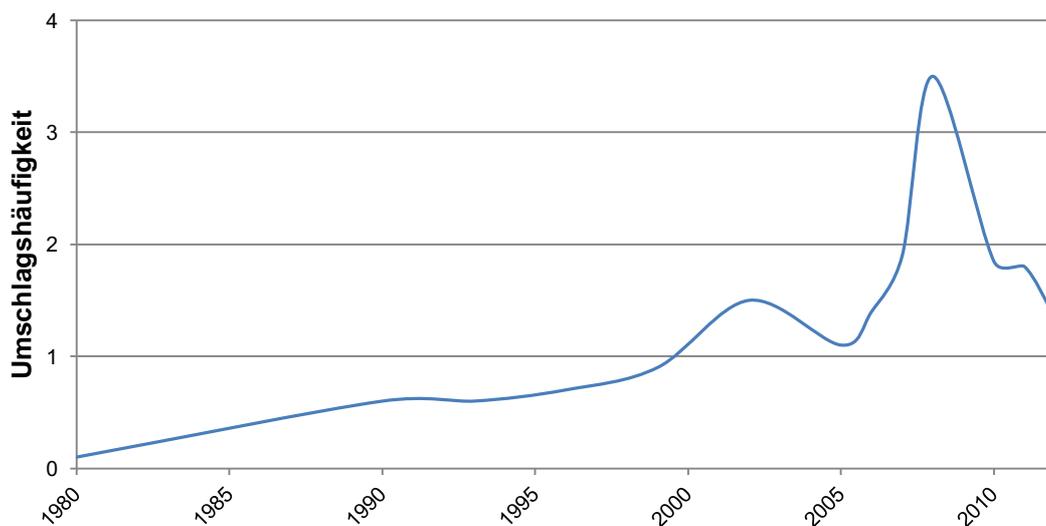


Abbildung 6: Umschlagshäufigkeit der Aktien⁹³

Die Verbreitung der Software-Agenten ist, neben den für den Marktteilnehmer relevanten mikrostrukturellen Aspekten⁹⁴, auch auf marktweit geltende Einflussfaktoren zurückzuführen. Dazu gehören:

- hohe technische und finanzmathematische Affinität der Marktakteure,
- verbreiteter Einsatz von Quanten in der F&E,

⁸⁹ Vgl. Shabbir (2015), S. 114.

⁹⁰ Vgl. SEC (2010a), S. 45.

⁹¹ Vgl. Shabbir (2015), S. 114.

⁹² Vgl. Demos (2012). Die Angaben basieren auf Studien von Celent, TABB Group und Credit Suisse Advanced Execution Services.

⁹³ Eigene Darstellung, Datenquelle: FIBV (1981 – 2001) & WFE (2002 – 2015). Der gezeigte Verlauf basiert auf interpolierten Datensätzen.

⁹⁴ Vgl. Kapitel II.1.1.3.

- sich schnell entwickelnde Infrastruktur,
- Rabattpolitik der Marktplätze.

Marktakteure, insbesondere die Privatanleger, haben einen hohen Grad an Vertrauen in die automatisierbaren Investitionsmethoden, die unter anderem auf finanzmathematischen und ökonophysischen Modellen basieren. Die Investment- und Tradingfirmen propagieren vor allem Objektivität, geringere Fehleranfälligkeit und wissenschaftliche Fundierung derartiger Techniken und erzeugen somit ein Sicherheitsgefühl bei den Anlegern.⁹⁵ Auch die im Bereich des Aktienhandels zunehmende Anwerbung der Quereinsteiger aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen wie Mathematik, Physik und Informatik (der sogenannten *Quanten*) führt zur Bevorzugung quantitativer Methoden in der Forschung und Entwicklung und somit zur Verbreitung der Software-Agenten.⁹⁶

Aus der infrastrukturellen Sicht ist einerseits die Weiterentwicklung der Netzwerktechnik, neben den mittlerweile vorhandenen Computerbörsen, ein Eckpfeiler für die Entstehung des globalen Aktienmarktes. Die modernen Datenübertragungstechniken und -konzepte, die von den optischen über die mikrowellen- bis zu den laserbasierten Netzwerklösungen reichen, erlauben einen gleichzeitigen und latenzsensitiven Handel auf geografisch entfernten Marktplätzen.⁹⁷ Insbesondere die latenzsensitiven Marktzugangsmöglichkeiten (Direct Market Access (DMA), Sponsored Access (SpA) und Proximity Services)⁹⁸ und das Angebot von fertigen Software-Agenten-Modulen⁹⁹ fördern diese Tendenz.

Die Entwicklung der Teilnehmerstruktur des modernen Aktienmarktes ist durch einen Paradigmenwechsel gekennzeichnet. Indikatoren und Ergebnisse empirischer Studien zeigen eine zunehmende Dominanz der Software-Agenten gegenüber den menschlichen Marktakteuren. Die sich stetig verbessernde Infra-

⁹⁵ Vgl. Aldridge (2013), S. 3.

⁹⁶ Vgl. Narang (2009), S. 5.

⁹⁷ Vgl. z.B. die Arbeiten von Wissner-Gross / Freer (2010) und Laughlin / Aguirre / Grundfest (2012).

⁹⁸ Vgl. Zubulake / Lee (2011), S. 61 – 69.

⁹⁹ Vgl. Schwarting (2015), S. 167.

struktur, Verfeinerung der zugrundeliegenden Modelle, kontinuierliche Leistungssteigerung und neuartige Lösungen in der Hardware- und Softwaretechnik werden auch künftig die Verbreitung der Software-Agenten fördern. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der Informationsverarbeitung auf den Preisbildungsprozess des Aktienmarktes durch Software-Agenten steigt.

2.3 Automatisierungsstufen der Marktmikrostruktur

Die Mikrostruktur des Aktienmarktes kann im Wesentlichen durch drei Aspekte des Handelsmechanismus abgebildet werden. Zum einen ist es entscheidend, *Wer* den Handel betreibt und zum anderen, *Wo* und *Wie* dieser Handel betrieben wird.¹⁰⁰ Ändert sich durch zunehmende Automatisierung die Struktur der Marktteilnehmer oder der Marktplätze signifikant, entsteht eine neue Mikrostruktur. Abhängig von der Verbreitung und der Einsatztiefe sowohl der Software-Agenten (*Wer*) als auch der Computerbörsen (*Wo*) können nach MACKENZIE (2014) drei Automatisierungsstufen der Marktmikrostruktur (*Wie*) entsprechend deren Entwicklung unterschieden werden:¹⁰¹

1. Nicht-automatisierte Marktmikrostruktur:
Markt ist als Parketthandel organisiert, wo menschliche Akteure agieren,
2. Teilautomatisierte Marktmikrostruktur:
Markt ist eine Computerbörse, wo menschliche Akteure überwiegend mit Unterstützung der Software-Agenten agieren,
3. Vollautomatisierte Marktmikrostruktur:
Markt ist eine Computerbörse, wo menschliche Akteure überwiegend vertreten durch Software-Agenten agieren.

1. Nicht-automatisierte Marktmikrostruktur

Auf den traditionellen, als Parketthandel organisierten Börsen handeln ausschließlich menschliche Akteure. Sie sind entlang der Wertschöpfungskette in Buy-Side (Informationsphase) und Sell-Side (Orderroutingphase) organisiert.

¹⁰⁰ Vgl. Lückerath (2003), S. 96f.

¹⁰¹ Vgl. MacKenzie (2014), S. 2f.

Die Buy-Side stellt Anleger außerhalb der Börse dar, die ihre Transaktionsentscheidungen mit Hilfe von Dienstleistungen der Sell-Side realisieren.¹⁰² Aufgrund der Trägheit eines derartigen Systems ist der Anlagehorizont der Teilnehmer der Buy-Side a priori auf die mittel- bis langfristige Perspektive begrenzt.¹⁰³ Dementsprechend basieren ihre Anlageentscheidungen primär auf der Verarbeitung von fundamentalen ökonomischen Informationen, wengleich auch spekulative Strategien unter Einsatz der Technischen Analyse verwendet werden.¹⁰⁴

Teilnehmer der Sell-Side, wie Broker und Dealer, deren primäre Aufgabe in der Ausführung der Anlageentscheidungen der Buy-Side mit der Zielsetzung der Optimierung der Transaktionskosten besteht, haben a priori eine kürzere Handelsperspektive. Ihre Entscheidungen basieren auf den Daten über die aktuelle Marktlage.¹⁰⁵ Jedoch ist ihre Reaktionszeit auf kurzfristige Marktbewegungen durch kognitive Wahrnehmung und hohe Latenzzeiten des Parketthandels eingeschränkt.¹⁰⁶ Insgesamt ist der Informationsgehalt des Aktienmarktes mit einer derartigen Mikrostruktur durch die Verarbeitung vor allem qualitativer, aber auch quantitativer Informationen beeinflusst.

2. Teilautomatisierte Marktmikrostruktur

Ist eine Computerbörse vorhanden, erhalten Marktteilnehmer die Möglichkeit ihre Prozesse zu automatisieren. Ein soziotechnisches System entsteht.¹⁰⁷ In erster Linie wird diese Möglichkeit von Teilnehmern der Sell-Side wahrgenommen, da sie einen direkten Zugang zum Markt besitzen und überwiegend mit quantitativen Informationen arbeiten. Dies senkt die Einführungsbarriere für einen Software-Agenten.¹⁰⁸ Zugleich werden aufgrund der STP-Implementierung

¹⁰² Vgl. Harris (2003), S. 32 – 34.

¹⁰³ Vgl. Gomber et al. (2011), S. 10.

¹⁰⁴ Vgl. Westbrook (2014), S.162.

¹⁰⁵ Vgl. Gomolka (2011), S. 17.

¹⁰⁶ Vgl. MacKenzie (2014), S. 5.

¹⁰⁷ Unter einem soziotechnischen System wird allgemein eine organisierte und strukturierte Menge von Menschen und Technologien zur Erreichung eines vordefinierten Ziels verstanden. Vgl. Rudow / Heidecke (2014), S. 61.

¹⁰⁸ Vgl. Gomber / Zimmermann (2013), S. 368f.

die systembedingten Latenzzeiten komparativ zum Parketthandel verringert. Somit sind Akteure der Sell-Side gezwungen, ihre Reaktionszeiten und ihren Handelshorizont zu verkürzen.¹⁰⁹ Folglich erlaubt der Einsatz von Software-Agenten auf der Sell-Side eine Senkung der Transaktionskosten. Dementsprechend nimmt die Bedeutung der Transaktionskosten für die Entscheidungen der Teilnehmer auf der Buy-Side ab.¹¹⁰

Die Akteure der Buy-Side sind bestrebt, entstehende Chancen zu nutzen und verwenden latenzsensitivere Strategien, die auf einem kürzeren Anlagehorizont basieren. Dies führt auch auf der Buy-Side zur stärkeren Berücksichtigung quantitativer Daten. Zunächst sind sie jedoch nicht in der Lage, ihre Teilprozesse vollständig zu automatisieren und setzen EDV-Systeme nur zur Entscheidungsunterstützung ein.¹¹¹ Insgesamt ist der Informationsgehalt des Aktienmarktes mit einer solchen Mikrostruktur durch Verarbeitung quantitativer Informationen gekennzeichnet.

3. Vollautomatisierte Marktstruktur

Werden Software-Agenten auch auf der Buy-Side eingesetzt, entsteht ein vollständig automatisierter Aktienmarkt, auf dem Software-Agenten den Handel untereinander betreiben. Bei dieser Ausprägung der Marktstruktur ist die Handelsgeschwindigkeit theoretisch unbegrenzt und hängt nur von technischen Gegebenheiten ab.¹¹² Die Begrenzung durch die menschliche Wahrnehmung fällt somit weg. Menschliche Teilnehmer treten nur als Prinzipal auf, indem sie die Handelsstrategien bestimmen und die Ergebnisse evaluieren. Aufgrund der technischen Fähigkeiten der Software-Agenten sind Menschen allerdings nicht in der Lage, einen Einfluss auf die laufenden Transaktionen zu nehmen.¹¹³

¹⁰⁹ Vgl. Reichert (2009), S. 62.

¹¹⁰ Vgl. Johnson (2010), S. 20f.

¹¹¹ Vgl. Gomolka (2011), S. 93.

¹¹² Vgl. Haldane (2012), S. 251.

¹¹³ Zur allgemeinen Darstellung einer elektronischen Wertschöpfungskette vgl. Kollmann (2016), S. 47 – 54.

Ein konsequenter Einsatz der Software-Agenten ermöglicht eine weitere Senkung der Transaktionskosten. Er erlaubt die Konzeption von Handelsstrategien mit einem extrem kurzen Anlagehorizont und begünstigt somit spekulativ motivierte Anleger.¹¹⁴ Aber auch mittel- und langfristig ausgerichtete Akteure passen ihre Entscheidungsprozesse an Spezifika der Informationsverarbeitung eines Software-Agenten an. Durch die Eigenschaft eines Software-Agenten, eine breitere Informationsbasis auswerten zu können, wird es möglich, die Unsicherheiten der mittel- bis langfristigen Prognosen besser zu schätzen. Dies erfordert jedoch die Quantifizierung qualitativer Informationen.

Entlang der Wertschöpfungskette trifft zuerst ein Software-Agent der Buy-Side eine Handelsentscheidung. Anschließend wird sie an einen Software-Agenten der Sell-Side übergeben, der die gewünschte Transaktion ausführt. Für die Performance von extrem latenzsensitiven Strategien ist eine Verzögerung durch Übergabe von Handelsentscheidungen zwischen zwei Instanzen nachteilig.¹¹⁵ Außerdem ist eine effiziente Parallelverarbeitung von Aufgaben der Buy-Side und Sell-Side mit einer prozessübergreifenden Instanz vorteilhaft. Dies bedingt die Entstehung von hybriden Software-Agenten und folglich eine partielle Verschmelzung der Buy-Side und Sell-Side.¹¹⁶ Damit wird der fundamentale Aufbau mit der klassischen Aufgabenteilung zwischen Buy-Side und Sell-Side aufgegeben und führt zur Veränderung der Prozesse der Informationsverarbeitung bei Marktteilnehmern. Diese Entwicklung ist ausschlaggebend für die Entstehung der Aktienmärkte mit vollautomatisierter Mikrostruktur.

Ein hybrider Software-Agent trifft seine Entscheidungen überwiegend auf der Basis von quantitativen Daten. Nur bei Anwendung von bestimmten Strategien, z.B. bei Newsreader-Algorithmen¹¹⁷, werden ergänzend quantifizierbare qualitative Informationen berücksichtigt.¹¹⁸ Insgesamt ist der Informationsgehalt des

¹¹⁴ Vgl. Riordan (2012), S. 94.

¹¹⁵ Vgl. Gomolka (2011), S. 101 und 107.

¹¹⁶ Vgl. Gsell (2010), S. 161.

¹¹⁷ *Newsreader-Algorithmen* legen ihre Handelsentscheidungen auf der Basis der Analyse von strukturieren und unstrukturierten digitalen Textdokumenten, wie Blogs, Artikeln, Nachrichten, Geschäftsberichten, fest. Vgl. Gomber / Zimmermann (2013) S. 376f.

¹¹⁸ Vgl. Nagel / Zajonz (2012), S. 99.

Aktienmarktes dieser Entwicklungsstufe durch Verarbeitung von ausschließlich quantitativen oder „quantifizierten“ qualitativen Daten geprägt. Eine Übersicht über die Zuordnung der Marktteilnehmer zu den Automatisierungsstufen der Marktstruktur findet sich in der Abbildung 7.

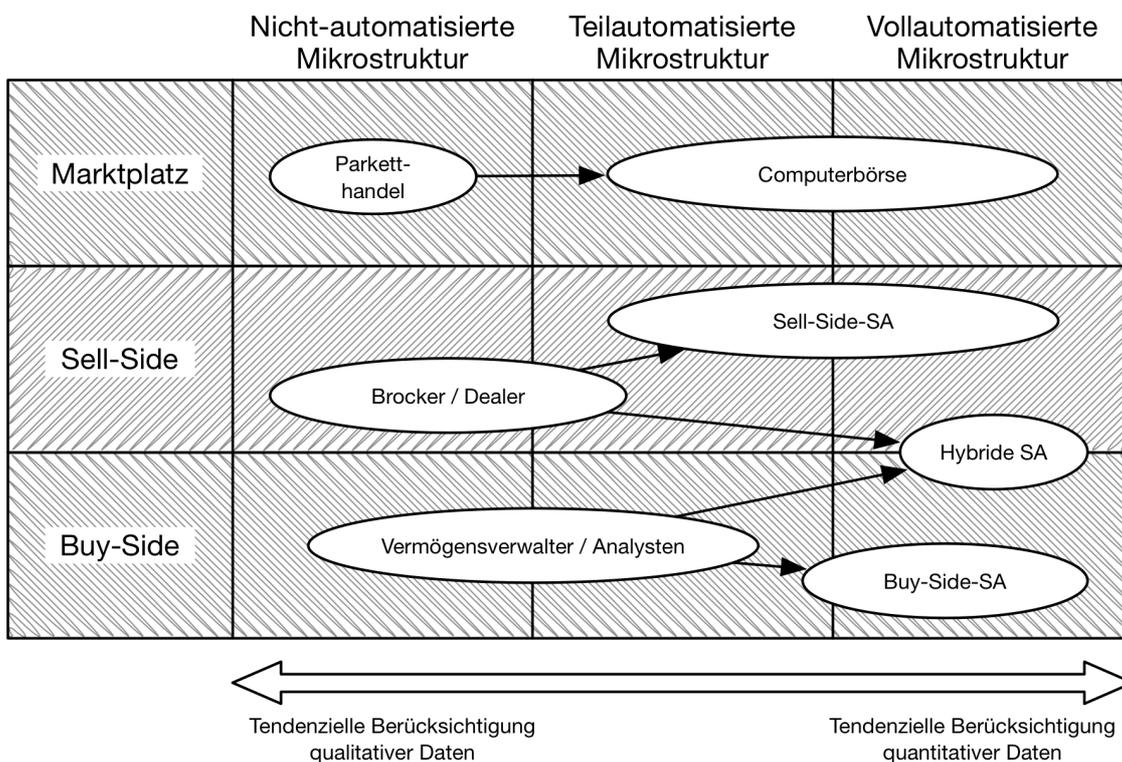


Abbildung 7: Automatisierungsstufen der Marktstruktur¹¹⁹

Der moderne Aktienmarkt kann nicht eindeutig einer Automatisierungsstufe zugeordnet werden, da Märkte mit Ausprägungen sowohl der teil- als auch der vollautomatisierten Mikrostruktur existieren. Sie bestehen bis auf wenige Ausnahmen aus einer Computerbörse und aus mindestens teilautomatisierten Marktteilnehmern. Da die Software-Agenten eine Tendenz zur Verbreitung aufweisen, bewegt sich der Aktienmarkt in Richtung der vollständigen Automatisierung der Mikrostruktur. Dementsprechend beeinflussen die Merkmale der automatisierten Informationsverarbeitung zunehmend die Preisbildung am Markt. Sie unterscheiden sich grundsätzlich von der Informationsverarbeitung auf dem Markt mit nicht-automatisierter Mikrostruktur. Im weiteren Verlauf der Arbeit soll

¹¹⁹ Eigene Darstellung.

untersucht werden, inwieweit sich die veränderte Informationsverarbeitung auf die Preisbildung auswirkt.

III Aktienpreisbildung unter EMH und Behavioral Finance

Die herausragende Bedeutung der Preise für die Marktkoordination wurde schon zu Anfängen der theoretischen Begründung des marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystems erkannt und gewürdigt. Allgemein wird dabei von einem effizienten Markt ausgegangen, wenn die Preisbildung als ein Teil des eingesetzten Handelsmechanismus ihre Funktionen optimal erfüllt. Diese volkswirtschaftlichen Thesen werden seit Mitte des 20. Jahrhunderts auf den Aktienmarkt angewandt und bilden das Fundament der neoklassischen Kapitalmarkttheorie.

Die theoretischen Voraussetzungen für die effiziente Preisbildung und die daraus abgeleitete Effizienzmarkthypothese (EMH) beruhen auf der Annahme des vollkommenen Kapitalmarktes und der rationalen Erwartungsbildung der Marktakteure. Auf einem vollkommenen Markt fließen alle verfügbaren Informationen unmittelbar in den Preisbildungsmechanismus ein und werden von vollständig rational handelnden Marktteilnehmern identisch ausgewertet. Außerdem weisen einzelne Kursbewegungen zu jedem beliebigen Zeitpunkt Eigenschaften eines stochastischen Prozesses in Form eines Random-Walks auf.

Die EMH berücksichtigt jedoch nicht, dass die Aktienkurse nicht nur historische, öffentliche und private Informationen beinhalten, sondern auch die individuellen Ansichten der Marktteilnehmer über die künftige Kursentwicklung widerspiegeln. Aus diesem Grund spielt die Erwartungsbildung innerhalb der Informationsphase des Aktienhandelsprozesses in der Realität eine wichtige Rolle und muss bei der Analyse des Preisbildungsmechanismus berücksichtigt werden.

Mehrere empirische Studien leiten die Evidenz der Abweichung der statistischen Eigenschaften der tatsächlichen Kursverläufe vom theoretisch angenommenen Random-Walk Prozess ab. Die Ergebnisse widerlegen die Allgemeingültigkeit der EMH und bestätigen somit indirekt die Existenz bislang nicht beachteter Einflussfaktoren. Seit den ersten Veröffentlichungen dieser Studien anfangs der 1980-er Jahre wurde eine Reihe alternativer Erklärungsansätze entwickelt, die den Prozess der Erwartungsbildung im Speziellen und die

Marktmikrostruktur im Allgemeinen stärker in den Fokus der Analyse rückten. Allen Ansätzen ist gemein, dass sie von der Annahme einer nicht-automatisierten Marktmikrostruktur ausgehen. Es darf aber angezweifelt werden, dass die sozial-psychologisch orientierten Erweiterungen der EMH auch bei der festgestellten teil- bzw. vollautomatisierten Marktmikrostruktur des modernen Aktienmarktes weiterhin ihre Aussagekraft behalten.

1 Preisbildung und EMH

1.1 Zuordnung und Funktionen des Aktienmarktes

Im Allgemeinen können Wertpapiermärkte¹²⁰ als Bestandteil des Finanzmarktes anhand ihrer Funktionen, der Organisationsstruktur, des zeitlichen Horizonts und der Art sowie der Eigenschaften der gehandelten Wertpapiere unterschieden werden. Je nach der Perspektive der Marktbetrachtung können verschiedene Marktfunktionen festgestellt werden. Für den Wertpapiermarkt reduzieren sie sich auf drei wesentliche Funktionen: die Allokationsfunktion, die Transformationsfunktion und die Informationsfunktion. Die *Allokationsfunktion* hat als Aufgabe, die Verteilung der auf dem Markt vorhandenen Mittel auf die Investitionsgüter zu ermöglichen.¹²¹ Die *Transformationsfunktion* sichert die Durchführbarkeit der angestrebten Anpassungen der persönlichen Situation der Marktteilnehmer an ihre individuellen Präferenzen. Die *Informationsfunktion* stellt die Grundlage zur Begründung der individuellen Entscheidungen der Anleger dar.¹²² infolgedessen

Aus struktureller Sicht werden organisierte und nicht-organisierte Wertpapiermärkte betrachtet. Ein nicht-organisierter Wertpapiermarkt zeichnet sich durch den fehlenden organisatorischen Rahmen des Handelsprozesses, keine festen Marktteilnehmer und Handelszeiten sowie fehlende Publizität aus. Der Handel erfolgt nur innerhalb der allgemeinen Gesetze und Vorschriften und unterliegt keiner Aufsicht. Ein *organisierter Markt* verfügt dagegen über feste institutionelle Strukturen, die den Teilnehmerkreis, den Handelsablauf und die Handelsregeln vorgeben. Diese Organisationsstruktur erlaubt multilaterale Tauschver-

¹²⁰ In der Literatur wird Wertpapiermarkt als Kapitalmarkt i.e.S. verstanden. Vgl. dazu Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 173f. Ferner wird der Wertpapiermarkt von Waren- und Devisenmarkt abgegrenzt. Vgl. dazu Fischer / Rudolph (2000), S. 378. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden diese Märkte nicht berücksichtigt.

¹²¹ Neben der Allokationsfunktion wird durch die (Einkommens-)Verteilungsfunktion eine andere Perspektive auf die Verteilungsfunktion eines Aktienmarktes eingenommen: Es wird nicht die Verteilung der Ressourcen auf die Produktionsmittel betrachtet, sondern die Verteilung des daraus entstehenden Einkommens auf die Marktteilnehmer. Die Erfüllung beider Funktionen hängt unmittelbar voneinander ab, weshalb im weiteren Verlauf der Arbeit die (Einkommens-)Verteilungsfunktion implizit in die Betrachtung der Allokationsfunktion einbezogen wird. Ausführlich zur (Einkommens-)Verteilungsfunktion z.B. Schörner (1991).

¹²² Vgl. dazu z.B. Fischer / Rudolph (2000), Lückcrath (2003) und Hense (2008).

handlungen über standardisierte Instrumente und gewährleistet einen offenen Zugang und die Transparenz des Marktes.¹²³

Hinsichtlich des zeitlichen Horizonts der Erfüllung von Transaktionen wird eine Abgrenzung zwischen Kassa- und Terminmarkt vorgenommen. Am *Kassamarkt* erfolgt die Erfüllung sofort bzw. innerhalb weniger Arbeitstage. Dagegen werden Transaktionen am Terminmarkt erst zu einem späteren Zeitpunkt abgeschlossen.¹²⁴ Je nach Art und Eigenschaften der gehandelten Wertpapiere können Wertpapiermärkte entweder in Anleihen- und Aktienmärkte oder in Primär- und Sekundärmärkte unterschieden werden. Die Anleihen sind als festverzinsliche Wertpapiere der Kreditfinanzierung zuzuordnen. Im Gegensatz dazu sichern *Aktien* die Verfügungsrechte über Anteile an einem Unternehmen und stellen somit eine Form der Beteiligungsfinanzierung dar.¹²⁵

Auf dem Primärmarkt werden von Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen neu geschaffene Wertpapiere platziert. Am *Sekundärmarkt* findet der Handel mit bereits emittierten Wertpapieren zwischen den Marktteilnehmern statt.¹²⁶ Im weiteren Verlauf wird nur auf den börslichen Aktienhandel Bezug genommen. Daher liegt der Fokus der Untersuchung auf einem organisierten, sekundären Kassamarkt.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht spielt der Aktienmarkt die zentrale Rolle eines Intermediären zwischen investitionswilligen Anlegern und finanzierungsbedürftigen Unternehmern und erfüllt somit eine Allokationsfunktion. Zur Beurteilung, inwiefern der Aktienmarkt seine Aufgaben erfüllt, wird als Maßstab die Effizienz eingeführt. Unter *Effizienz* wird in diesem Kontext der Grad der Zielerreichung einer Funktion mit vorgegebenen Mitteln verstanden.¹²⁷ Bei der effizienten Allokation wird die gesellschaftliche Wohlstandssteigerung realisiert, wenn die finanziellen Mittel der Anleger unter Berücksichtigung der investitionspezifischen

¹²³ Vgl. Hellwig (2000), S. 23f.

¹²⁴ Vgl. Eilenberger (2012), S. 303.

¹²⁵ Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 400f.

¹²⁶ Vgl. Steiner / Bruns / Stöckl (2012), S. 2.

¹²⁷ Vgl. Bienert (1996), S. 13.

schen Risiken den Unternehmen mit den höchsten Erträgen zugeführt werden. Die erfolgreichen Unternehmen mit aussichtsreichen Zukunftschancen erhalten somit eine bessere finanzielle Ausstattung gegenüber ihren Wettbewerbern.¹²⁸

Aufgrund der unterschiedlichen, sich kontinuierlich ändernden Präferenzen der Marktteilnehmer wird die Allokationsfunktion nur dann effizient ausgeübt, wenn die fortlaufende Vermögens- und Risikoverteilung der Marktakteure sichergestellt ist. Folglich wird zur Mobilisierung der Anlagebereitschaft der Marktteilnehmer zusätzlich die Transformationsfunktion benötigt, die durch den Sekundärmarkt realisiert wird. Zu dieser Funktion gehören Liquiditäts- und Risikotransformation.¹²⁹

Die *Liquiditätstransformation* ist wegen der divergierenden Liquiditätspräferenzen der Marktakteure notwendig. Entsprechend dem Fisherschen Separationstheorem¹³⁰ ermöglicht sie einem Unternehmen eine langfristige Kapitalnutzung bei kurzfristiger Kapitalüberlassung durch einen Anleger. Auf einem liquiden Aktienmarkt werden die Kauf- und Verkaufsaufträge schnell und mit minimalen Auswirkungen auf den Kurs ausgeführt. Somit berücksichtigt die Liquiditätstransformation neben den zeitlichen Aspekten auch die Transaktionskosten der schnellen oder sofortigen Ausführung.¹³¹

Die *Risikotransformation* erlaubt gemäß dem Tobinschen Separationstheorem¹³² den Marktteilnehmern, die übernommenen Risiken der Investitionsrückflüsse ihren Risikopräferenzen anzupassen. Dies erfolgt durch den Handel kleiner Anteile am Grundkapital eines Unternehmens in Form von Aktien. Demnach erhalten die Anleger die Möglichkeit, die für sie innerhalb des individuellen Port-

¹²⁸ Vgl. Horn (1994), S. 3f.

¹²⁹ In der Literatur werden die Transformationsfunktionen des Aktienmarktes durch Losgrößen- und Fristentransformation ergänzt. Die Losgrößen- und Fristentransformation besteht in der Möglichkeit der Bündelung des Kapitalangebots aus vielen kleineren Quellen und ist somit unmittelbar mit dem Primärmarkt verbunden. Die Fristentransformation weist wegen einer Mittel-Ziel-Beziehung keine große Trennschärfe zur Liquiditätstransformation auf und wird von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Vgl. Fischer / Rudolph (2000), S. 375 – 377.

¹³⁰ Vgl. Fisher (1930).

¹³¹ Vgl. Fischer / Rudolph (2000), S. 376f.

¹³² Vgl. Tobin (1958).

folios zu hohen Risiken an andere Marktteilnehmer zu transferieren, gegebenenfalls gegen die Zahlung einer Risikoprämie.¹³³

Insgesamt wird erst durch die effiziente Gestaltung der beiden Transformationsfunktionen die Bereitschaft der Anleger zum Investieren am Primärmarkt sichergestellt.¹³⁴ Ohne diese Funktionen müssten die Planungszeiträume der Anleger und der Manager der Unternehmen übereinstimmen. Daneben müssten während der gesamten Investitionsdauer sowohl die Risikopräferenzen der Marktteilnehmer als auch die investitionsspezifischen Risiken unverändert bleiben. Somit wirkt sich die Funktionsweise des Sekundärmarktes unmittelbar auf die Allokationseffizienz aus.¹³⁵

Die Effizienz der Transformationsfunktion hängt im Wesentlichen von der effizienten Erfüllung der Informationsfunktion ab, die in der Aggregation der Informationen der einzelnen Marktteilnehmer in den Aktienkursen mittels eines Preisbildungsmechanismus besteht. Denn nur wenn die Anleger von der Richtigkeit und Fairness der am Aktienmarkt gehandelten Preise überzeugt sind, wird es auf dem Markt genügend Teilnehmer mit verschiedenen Planungszeiträumen und Risikopräferenzen geben, um die angestrebte Marktflexibilität zu gewährleisten.¹³⁶ Dabei übernimmt der Preisbildungsmechanismus teilweise die Abstimmung der Pläne der Anleger, die z.B. auch durch Transaktionskosten beeinflusst werden. Daraus resultieren individuelle Entscheidungen hinsichtlich der Kauf-/Verkaufsmengen der Wertpapiere. Es findet eine dezentrale Koordination unter den Marktteilnehmern statt. Zur effizienten Entscheidungsfindung benötigen die Marktteilnehmer unter anderem Informationen über die Einschätzungen der aktuellen Marktlage durch andere Anleger, die durch Bündelung des dezentral verteilten Wissens in den Aktienkursen reflektiert werden.¹³⁷ Die

¹³³ Vgl. Lückerath (2003), S. 11f.

¹³⁴ Vgl. Hellwig (2000), S. 29.

¹³⁵ Vgl. Steiner / Bruns / Stöckl (2012), S. 2.

¹³⁶ Vgl. Häuser / Rosenstock (1997), S. 75f.

¹³⁷ Vgl. dazu Hayek (1945), S. 523 – 525.

Effizienz der Informationsfunktion liegt dann vor, wenn der Aktienkurs zu jeder Zeit alle auf dem Markt vorhandenen Informationen korrekt widerspiegelt.¹³⁸

Die enge Verbundenheit des Primär- und Sekundärmarktes lässt den Schluss zu, dass der Markt insgesamt nur dann effizient ist, wenn alle seine Funktionen effizient erfüllt sind. Um die *Markteffizienz* zu beurteilen, müssen dabei sowohl die Allokations- und Transformationsfunktion als auch die Informationsfunktion in ihrer Gesamtheit auf Vorliegen von Effizienz betrachtet werden. Da in der Arbeit nur der sekundäre Aktienmarkt untersucht wird, wird die Effizienz der Allokationsfunktion unterstellt. Zuvor wurde jedoch gezeigt, dass es keinen effizienten Primärmarkt geben kann, wenn der Sekundärmarkt nicht effizient ist. Ob für die Funktionsbeurteilung des sekundären Aktienmarktes die effiziente Erfüllung einer der beiden Funktionen als notwendige oder hinreichende Bedingung gestellt werden kann, soll im weiteren Verlauf analysiert werden.¹³⁹

1.2 Markteffizienz unter EMH

Der in der Literatur weitverbreitete Ansatz zu Beurteilung der Markteffizienz ist die von FAMA (1970) formulierte EMH. Aus der Sicht der EMH liefert die Effizienz der Informationsfunktion die hinreichende Bedingung für die Effizienz des gesamten Aktienmarktes. Die Erfüllung der Transformationsfunktion wird durch das Treffen entsprechender Annahmen als effizient angesehen und von der Betrachtung ausgeschlossen. Zu den Prämissen der EMH, welche die Existenz eines vollkommenen Kapitalmarktes sichern, gehören:¹⁴⁰

- vollständiger Wettbewerb,
- vollständige Preisstabilität,
- keine Transaktionskosten.

¹³⁸ Vgl. Fama (1970), S. 383.

¹³⁹ In der Literatur existieren auch andere Ansichten über die Beurteilung der Markteffizienz, die keine ganzheitliche funktionale Betrachtung verlangen. Dabei wird Markteffizienz aus einzelnen Blickwinkeln untersucht, z.B. aus volks-, betriebswirtschaftlicher oder statistischer Perspektive. Zu unterschiedlichen Begriffen der Markteffizienz vgl. Sapusek (1998), S. 13 – 15.

¹⁴⁰ Vgl. Becht (1999), S. 8.

Daneben trifft FAMA (1970) zusätzliche Prämissen:¹⁴¹

- kostenlose Bereitstellung aller relevanten Informationen für alle Marktakteure,
- homogene Erwartungen der Marktteilnehmer,
- rationales Verhalten der Marktakteure.

Diese Annahmen und Rahmenbedingungen eines freien Wettbewerbs führen entsprechend der EMH dazu, dass der Prozess der Erwartungsbildung der Marktakteure identische Ergebnisse über die künftige Entwicklung der Aktienkurse liefert.¹⁴² Im Vergleich zur allgemeinen Definition der Informationsfunktion erfolgt die Koordination der Marktteilnehmer unter der EMH vollständig über den Preisbildungsmechanismus. In den Aktienkursen wird das sämtliche, dezentrale Wissen aggregiert. Folglich entfällt bei individuellen Entscheidungen die Notwendigkeit, Kenntnisse über alle existierenden bewertungsrelevanten Informationen zu haben. Diese Komplexitätsreduktion erlaubt das Treffen einer Transaktionsentscheidung aufgrund der Bewertung einer Investitionsmöglichkeit im Vergleich zu anderen Investitionsalternativen. Erscheinen neue Informationen auf dem Markt, werden sie sofort und vollständig in der Preisbildung berücksichtigt und sind die einzige Ursache für die Kursänderungen. Dementsprechend bedingt die a priori zufällige Entstehung neuer Informationen die Zufälligkeit der einzelnen Kursbewegungen von Aktien.¹⁴³

Die theoretischen Überlegungen der EMH folgen dem Grundgerüst der Annahmen, die auf realen Märkten nicht erfüllt sind. Partielle Verletzungen der Prämissen der EMH führen nach Ansicht von FAMA (1970) nicht zwangsläufig zur Marktineffizienz, sondern schwächen die Informationseffizienz ab. Somit hängt die Markteffizienz wesentlich von der Erfüllung der Informationsfunktion ab. Da-

¹⁴¹ Vgl. Fama (1970), S. 387f.

¹⁴² Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 271f.

¹⁴³ Vgl. Hayek (1945), S. 525. In Hayek (1945) werden bereits Anforderungen an den Preisbildungsmechanismus und den optimalen Zustand aufgeführt. Die erste formale Ausarbeitung der Bedingungen für die Existenz des informationseffizienten Marktes erfolgt in Fama (1965).

zu unterscheidet FAMA (1970) anhand des Umfangs und der Verfügbarkeit der Informationen drei Stufen der Informationseffizienz:¹⁴⁴

- die strenge Informationseffizienz (alle, inklusive private Informationen),
- die halbstrenge Informationseffizienz (alle öffentlichen Informationen),
- die schwache Informationseffizienz (alle historischen Informationen).

Die These der *strengen Informationseffizienz* entspricht dem theoretischen Idealzustand, in dem zu jedem Zeitpunkt alle auf dem Markt verfügbaren Informationen korrekt in den Aktienkursen eingepreist sind. Das bedeutet nicht, dass alle Marktteilnehmer über das komplette Informationsset verfügen, sondern dass sowohl die allgemein zugänglichen als auch die privaten, nicht öffentlichen Informationen (Insiderinformationen) in den Kursen enthalten sind und der Markt sich permanent in einem Gleichgewicht befindet. Die Anpassung der Kurse an die neuen Informationen erfolgt unverzüglich, als ob die Informationen im Vorhinein unter den Marktteilnehmern ausgetauscht würden. Folglich sind auf dem streng informationseffizienten Markt auf Basis eines Informationsvorsprungs keine Überrenditen zu erzielen.¹⁴⁵ Die Marktteilnehmer haben damit keinen Anreiz, die privaten Informationen durch Markttransaktionen zur Verfügung zu stellen. Dies aber führt zu einem sogenannten Informationsparadoxon.¹⁴⁶

Die strenge Auslegung der EMH wird daher insoweit abgeschwächt, dass die Marktpreise weiterhin aussagekräftig bleiben, auch wenn die verfügbaren Informationen nur teilweise erschlossen werden können.¹⁴⁷ Aus diesen Überlegungen leitet sich die Hypothese der *halbstrengen Informationseffizienz* ab: Die Notwendigkeit der unverzüglichen Verarbeitung der privaten Informationen in die Aktienkurse entfällt. Es werden ausschließlich alle öffentlich zugänglichen Informationen in der Preisbildung berücksichtigt.¹⁴⁸ Unter diesen Prämissen ist es den Marktteilnehmer nicht möglich, mit Hilfe der Methoden der Erwartungs-

¹⁴⁴ Vgl. Fama (1970), S. 388.

¹⁴⁵ Vgl. Steiner / Bruns / Stöckl (2012), S. 39 – 42.

¹⁴⁶ Vgl. zum Informationsparadoxon die Arbeit von Grossman / Stiglitz (1980).

¹⁴⁷ Vgl. Hellwig (2000), S. 28.

¹⁴⁸ Vgl. Fama (1976), S. 136.

bildung, wie der Fundamentalen Analyse oder der Markttechnischen Analyse, systematisch Überrenditen zu generieren. Nur die Auswertung der privaten Informationen kann hier zur Erzielung von überdurchschnittlichen Gewinnen führen.¹⁴⁹ Die aufgrund des unvollständigen Informationssets auftretenden Über- und Unterbewertungen der Aktien werden durch Transaktionen auf Basis der Insiderinformationen ausgeglichen, bis sich das Marktgleichgewicht einstellt. Im Vergleich zu einem streng informationseffizienten Markt erhöht sich dadurch der Umfang der Transaktionen und unterstreicht die Bedeutung des rationalen Verhaltens der Marktakteure.¹⁵⁰

Eine weitere Abstufung der Markteffizienz stellt die *schwache Informationseffizienz* dar: Die Notwendigkeit der unverzüglichen Verarbeitung der privaten und neu ankommenden öffentlichen Informationen in die Aktienkurse entfällt. Es werden ausschließlich alle historische Informationen in der Preisbildung berücksichtigt. Die Analyse der historischen Informationen bringt für die Marktteilnehmer keinen zusätzlichen Nutzen.¹⁵¹ Aktienkursverläufe bilden häufig Anhaltspunkte für die Annahme wiederkehrender Verhaltensmuster, welche die Grundlage für die Prognosen der Technischen Aktienanalyse liefern. Die Anwendung dieser Methoden in einem schwach informationseffizienten Markt führt nicht zur Erzielung von überdurchschnittlichen Gewinnen.¹⁵²

Dagegen können Marktteilnehmer, die ihre Erwartungen auf Basis von privaten und aktuellen öffentlichen Informationen bilden, systematisch Überrenditen erzielen. Die dadurch motivierten Transaktionen bringen die Marktpreise ins Gleichgewicht, erhöhen aber gleichzeitig die Intensität des Aktienhandels im Vergleich zum halbstreng informationseffizienten Markt. Je kleiner der zeitliche Abstand bis zur Einpreisung der neuen Informationen ist und je mehr Marktteil-

¹⁴⁹ Vgl. Malkiel (1987), S. 121.

¹⁵⁰ Vgl. Franke / Hax (2009), S. 436 – 438.

¹⁵¹ Vgl. Fama (1970), S. 383.

¹⁵² Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 217f.

nehmer diesen Prozess unterstützen, desto schneller wird sich das Marktgleichgewicht einpendeln.¹⁵³

Insgesamt lassen sich sowohl die Gültigkeit der Stufen der Informationseffizienz als auch die darin verarbeitete Informationsmenge in eine hierarchische Beziehung bringen. Die Informationsmenge einer niederen Stufe ist stets in der Informationsmenge der nächsthöheren Stufe enthalten. So sind die historischen Informationen Φ_t^h ein Bestandteil der Informationsmenge, die in allen drei Stufen verarbeitet wird. Alle öffentlich zugänglichen Informationen $\Phi_t^{\ddot{o}}$ sind dagegen nur in den Stufen der halbstrengen und strengen Informationseffizienz berücksichtigt. Schließlich werden Informationen Φ_t^a , also historische, öffentliche und private Informationen, nur in Märkten mit strenger Informationseffizienz eingepreist.¹⁵⁴ Es gilt:¹⁵⁵

$$\Phi_t^h \subset \Phi_t^{\ddot{o}} \subset \Phi_t^a, \quad (1)$$

mit

Φ_t : preisrelevante Informationsmenge zum Zeitpunkt t .

Die Gültigkeit der strengen Form der EMH ist gegeben, wenn zum Zeitpunkt t die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der künftigen Aktienkurse zum Zeitpunkt $t + 1$ bedingt durch die auf dem Markt verfügbare Informationsmenge Φ_t^a und die von den Marktteilnehmern verwendete preisrelevante Informationsmenge Φ_t^m sich entsprechen:¹⁵⁶

$$f(p_{1,t+1}, \dots, p_{n,t+1} | \Phi_t^a) = f_m(p_{1,t+1}, \dots, p_{n,t+1} | \Phi_t^m), \quad (2)$$

mit

¹⁵³ Vgl. Franke / Hax (2009), S. 436f.

¹⁵⁴ Vgl. Leoni (1990), S. 65.

¹⁵⁵ Vgl. Kerling (1998), S. 19.

¹⁵⁶ Vgl. Lückerath (2003), S. 50.

$f(\dots | \dots)$: bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion,

$p_{j,t+1}$: Preis der Aktie j in $t + 1$, wobei $j = 1, 2, \dots, n$ die Anzahl der auf dem Markt gehandelten Aktien ist.

Die Gleichung (2) unterstreicht die Notwendigkeit der rationalen Verarbeitung der Informationen durch die Marktteilnehmer, um die Gültigkeit der strengen Form der EMH zu gewährleisten. Denn für die Effizienz eines Marktes ist die Verfügbarkeit und Verwendung aller vorhandenen Informationen ($\Phi_t^a = \Phi_t^m$) eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung:

$$\Phi_t^a = \Phi_t^m. \quad (3)$$

Die Erwartungen können als Vorhersagen der künftigen Ereignisse interpretiert werden und die Gleichung (2) gilt nur dann, wenn keine Informationen verloren gehen. Die Erfüllung dieser Bedingung ist wiederum nur beim rationalen Verhalten der Marktteilnehmer möglich.¹⁵⁷

Wird die Gleichung (1) berücksichtigt, ergibt sich entsprechend der Gleichung (2) zwingend die Gültigkeit der halbstrengen und der schwachen Form der Informationseffizienz. Somit ist die halbstarke Informationseffizienz die notwendige Bedingung für einen streng effizienten Aktienmarkt. Dementsprechend stellt die schwache Informationseffizienz die notwendige Bedingung für das Vorliegen zumindest der halbstrengen oder sogar der strengen Form dar.¹⁵⁸ Ein empirischer Nachweis der schwachen Informationseffizienz kann zwar nicht die höheren Stufen der Informationseffizienz belegen, da er keine hinreichende Bedingung dafür darstellt. Zur Widerlegung der EMH reicht es aber aus zu beweisen, dass keine schwache Informationseffizienz auf dem Markt vorliegt.¹⁵⁹

¹⁵⁷ Zur Theorie rationaler Erwartungen vgl. z.B. Muth (1961), Lucas (1972) und Shiller (1978).

¹⁵⁸ Vgl. Mühlbradt (1978), S. 261.

¹⁵⁹ Vgl. Lux (2013), S. 17.

Aufgrund der als Verbundhypothese bekannten Problematik der empirischen Überprüfung, inwieweit die Informationsverarbeitung entsprechend den Gleichungen (2) und (3) erfolgt, ohne das ursprüngliche Informationsset Φ_t^a zu verändern, beinhaltet ein Test auf strenge Informationseffizienz hohe methodische Hürden.¹⁶⁰ Analog dazu verlangt auch ein Test auf halbstarke Informationseffizienz eine explizite Auseinandersetzung mit dem aktuellen Informationsset $\Phi_t^{\bar{o}}$.¹⁶¹ Dagegen untersucht ein Test auf schwache Informationseffizienz nur, ob alle historischen Informationen Φ_t^h in die Aktienkurse inkorporiert sind. Somit gilt er als ein wichtiges Instrument zur Überprüfung der Gültigkeit der EMH.¹⁶²

1.3 Random-Walk-Modell

Für die Entwicklung eines empirischen Tests ist das Verständnis der Prozesse notwendig, die einem Modell zugrunde liegen. Bei der Entwicklung der EMH bezieht sich FAMA (1965) auf die in der Arbeit von BACHELIER (1900) vorgeschlagene Beschreibung des Aktienkursverlaufs als stochastischer Prozess. Die zentrale Rolle hierbei spielt die unendliche Anzahl der preisrelevanten, zufällig eintreffenden und voneinander unabhängigen Nachrichten und Ereignisse, die auf einem informationseffizienten Markt zu unmittelbaren Änderungen der Aktienkurse führen.¹⁶³ Der Aktienkurs kann folglich jederzeit als Durchschnitt aller Informationen über vergangene Ereignisse und Erwartungen der Zukunft und somit als gute Schätzung des inneren Wertes einer Aktie interpretiert werden. Da die Nachrichten und Ereignisse mit gleicher Wahrscheinlichkeit sowohl negativer als auch positiver Natur sein können, sind die durchschnittlichen erwarteten Kursänderungen gleich *null*.

Ausgehend von dieser Annahme kann darauf geschlossen werden, dass die Aktienkurse einem reinen Zufallsprozess folgen. Dementsprechend setzt sich

¹⁶⁰ Vgl. Michler (1999), S. 137.

¹⁶¹ Vgl. Kerling (1998), S. 23.

¹⁶² Vgl. Spremann (2010), S. 424 – 427.

¹⁶³ Vgl. Bachelier (1900), S. 17 – 40.

der gegenwärtige Aktienkurs p_t aus dem vorangegangenen Aktienkurs p_{t-1} und der zufälligen Kursänderung ε_t zusammen.¹⁶⁴ Allgemein gilt:¹⁶⁵

$$p_{j,t} = p_{j,t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

mit

$p_{j,t}$: Preis der Aktie j zum Zeitpunkt t , wobei $j = 1, 2, \dots, n$ die Anzahl der auf dem Markt gehandelten Aktien ist.

ε_t : Realisierung einer Zufallsvariable zum Zeitpunkt t mit $E[\tilde{\varepsilon}_t] = 0$.

Die zufällige Kursänderung ε_t bestimmt die Gestaltung des in der Gleichung (4) aufgeführten stochastischen Prozesses. Abhängig von deren statistischen Eigenschaften können unterschiedliche Aussagen hinsichtlich des Verhaltens der Aktienkursverläufe getroffen werden.¹⁶⁶ So betrachtet FAMA (1970) auch verschiedene Referenzmodelle für die empirischen Untersuchungen der Gültigkeit der EMH: das Martingale-Modell, das Submartingale-Modell und das Random-Walk-Modell.

Die beiden Martingale-Modelle beschränken sich nur auf die Festlegung der Eigenschaften des ersten Momentes der Verteilung der Kursänderungen.¹⁶⁷ Sie setzen eine nicht näher konkretisierte multivariate Verteilung der Zufallsvariable ε_t voraus. Die aufeinanderfolgenden Kursänderungen müssen dabei unkorreliert sein, wodurch nur die Unabhängigkeit ihrer Erwartungswerte vorausgesetzt wird. Dabei gilt für die Zufallsvariable ε_t aus der Gleichung (4) zusätzlich:¹⁶⁸

$$\text{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-s}) = 0 \quad \forall s \neq 0. \quad (5)$$

¹⁶⁴ Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 218 – 220.

¹⁶⁵ Vgl. Granger / Morgenstern (1970), S. 71.

¹⁶⁶ Vgl. Peters (1994), S. 39f.

¹⁶⁷ Vgl. Kerling (1998), S. 14.

¹⁶⁸ Vgl. Granger / Morgenstern (1970), S. 71f.

Für das Submartingale-Modell wird Gleichung (4) um einen positiven Driffaktor μ erweitert, wodurch sich der Erwartungswert der Störvariable ε_t ändert: $E[\tilde{\varepsilon}_t] = \mu > 0$. Aufgrund der Annahme über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Störvariable ε_t ist die Verwerfung der Gültigkeit der EMH mit diesen Modellen erschwert.¹⁶⁹ Deshalb wird bei den meisten empirischen Tests das *Random-Walk-Modell* zugrunde gelegt.¹⁷⁰

Für die Herleitung der Referenzmodelle bedient sich FAMA (1970) des *Fair-Game-Modells*, welches die Prämissen der EMH reflektiert. Zusätzlich wird die Annahme getroffen, dass die Erwartungswerte die Bedingungen des Marktgleichgewichts widerspiegeln können. Für den Erwartungswert der Investition in die Aktie j für den Zeitpunkt $t + 1$ gilt allgemein:¹⁷¹

$$E(\tilde{p}_{j,t+1} | \Phi_t) = [1 + E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t)] p_{j,t} \quad (6)$$

mit

$\tilde{r}_{j,t+1}$: einperiodige Rendite der Investition in Aktie j .

Der Erwartungswert des Preises der Aktie j und deren Rendite für den Zeitpunkt $t + 1$ ist durch die aktuell verfügbare Informationsmenge Φ_t bedingt. Basierend auf diesen Überlegungen ist die Fair-Game-Eigenschaft durch den Erwartungswert des Überschussgewinns $x_{j,t+1}$ von *null* wie folgt definiert:

$$x_{j,t+1} = p_{j,t+1} - E(\tilde{p}_{j,t+1} | \Phi_t), \quad (7)$$

$$E(\tilde{x}_{j,t+1} | \Phi_t) = 0 \quad (8)$$

mit

¹⁶⁹ Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 219.

¹⁷⁰ Vgl. Lux (2013), S. 17.

¹⁷¹ Folgende Ausführungen basieren im Wesentlichen auf Fama (1970), S. 385.

$x_{j,t+1}$: Überschussgewinn der Investition in Aktie j in $t + 1$.

Analog dazu ist der Erwartungswert der Überschussrendite $z_{j,t+1}$ gleich *null*:

$$z_{j,t+1} = p_{j,t+1} - E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t), \quad (9)$$

$$E(\tilde{z}_{j,t+1} | \Phi_t) = 0, \quad (10)$$

mit

$z_{j,t+1}$: Überschussrendite der Investition in Aktie j in $t + 1$.

Entsprechend der Gleichung (8) bzw. der Gleichung (10) wird die Zeitreihe $\{x_{j,t}\}$ bzw. $\{z_{j,t}\}$ in Bezug auf das Informationsset Φ_t als Fair-Game¹⁷² bezeichnet. Daraus lässt sich für ein beliebiges Handelssystem $\alpha(\Phi_t)$:

$$\alpha(\Phi_t) = [\alpha_1(\Phi_t), \alpha_1(\Phi_t), \dots, \alpha_n(\Phi_t)] \quad (11)$$

mit

$\alpha(\Phi_t)$: Handelssystem,

$\alpha_j(\Phi_t)$: der in die Anlage j zum Zeitpunkt t investierte Betrag

eine Überschussrendite V_{t+1} :

$$V_{t+1} = \sum_{j=1}^n \alpha_j(\Phi_t) [r_{j,t+1} - E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t)] \quad (12)$$

¹⁷² Zur Bedeutung der Fair-Game-Modelle in der Theorie der effizienten Märkte vgl. z.B die Arbeiten von Samuelson (1965) und Mandelbrot (1966).

und gemäß der Gleichung (10) ein Erwartungswert $E(\tilde{V}_{t+1}|\Phi_t)$ von *null* bestimmen:

$$E(\tilde{V}_{t+1}|\Phi_t) = \sum_{j=1}^n [\alpha_j(\Phi_t)E(\tilde{z}_{j,t+1}|\Phi_t)] = 0. \quad (13)$$

Somit können mit derartigen Handelssystemen auf einem im Sinne der EMH effizienten Aktienmarkt, langfristig keine Überschussgewinne erzielt werden. Folglich hätte die Anwendung solcher Handelssysteme im Rahmen der Aktienanalyse keine zusätzlichen Vorteile für die Anleger. Das bedeutet jedoch nicht, dass gelegentliche Zufallsgewinne der Marktteilnehmer ausgeschlossen sind. Denn im zeitlichen Verlauf gleichen sie sich mit gelegentlichen Zufallsverlusten aus.¹⁷³

Eine wesentliche Einschränkung der Fair-Game-Modelle liegt in ihrer begrenzten Aussagekraft über die statistischen Eigenschaften des Renditegenerierungsprozesses. Für die Spezifikation der Referenzmodelle musste Fama (1970) daher stochastische Eigenschaften der Rendite $r_{j,t}$ festlegen, die in diesem Kontext eine Realisation der Zufallsvariable ε_t aus der Gleichung (4) darstellt. Für das Random-Walk-Modell wird angenommen, dass aufeinanderfolgende einperiodige Renditen unabhängig und identisch verteilte Zufallsvariablen sind. Für die zeitlich bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der einperiodigen Renditen gilt demzufolge:

$$f(r_{j,t}|r_{t-s}, \forall s \neq 0) = f(r_{j,t}). \quad (14)$$

Die Gleichung (14) unterstreicht das Erfordernis der intertemporalen Gültigkeit der statistischen Annahmen dieses Referenzmodells und stellt einen White-Noise-Prozess dar, mit:

¹⁷³ Vgl. LeRoy (1989), S. 1590.

$$r_{j,t} \sim i. i. d(0; \sigma^2), \quad (15)$$

wobei

i. i. d(0; σ^2): eine unabhängig identische Verteilung mit Mittelwert *null* und Varianz σ^2 ist.

Obwohl die Annahmen nicht zwingend eine Normalverteilung voraussetzen, konvergieren die Summen der Renditen identischer Zeitebenen bei ausreichend großer Anzahl der Beobachtungen aufgrund des Zentralen Grenzwertsatzes gegen eine Normalverteilung. Ferner wird angenommen, dass die Renditen gleichmäßig über die Zeit verteilt sind und die Varianzen der Renditen σ^2 endlich sind. Dieser stochastische Prozess wird als Wiener Prozess bezeichnet, mit:

$$r_{j,t} \sim N(0; \sigma^2), \quad (16)$$

wobei

$N(0; \sigma^2)$: eine Normalverteilung mit Mittelwert *null* und Varianz σ^2 ist.

Für die durch das Informationsset bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der einperiodigen Renditen gilt demzufolge:

$$f(r_{j,t+1} | \Phi_t) = f(r_{j,t+1}). \quad (17)$$

Das Informationsset Φ_t ist also für die Bestimmung der künftigen einperiodigen Renditen $r_{j,t+1}$ irrelevant und jegliche Kursänderungen entstehen nur aufgrund neu auftretender Informationen (vgl. Gleichung (17)).

Weist ein empirischer Test das Vorliegen eines Random-Walks in den Aktienkursen nach, werden die Annahmen der EMH über die Zufälligkeit der Kursbewegungen anhand der Verteilungs- und Skalierungseigenschaften eines Rand-

om-Walk-Prozesses bestätigt. Da die Datenbasis eines derartigen Tests nur historische Zeitreihen umfasst, folgt dadurch die vollständige Berücksichtigung des historischen Informationssets Φ_t^h in den Aktienkursen und somit indirekt der Nachweis der schwachen Form der Informationseffizienz. Dagegen können die beiden strengeren Formen der EMH mit Hilfe des Random-Walk-Modells aus der Gleichung (15) empirisch nicht belegt werden.¹⁷⁴

¹⁷⁴ Vgl. Kerling (1998), S. 23.

2 Informationseffizienz in der Realität

2.1 Erwartungsbildung der Marktteilnehmer

2.1.1 Fundamentale Analyse

Die Gültigkeit der EMH hängt wesentlich von der Annahme der rationalen Erwartungen der Marktteilnehmer ab. Somit ist die nähere Betrachtung der Prozesse der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer unabdingbar. Als Grundlage der Prognosen der Marktakteure über die künftige Entwicklung der Aktienkurse dienen die fundamentalen und markttechnischen Methoden der Aktienanalyse. Die *Aktienanalyse* umfasst die Beschaffung, Analyse, Bewertung und Aufbereitung von Informationen zur Beurteilung einer Aktieninvestition.¹⁷⁵ Die beiden Analysemethoden unterscheiden sich grundsätzlich sowohl in der Art als auch in der Verarbeitungsweise der Informationen.

Während fundamentale Analysten von der nicht kompletten Berücksichtigung des verfügbaren Informationssets Φ_t° in die Aktienkurse ausgehen, versuchen markttechnische Analysten die unvollständige Berücksichtigung des Informationssets Φ_t^h in den Aktienkursen gewinnbringend auszunutzen. Zunächst wird auf die Ansätze der Fundamentalen Analyse eingegangen.¹⁷⁶

Die *Fundamentale Analyse* als ein wertorientierter Ansatz stellt den Wert einer Unternehmung und dessen durch den Aktienkurs ausgedrückten Preis gegenüber. Entsprechend dieser Vorstellung bestimmt der innere Wert der Unternehmung deren Preis.¹⁷⁷ Folglich werden die Schwankungen des Kurses um seinen inneren Wert als ein Handelssignal zur Erzielung von Überrenditen interpretiert. Die Bestimmung des inneren Wertes einer Aktie ist somit die zentrale Herausforderung der Fundamentalen Analyse und kann anhand des Barwertkonzeptes erfolgen. Unter Sicherheit wird der Barwert als Summe aller auf den Bewertungszeitpunkt abgezinsten zukünftigen Zahlungen ermittelt, die mit

¹⁷⁵ Vgl. Maltzan, S. 861.

¹⁷⁶ Vgl. Kerling (1998), S. 195f.

¹⁷⁷ Vgl. Schnelle (2009), S. 163f.

der Investition verbunden sind. Jedoch sind die zukünftigen Zahlungen einer Aktieninvestition stets mit der Unsicherheit verbunden, z.B. wegen der unbekanntem Dauer des Bestehens einer Aktiengesellschaft. Folglich müssen die unsicheren, mehrwertigen Zukunftsvorstellungen der Anleger durch Bildung von Erwartungswerten in den Aktienkursen modelliert werden:¹⁷⁸

$$p_{0,j}^I = E_0 \left[\sum_{t=1}^n \frac{\tilde{R}_{j,t}}{(1+i)^t} \right] \quad (18)$$

mit

$p_{0,j}^I$: aktueller innerer Wert der Aktie j ,

$R_{j,t}$: zukünftige zu erwartende Investitionsrückflüsse der Aktie j zum Zeitpunkt t ,

i : Diskontierungszinsfuß.

Liegt der aktuelle Preis $p_{0,j}$ der Aktie j über ihrem inneren Wert $p_{0,j}^I$ ($p_{0,j} > p_{0,j}^I$), so gilt die Aktie als überbewertet und sollte verkauft werden. Umgekehrt ($p_{0,j} < p_{0,j}^I$) gilt die Aktie als unterbewertet und sollte gekauft werden.¹⁷⁹ Die Identifikation der wertbestimmenden Größen der Gleichung (18) ist jedoch problematisch. So können z.B. die Investitionsrückflüsse $R_{j,t}$, die die Ertragskraft einer Unternehmung repräsentieren sollen, als Dividenden, Gewinne, Cash Flows oder andere Finanzkennzahlen betrachtet werden. Unabhängig davon werden bei der Bestimmung dieser Parameter nicht nur unternehmensspezifische, sondern auch branchenrelevante und makroökonomische Determinanten herangezogen.¹⁸⁰ Die Gewichtung und Reihenfolge der Betrachtungsebenen der Determinanten innerhalb der Fundamentalen Analyse kann dem Top-Down-

¹⁷⁸ Vgl. Loistl (1994), S. 171 – 173.

¹⁷⁹ Vgl. Steiner / Bruns / Stöckl (2013), S. 230.

¹⁸⁰ Vgl. Perridon / Steiner / Rathgeber (2012), S. 221f.

Ansatz oder dem Bottom-Up-Ansatz unterliegen. Während beim Top-Down-Ansatz zuerst die makroökonomischen Aspekte analysiert werden, beginnt der Bottom-Up-Ansatz mit der Untersuchung der unternehmensspezifischen Informationen. In der Praxis der Aktienbewertung hat sich die Kombination der beiden Ansätze etabliert.¹⁸¹

Unternehmensspezifische Informationen beinhalten alle fundamentalen Daten eines Unternehmens, wobei traditionell dem Jahresabschluss die zentrale Rolle zugeordnet wird. Der Jahresabschluss einer Aktiengesellschaft enthält neben den ex post Informationen zur Berichterstattung gegenüber den Investoren auch zukunftsbezogene (ex ante) Informationen, z.B. in Form eines Prognoseberichts im Lagebericht. Folglich dient der Jahresabschluss zusammen mit weiteren unternehmenseigenen Mitteilungen als Informationsgrundlage im Rahmen der Fundamentalen Analyse.¹⁸² Anschließend kann die Analyse anhand von qualitativen oder quantitativen Merkmalen gestaltet werden. Da die qualitative Analyse mangelnde Objektivierbarkeit aufweist, ist die quantitative Bewertung des Unternehmens vorherrschend, z.B. mit Hilfe von Finanzkennzahlen.¹⁸³

Die wirtschaftliche Entwicklung eines Unternehmens kann jedoch nicht losgelöst von der Entwicklung der zugehörigen Branche betrachtet werden. Vielmehr weisen die meisten Branchen spezifische Konjunkturverläufe auf, womit die branchenbezogenen Informationen für die Bewertung der Unternehmen relevant sind. Dazu werden z.B. die Auftragseingänge, Branchenklima und Lagerbestände ausgewertet. Häufig werden dabei nicht nur einzelne Branchen, sondern auch erfolgsspezifische Unterschiede zwischen den Branchen analysiert.¹⁸⁴

Die makroökonomische Analyse verknüpft die wirtschaftliche Prognose von Unternehmen bzw. Branchen mit den Rahmenbedingungen einer Volkswirtschaft, um die Auswirkungen der nationalen und internationalen Wirtschaftslage des

¹⁸¹ Vgl. Steiner / Bruns / Stöckl (2013), S. 231f.

¹⁸² Vgl. Elschen (2012), S. 207 – 210.

¹⁸³ Vgl. Maltzan (2000), S. 863.

¹⁸⁴ Vgl. Schwanfelder (2008), S. 134.

Analyseobjektes abzuschätzen. Zu diesen Kriterien zählen z.B. der Konjunkturverlauf, die Inflationsrate sowie die Zins- und Wechselkursentwicklungen. Es werden aber nicht nur wirtschaftliche, sondern auch politische Ereignisse einbezogen.¹⁸⁵

Alle innerhalb der Fundamentalen Analyse in Betracht kommenden Daten gehören zu den grundlegenden ökonomischen Faktoren und werden als *fundamentale Informationen* bezeichnet.¹⁸⁶ Verhalten sich die Marktteilnehmer rational, ermöglicht die adäquate Verarbeitung der fundamentalen Informationen die optimale Erfüllung der Allokationsfunktion des Aktienmarktes.¹⁸⁷ Die Instrumente der Informationsverarbeitung sind zahlreich und vielfältig und umfassen sowohl lineare als auch nichtlineare Methoden, wie z.B. Regressions- und Fehlerkorrekturmodelle. Generell werden dabei die Renditen $r_{j,t}$ der Aktieninvestitionen berechnet, um sie anschließend mit Alternativen zu vergleichen. Unter diesen Aspekten können die Methoden der Fundamentalen Analyse wie folgt verallgemeinert werden:

$$r_{j,t} = f(x_{i,t-k}, \dots, \varepsilon_{j,t}) \quad (19)$$

mit

$f(\dots)$: beliebige Funktion der Informationsverarbeitung,

$x_{i,t-k}$: Wert der i -ten Determinante der fundamentalen Daten zum Zeitpunkt $t - k$ mit $i = 1, \dots$ und $k = 0, \dots$,

$\varepsilon_{j,t}$: Realisierung einer Zufallsvariable der Investition in Aktie j zum Zeitpunkt t .

Entsprechend der Gleichung (19) hängen die Ergebnisse der Fundamentalen Analyse direkt von den verwendeten Daten ab, unterliegen jedoch einem

¹⁸⁵ Vgl. Holtfort (2013), S. 6 – 8.

¹⁸⁶ Vgl. Röckemann (1995), S. 93.

¹⁸⁷ Vgl. Elschen (2012), S. 206 – 210.

stochastischen Prozess. Weiterhin wird deutlich, dass neben der Bestimmung der konkreten Form der Funktion $f(\dots)$, auch die Identifikation möglichst aller Determinanten mit zugehörigen Lagstrukturen unabdingbar, aber problematisch ist. Da allerdings die Gestaltung der Determinanten uneingeschränkt möglich ist und das historische Informationsset Φ_t^h selbst als ein Einflussfaktor wirken könnte, bietet die Fundamentale Analyse zugleich einen breiten Rahmen für die Aktienbewertung.¹⁸⁸

2.1.2 Markttechnische Analyse

Der wesentliche Vorteil der Fundamentalen Analyse besteht in einer umfassenden ökonomischen Bewertung einer Aktie. Aus Sicht vieler Marktteilnehmer birgt genau dieser Vorteil allerdings einen entscheidenden Nachteil. Zur Durchführung derartiger Analysen müssen alle Informationen (Informationsset Φ_t^a) zur Verfügung stehen. Bereits in der Theorie stellt die Erfüllung dieser Bedingung eine große Herausforderung dar¹⁸⁹ und wird in der Praxis wegen des fehlenden Realitätsbezugs oft kritisiert. So stützen sich viele Prognosen der Fundamentalen Analyse auf das Informationsset $\Phi_t^{\bar{0}}$ und beinhalten somit keine Insiderinformationen. Die Informationen, die Insider in den Markt einfließen ließen, sind jedoch durch die Anpassung des Verhältnisses von Angebot und Nachfrage eingepreist. Dementsprechend entsteht eine Abweichung des von den teilweise uninformierten fundamentalen Analysten ermittelten inneren Wertes einer Aktie vom tatsächlich auf dem Markt realisierten Aktienkurs. Bis zum Zeitpunkt der Angleichung der beiden Größen können die teilweise eingepreisten Insiderinformationen von den anderen Marktteilnehmern anhand der Analyse der Kursbewegungen gewinnbringend genutzt werden.¹⁹⁰

Die Erstellung einer Aktienkursprognose auf Basis von Zeitreihen der Transaktionspreise und -daten unter optionaler Berücksichtigung psychologischer Fak-

¹⁸⁸ Vgl. Kerling (1998), S. 265f.

¹⁸⁹ Vgl. dazu Kapitel III.2.1.1.

¹⁹⁰ Vgl. Murphy (2004), S. 24f.

toren¹⁹¹ stellt einen kursorientierten Ansatz dar und kann als *Markttechnische Analyse* bezeichnet werden.¹⁹² Die Annahme der Einpreisung aller Informationen reicht alleine nicht aus, um durch die Anwendung der Markttechnischen Analyse Vorteile gegenüber anderen Marktteilnehmern zu erzielen. Ergänzend dazu müssen zwei weitere Annahmen getroffen werden: Einerseits bewegen sich die Aktienkurse in Trends und andererseits wiederholen sich bestimmte Muster innerhalb der Kursverläufe.¹⁹³

Entgegen der impliziten EMH-Prämisse der statistischen Unabhängigkeit der aufeinander folgenden Aktienkurse, nehmen markttechnische Analysten positive serielle Korrelationen¹⁹⁴ innerhalb der Zeitreihen von Aktienkursen an. Somit müssen Aktienkurse in Trends verlaufen, die sich in zeitlichen Abständen nacheinander abwechseln. Das rechtzeitige Erkennen, idealerweise zu Beginn eines Trends, erlaubt dem Anleger einem Trend zu folgen, ohne die Gründe für seine Entstehung zu kennen. Begründet wird diese These durch die Vermutung, dass ein Trend mit höherer Wahrscheinlichkeit fortbesteht, als es zu einer Trendumkehr kommt. Dennoch sind die Umkehrzeitpunkte, die häufig durch Eintritt eines Ereignisses bedingt sind, innerhalb der Markttechnische Analyse eminent wichtig. Sie stellen ein Signal zum Richtungswechsel der Aktienkursbewegung und folglich zu einem neuen Trend dar. Dadurch lassen sich neue Trends anhand von Umkehrzeitpunkten frühzeitig bestimmen.¹⁹⁵

Obwohl für die Markttechnische Analyse die Ursachen für die Entstehung von Trends irrelevant sind, spielen die Reaktionen der Marktteilnehmer auf den Ein-

¹⁹¹ In der finanzmarktbezogenen Forschung wird mitunter eine Trennung von kursorientierten und verhaltensorientierten Ansätzen der Erwartungsbildung vorgenommen. Vgl. z.B. Schnelle (2009).

¹⁹² In der Literatur existieren unterschiedliche Bezeichnungen der zeitreihenbasierten Prognosen von Aktienkursen. So werden sie häufig unter den Begriffen *Technische Analyse* (z.B. Schwager (2005)), *Chart Analyse* (z.B. Gebert / Hüsgen (2004)), *Kursorientierte Erwartungsbildung* (z.B. Schnelle (2009)) oder *zeitreihenanalytische Prognosemodelle* (z.B. Kerling (1998)) aufgeführt. Der in der Arbeit verwendete Begriff *Markttechnische Analyse* (z.B. Loistl (1994)) widerspiegelt jedoch aus der Perspektive der Informationsverarbeitung sowohl den Bezug zur Art als auch zur Herkunft der zu verarbeitenden Informationen.

¹⁹³ Vgl. Maltzan (2000), S. 864.

¹⁹⁴ Liegt eine negative serielle Korrelation vor, bewegen sich Aktienkurse entlang eines unveränderten Mittelwertes. Derartige Bewegung wird zwar häufig auch als ein Seitwärtstrend bezeichnet, ist jedoch nicht Gegenstand der weiteren Betrachtung.

¹⁹⁵ Vgl. Murphy (2004), S. 23f.

tritt bestimmter Ereignisse oder auf bestimmte Kurskonstellationen eine wichtige Rolle. Es wird angenommen, dass sich durch identisches, langfristig beständiges psychologisches oder soziotechnisches¹⁹⁶ Verhalten der Marktteilnehmer bedingte Verlaufsmuster innerhalb der Zeitreihen der Aktienkurse wiederfinden. Wenn sich derartige Muster identifizieren lassen, kann eine Prognose nicht nur hinsichtlich der aktuellen Trendumkehr, sondern auch für die zukünftigen Bewegungen der Aktienkurse mit zwischenzeitlichen Hochs und Tiefs aufgestellt werden.¹⁹⁷ Die Komplexität der betrachteten Muster kann stark variieren. So stellt ein Trend in der einfachsten Form ein lineares Basismuster dar. Er kann aber durchaus ein Bestandteil eines komplexen nichtlinearen Musters sein.¹⁹⁸

Aus der historischen Perspektive entwickelten sich diese Analysetechniken von den visuell-basierten Charttechniken über die Einbeziehung von einfachen ökonomischen Methoden bis zu den hochkomplexen nichtlinearen finanzmathematischen Modellen und Ansätzen der Künstlichen Intelligenz. Wenngleich das Spektrum der eingesetzten Techniken deutlich größer geworden ist, werden im Aktienhandel zum Teil immer noch die visuellen Charts angewandt.¹⁹⁹ Da mittlerweile sogar die Gültigkeit nichtlinearer grafischer Muster, wie z.B. Schulter-Kopf-Schulter-Formation²⁰⁰, mit Hilfe von fortschrittlichen wissenschaftlichen Verfahren²⁰¹ quantifizierbar ist, dürfen sie entgegen der verbreiteten Darstellung in der Literatur dem Bereich der Markttechnischen Analyse zugeordnet werden.²⁰² Folglich werden die visuellen Techniken im weiteren Verlauf nicht separat behandelt.

¹⁹⁶ Unter einem *soziotechnischen Verhalten* wird das Verhalten der Marktteilnehmer innerhalb eines soziotechnischen Systems verstanden. Vgl. dazu Foresight Project (2012), S. 79 – 81.

¹⁹⁷ Vgl. Lo / Hasanhodzic (2010), S. 94 – 96.

¹⁹⁸ Vgl. Lo / Mamaysky / Wang (2000), S. 1716.

¹⁹⁹ Eine umfassende Übersicht zur Entwicklung der Markttechnischen Analyse liefert Lo / Hasanhodzic (2010).

²⁰⁰ Eine Schulter-Kopf-Schulter-Formation stellt eine dreiteilige Musterformation dar, die in der klassischen Form eine höhere Position des mittleren Hochs zwischen zwei tiefer liegenden Hochs abbildet. Vgl. Schwager (2003), S. 115.

²⁰¹ Vgl. z.B. die Arbeit von Lo / Mamaysky / Wang (2000).

²⁰² Vgl. Lo / Hasanhodzic (2010), S. VII f.

Insgesamt werden Prognosen der Markttechnischen Analyse auf Basis des Informationssets Φ_t^h gebildet, das primär die Zeitreihen der Aktienkurse beinhaltet. Die Interpretation der identifizierten Muster in einer Zeitreihe erfolgt innerhalb eines ausgewählten Modells, häufig in Kombination mit anderen historischen Daten und aggregierten Marktparameter, wie z.B. Indikatoren oder Transaktionsvolumina. Diese Vorgehensweise erweitert die Aussagekraft eines Musters, da identische Muster bei verschiedenen wirtschaftlichen oder mikrostrukturellen Marktlagen unterschiedlich gedeutet werden könnten. Auch für die Validierung eines markttechnischen Modells kann die Berücksichtigung von zusätzlichen Parametern vorteilhaft sein.²⁰³

All diese Inputdaten können als *technische Informationen* bezeichnet werden und stellen aggregierte, durch andere Marktteilnehmer verarbeitete Informationen jeglicher Art aus dem Informationsset Φ_t^h dar. Darunter fallen nicht nur eingepreiste Ergebnisse der Fundamentalen Analyse, sondern auch historische Realisationen der Zufallsvariablen des stochastischen Prozesses der Aktienkursentwicklung.²⁰⁴ Da in der Markttechnischen Analyse die Aktienkurse im Vordergrund stehen, können die Zeitreihen der Aktienrenditen $r_{j,t}$ als erklärende Variable des vermuteten Renditegenerierungsprozesses betrachtet werden. Eine Verallgemeinerung der vielfältigen Modelle der Markttechnischen Analyse kann wie folgt formuliert werden:

$$r_{j,t} = f(r_{j,t-m}, \dots, \varepsilon_{j,t-l}, \dots) \quad (20)$$

mit

$f(\dots)$: beliebige Funktion der Informationsverarbeitung,

$r_{j,t-m}$: Wert der Rendite der Investition in Aktie j zum Zeitpunkt $t - m$ mit $m = 0, \dots,$

²⁰³ Vgl. Kaufman (2013), S. 527.

²⁰⁴ Vgl. Chande (2001), S. 101f.

$\varepsilon_{j,t-l}$: Realisierung einer Zufallsvariable der Investition in Aktie j zum Zeitpunkt $t - l$ mit $l = 0, \dots$

Wie aus der Gleichung (20) hervorgeht, hängen die Ergebnisse der Markttechnischen Analyse von der Modellierung des Renditegenerierungsprozesses auf Basis der Renditenzeitreihe selbst ab. Folglich unterliegen sie einem stochastischen Prozess.²⁰⁵ Dabei spielt die Qualität der Inputdaten eines beliebigen Modells eher eine untergeordnete Rolle, da den Modellen standardisierte, verfügbare Zeitreihen der Aktienkurse zugrunde liegen. Vielmehr wird die Güte der Markttechnischen Analyse durch die zu bestimmende Funktion der Informationsverarbeitung $f(\dots)$ geprägt.

2.1.3 Informationsaggregation auf dem Aktienmarkt

Die Wahl der Analysemethode (Technische oder Fundamentale Analyse) bei der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer bedingt die Art der in den Markt einfließenden Informationen. Die individuellen Bewertungen werden während des Preisbildungsprozesses in den Aktienkursen aggregiert. Entsprechend ist es für den Informationsgehalt eines Aktienkurses von entscheidender Bedeutung, ob technische oder fundamentale Informationen die Informationssets der Analysten dominieren. Somit ist für die Beschreibung des Erwartungsbildungsprozesses in der Realität ein Vergleich der Informationsarten sowie die Zuordnung der Analysemethoden zu den Anlegerarten unabdingbar.

Zu den wichtigsten Unterscheidungskriterien der innerhalb eines Aggregationsprozesses verwendeten Informationen gehören ihre Beständigkeit und Relevanz (vgl. Abbildung 8). Unter der *Beständigkeit* einer Information wird hier die Frequenz ihrer Zustandsänderung definiert. Das Eintreffen der neuen Informationen auf dem Markt wird auch als eine Zustandsänderung verstanden.²⁰⁶ Unbeständige Informationen verursachen Kursschwankungen aufgrund der hohen

²⁰⁵ Vgl. Kerling (1998), S. 195f.

²⁰⁶ Alle Informationen werden somit als *states* existierend betrachtet und nehmen entweder einen positiven Zustand, wenn sie bekannt sind, oder einen negativen Zustand an, wenn sie nicht bekannt oder noch nicht entstanden sind.

Frequenz der Zustandsänderungen. Dagegen haben Kursänderungen, die durch Informationen mit niedriger Frequenz der Zustandsänderungen ausgelöst wurden, eine relativ lange Gültigkeitsdauer.

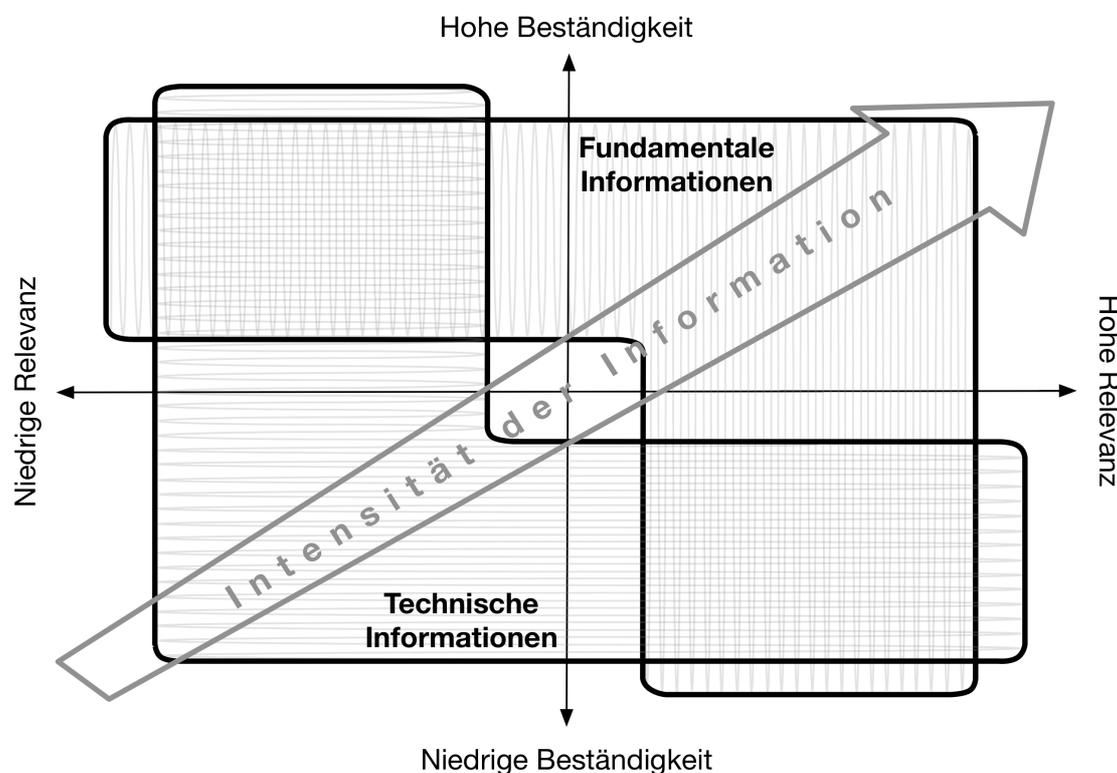


Abbildung 8: Zuordnung der Informationsarten²⁰⁷

Die *Relevanz* einer Information wird hier als Grad ihres Einflusses auf den Aktienkurs definiert, wobei rationales Verhalten der Marktteilnehmer unterstellt wird.²⁰⁸ Eine Zustandsänderung der Informationen mit hoher Relevanz wirkt sich stärker auf die Kursbewegung aus. Die Informationen mit relativ niedrigerer Relevanz führen nur zu geringfügigen Kursänderungen.

Die Verknüpfung der beiden Kriterien ermöglicht die Frequenz der Zustandsänderung einer Information mit dem Grad ihres Einflusses auf den Aktienkurs zu

²⁰⁷ Eigene Darstellung.

²⁰⁸ Die Unterstellung rationalen Verhaltens der Marktteilnehmer bedingt hier die Zuordnung der Informationsrelevanz zu einem theoretisch fairen Aktienpreis. Sie spiegelt nicht die individuelle Wahrnehmung der Informationsrelevanz der Marktakteure wider.

kombinieren. Hierdurch wird die idealtypische *Intensität*²⁰⁹ des Einflusses einer Information auf die Aktienpreisbildung beschrieben. Die unbeständigen, wenig relevanten Informationen haben eine geringere Intensität und müssen somit bei rationalem Verhalten der Marktakteure einen niedrigeren Anteil in den aggregierten Preisen vorweisen. Umgekehrt müssen langfristig relevante Informationen eine größere Gewichtung erhalten.

Weder technische noch fundamentale Informationen weisen eine eindeutige Trennschärfe anhand des Intensitätskriteriums auf. Dennoch haben technische Informationen tendenziell eine niedrige bis mittlere Intensität. Die Begründung dafür liegt per definitionem in der Unvereinbarkeit einer hohen Beständigkeit mit der hohen Relevanz von historischen Daten. Folglich können technische Informationen keine hohe Intensität zeigen. Entgegengesetzt zeigen die fundamentalen Informationen per definitionem die Unvereinbarkeit der niedrigen Relevanz mit der niedrigen Beständigkeit auf.²¹⁰ Somit ist deren geringere Intensität ausgeschlossen und sie gehören zu Informationen mit mittlerer bis hoher Intensität.²¹¹

Für die Betrachtung der individuellen Informationsaggregation muss die Informationsintensität jedoch um ein weiteres Kriterium ergänzt werden. Da auf den realen Aktienmärkten aufgrund von heterogenen Präferenzen das rationale Verhalten der Anleger nur bedingt gegeben ist, sollen die teilnehmerspezifischen Selektions- und Verarbeitungsprozesse von Informationen berücksichtigt werden. Dies kann durch den Grad der Informationsperzeption ausgedrückt werden. Unter Perzeption werden unbewusste Prozesse der individuellen Informations- und Wahrnehmungsverarbeitung verstanden, insbesondere die Strukturierung und Einordnung der Informationen.²¹² Bezogen auf eine einzelne

²⁰⁹ Der Begriff der Informationsintensität wird in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur oft aus der Perspektive der zur Verfügung stehenden Informationsmenge betrachtet. Dabei wird als Intensität die Anzahl der Informationen pro Zeiteinheit verstanden. Vgl. z.B. König (1994) oder Stüfe (1999). Dagegen wird hier die Intensität einer einzelnen Information bewertet.

²¹⁰ Vgl. Loistl / Rosenthal (1982), S. 142f.

²¹¹ Vgl. Peters (1994), S. 49.

²¹² Vgl. Robbins et al. (2014), S. 142.

Information drückt der Grad der *Informationsperzeption* aus, wie stark sie in die Entscheidungsprozesse des Anlegers einbezogen werden.

In der Realität räumen Marktakteure mit einem kurzfristigen Anlagehorizont den Informationen mit niedriger Intensität einen erheblich höheren Perzeptionsgrad ein. Sie streben eine gewinnbringende Ausnutzung der kurzfristigen Kursdifferenzen an.²¹³ Dabei müssen sie sensibler auch auf geringere Kursschwankungen reagieren. Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit der kurzfristigen Kursänderungen durch den Einfluss von unbeständigen Informationen hoch. Dementsprechend bevorzugen derartige Anleger technische Informationen und somit die Markttechnische Analyse als Basis für ihre Entscheidungen, wobei die fundamentalen Informationen das ökonomische Umfeld darstellen.²¹⁴ Durch permanente Aktualität des Informationssets können insbesondere die Ein- und Ausstiegszeitpunkte (Timing) mit Hilfe der Markttechnischen Analyse bestimmt werden.²¹⁵

Dagegen messen Marktteilnehmer mit einem langfristigen Anlagehorizont den Informationen mit höherer Intensität einen höheren Perzeptionsgrad bei. Für sie haben kurzfristige Kursvolatilitäten eine geringere Bedeutung, da sie sich innerhalb eines längeren Zeitintervalls ausgleichen. Eher wird auf die temporär beständigen, hoch relevanten Informationen ein höherer Wert gelegt.²¹⁶ Somit wird den fundamentalen Informationen als Grundlage für die Fundamentale Analyse der Vorzug gegeben.²¹⁷ Die Markttechnische Analyse dient höchstens dem Timing zur Umsetzung von getroffenen Transaktionsentscheidungen, weshalb die Kombination der beiden Ansätze häufig praktiziert wird.²¹⁸ Der Perzeptionsgrad der Informationsarten in Abhängigkeit von heterogenen Präferenzen der Anleger wird in der Abbildung 9 dargestellt.

²¹³ Vgl. Aschinger (1995), S. 149.

²¹⁴ Vgl. Kerling (1998), S. 126.

²¹⁵ Vgl. Murphy (2004), S. 26.

²¹⁶ Vgl. Peters (1994), S. 43.

²¹⁷ Vgl. Aschinger (1995), S. 149.

²¹⁸ Vgl. Elschen (2012), S. 207.

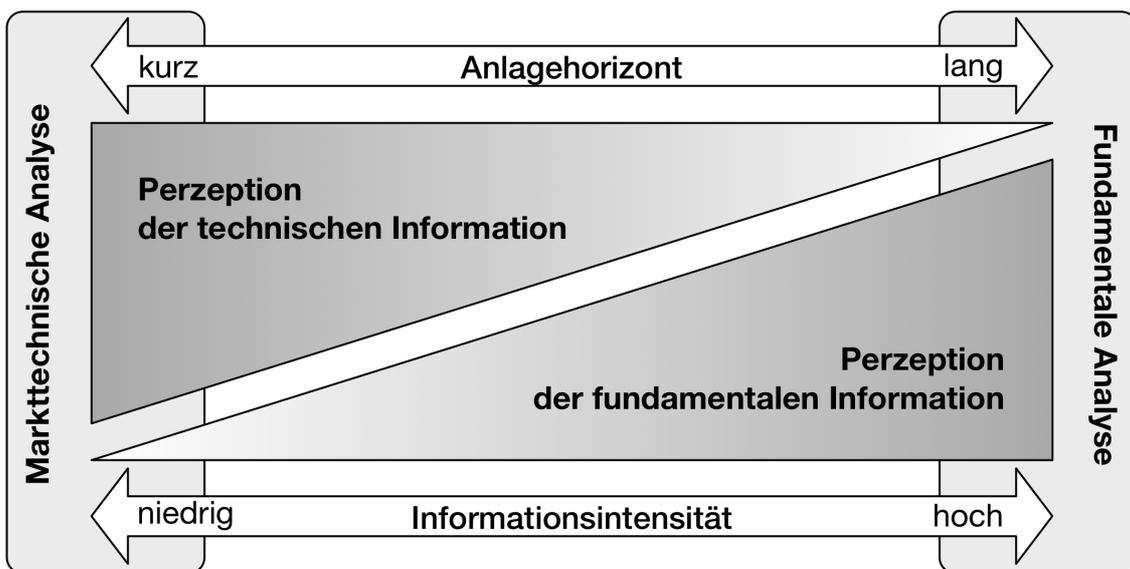


Abbildung 9: Perzeptionsgrad nach Informationsarten²¹⁹

Entsprechend der EMH erlaubt die Annahme rationalen Verhaltens der Marktakteure, den Prozess der Erwartungsbildung zu vernachlässigen. Wird diese Annahme aufgehoben, erhöht sich ceteris paribus der Realitätsbezug der theoretischen Analyse. Gleichzeitig wird deutlich, dass heterogene Marktteilnehmer mit spezifischen Anlagehorizonten unterschiedliche Informationssets verarbeiten. Die in der Realität existierende Erwartungsbildung beeinflusst somit die Informationseffizienz der Märkte. Insbesondere führt die unterschiedliche, individuelle Gewichtung einzelner Informationsarten zur Notwendigkeit eines Ausgleiches zwischen kurz- und langfristig orientierten Teilnehmern auf der Marktebene. Ob die EMH als erklärende Theorie trotz der Unstimmigkeit der theoretischen Annahmen für die realen Aktienmärkte geeignet ist, soll im weiteren Verlauf behandelt werden.

2.2 Evidenz der Informationsineffizienz auf dem Aktienmarkt

2.2.1 Exzessive Volatilität

Durch die eingeschränkte Testbarkeit der EMH in der Empirie,²²⁰ lässt sich ein Einfluss der heterogenen Informationsverarbeitungsprozesse auf die Markteffi-

²¹⁹ Eigene Darstellung.

zienz nicht direkt ermitteln. Denn aus der Realität können nur die Kursbewegungen als Testgrundlage herangezogen werden, der tatsächliche Aggregationsprozess neuer Informationen bleibt verborgen. Indirekte Beobachtungen des Informationseinflusses auf die Kursänderungen haben jedoch gezeigt, dass das Eintreffen relevanter Informationen sich nicht immer adäquat in den Aktienkursen widerspiegelt. Umgekehrt können nicht für alle großen Kursausschläge neue fundamentale Informationen identifiziert werden.²²¹ Folglich existieren durch die EMH unerklärliche Abweichungen zwischen theoriegestützten Kursprognosen und tatsächlich realisierten Aktienkursen.

Derartige Unregelmäßigkeiten²²² liefern jedoch noch keinen Beweis für die Widerlegung der EMH, da sie stets nur punktuelle Ereignisse darstellen. Den ersten systematischen Ansatz für den Vergleich des ex ante prognostizierten mit dem ex post rationalen Aktienkurs (dem inneren Wert) liefern die Pionierarbeiten von SHILLER²²³ und LEROY / PORTER²²⁴. Damit kann trotz der Verbundhypothese-Problematik die Gültigkeit der EMH innerhalb eines längeren Zeitintervalls getestet werden.

Zur Bestimmung eines rationalen Preises einer Aktie werden alle mit dem Unternehmenserfolg zusammenhängenden Informationen in die rationalen Entscheidungen der Marktteilnehmer einbezogen. Gemäß der EMH entspricht der ex ante rationale Preis p_t^{ea} dem tatsächlichen Aktienkurs zum Zeitpunkt t . Nachdem alle relevanten Informationen bekannt sind, kann nachträglich der ex post rationale Preis p_t^{ep} berechnet werden. Als wichtigsten Indikator des Unternehmenserfolges betrachten Marktakteure die Dividende ihrer Aktie. Somit setzt

²²⁰ Zur Verbundhypothese der EMH vgl. Kapitel III.2.1.

²²¹ Vgl. z.B. die Studie von Cutler et al. (1989).

²²² Auf den in der fachlichen Literatur nahezu inflationär verwendeten Begriff „Anomalie“ wird hier bewusst verzichtet. Unter einer Anomalie wird in den Wirtschaftswissenschaften eine Abweichung von einem vorherrschenden Paradigma verstanden, wobei hier als Paradigma die EMH anzusehen ist. Wird also der Begriff der Anomalie verwendet, bleibt das Paradigma selbst unangetastet und es wird primär auf die Erklärung von Abweichungen fokussiert. Die Möglichkeit des Paradigmenwechsels (vgl. Kuhn (1962)) wird folglich außer Acht gelassen.

²²³ Vgl. Shiller (1979), Shiller (1981a) und Shiller (1981b).

²²⁴ Vgl. LeRoy / Porter (1981). Im Unterschied zu Shiller entwickelten LeRoy / Porter einen modellabhängigen Ansatz auf Basis von Dividendenzahlungen. Im Weiteren wird der modellunabhängige Ansatz von Shiller verfolgt.

sich der ex ante rationale Preis p_t^{ea} aus der Summe der Barwerte der erwarteten, zukünftigen Dividenden d_t zusammen:²²⁵

$$p_t^{ea} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E_t(d_t)}{(1+i)^t} \quad (21)$$

mit

p_t^{ea} : ex ante Aktienkurs zum Zeitpunkt t ,

d_t : Dividende zum Zeitpunkt t ,

i : konstanter Diskontierungssatz.

Der ex ante rationale Aktienkurs p_t^{ea} entspricht in jedem Zeitpunkt dem erwarteten ex post rationalen Aktienkurs p_t^{ep} :

$$p_t^{ea} = E_t(p_t^{ep}) \quad (22)$$

mit

p_t^{ep} : ex post Aktienkurs zum Zeitpunkt t .

Dementsprechend werden für die Berechnung des ex post rationalen Aktienkurses p_t^{ep} anstatt der erwarteten die tatsächlich realisierten Dividenden d_t verwendet:²²⁶

$$p_t^{ep} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{d_t}{(1+i)^t}. \quad (23)$$

²²⁵ Vgl. Shiller (1981a), S. 424.

²²⁶ Vgl. Shiller (1981a), S. 425.

Für die empirische Anwendung stellt der unbekannt zukünftige fundamentale Wert aufgrund der nicht verfügbaren unendlich langen Dividenden- und Aktienkurszeitreihen ein Hindernis dar. SHILLER setzt zur Lösung dieses Problems den letzten Kurs der beobachtbaren Aktienkurszeitreihe p_T^{ea} als Schätzer für p_t^{ep} und somit für alle nach dem Zeitpunkt T ausgeschütteten Dividenden ein.²²⁷

Nachdem nun die ex ante und ex post rationalen Aktienkurse verfügbar sind, stellt sich die Frage, nach welchem Kriterium sie miteinander verglichen werden sollen. Nach der EMH ist eine symmetrische Abweichung zwischen diesen Preisen durchaus vorstellbar, da Informationen ex ante mit Unsicherheit verbunden sind und Dividenden d_t in der Gleichung (21) geschätzt werden müssen. Folglich unterliegen die ex ante rationalen Aktienkurse einem Risiko der Abweichung von den rationalen Preisen. Auch die ex post rationalen Preise weisen wegen der Bestimmungsproblematik von p_t^{ep} in der Gleichung (23) durch den Schätzer p_t^{ep} Schwankungen auf. Damit kann die Gültigkeit der EMH durch den Vergleich der Schwankungsbreiten von p_t^{ea} und p_t^{ep} überprüft werden.

Für die Berechnung von p_t^{ep} werden die zur Verfügung stehenden Zeitreihen von d_t verwendet. Dadurch müsste p_t^{ep} stärker als der unter Unsicherheit gebildete p_t^{ea} schwanken, denn die Schwankungsbreite der Zeitreihe d_t müsste höher liegen als die Schwankungsbreite der durch die Erwartungsbildung geglätteten Zeitreihe $E_t(d_t)$. Daher würden die tatsächlichen zukünftigen Schwankungen der Dividenden sich in den ex post berechneten Preisen ungefiltert widerspiegeln würden, während die ex ante Preise über nicht exakt bekannte Ereignisse gemittelt werden müssen. Bei einem informationseffizienten Markt stellt somit die Schwankungsbreite der ex post rationalen Aktienkurse p_t^{ea} die Grenzen für die Schwankungsbreite der ex ante rationalen Preise p_t^{ep} auf.²²⁸

Statistisch stellt die Varianz σ^2 ein Maß für die symmetrische Schwankungsbreite einer Häufigkeitsverteilung um ihren Mittelwert dar, weist jedoch keine

²²⁷ Vgl. Bruns (1994), S. 65.

²²⁸ Vgl. Lux (2013), S. 18.

identische Dimension dazu auf. Aufgrund der besseren Interpretierbarkeit wird zur Charakterisierung der durchschnittlichen Schwankungsbreite der Preise die Standardabweichung σ als Quadratwurzel der Varianz herangezogen. Bei einer Periodisierung der Standardabweichung wird in der Literatur der Begriff „Volatilität“ verwendet. Die Volatilität wird als symmetrisches Risikomaß für die Abweichungen von einer geplanten Größe interpretiert. Dazu muss jedoch die Häufigkeitsverteilung der geplanten Größen einer Normalverteilung entsprechen, womit die intertemporale Vergleichbarkeit sichergestellt wird. Folglich reflektiert eine höhere Volatilität ein höheres Risikoniveau.²²⁹

Um die Grenzen der Schwankungsbreite von ex post und ex ante rationalen Preisen in Beziehung zu setzen, leitet SHILLER folgende Ungleichung für die Volatilitätswerte ab:²³⁰

$$\sigma(p_t^{ep}) \geq \sigma(p_t^{ea}) \quad (24)$$

mit

$\sigma(p_t^{ep})$: Volatilität des ex post rationalen Aktienkurses p_t^{ep} ,

$\sigma(p_t^{ea})$: Volatilität des ex ante rationalen Aktienkurses p_t^{ea} .

Aus der Gleichung (24) folgt, dass bei Geltung der EMH die Standardabweichung der ex ante rationalen Preise unter der Standardabweichung der ex post rationalen Preise liegen müsste. Wird diese Bedingung verletzt, bezeichnet SHILLER die übermäßigen permanenten Schwankungen der ex ante rationalen Kurse als *exzessive Volatilität*.

Die Methodik des ex post und ex ante Vergleichs weist eine Einschränkung auf: Derartige Abweichungen sind nur in langfristigen Zeitintervallen feststellbar, weil sie auf die Existenz der Zeitreihen mit mehrperiodigen fundamentalen Informa-

²²⁹ Vgl. Bruns (1994), S. 59f.

²³⁰ Vgl. Shiller (1981a), S. 422.

tionen angewiesen sind. Der Nachweis der exzessiven Volatilität in den Aktienkursen führt zur Widerlegung der EMH und die Märkte können nicht als informationseffizient angesehen werden.²³¹

Seit der Entwicklung dieser Methodik weist eine überwiegende Anzahl der empirischen Untersuchungen, darunter auch eigene Analysen von SHILLER (vgl. Abbildung 10), durchgehende exzessive Volatilitäten in den Aktienkursen und Indizes internationaler Aktienmärkte nach.²³² Somit dürfen die beobachtbaren Aktienkurse nicht als Schätzer für die ex ante rationalen Aktienkurse verwendet werden. Dementsprechend bilden die Marktakteure ihre Erwartungen nicht rational, entgegen einer der zentralen Annahmen der EMH.

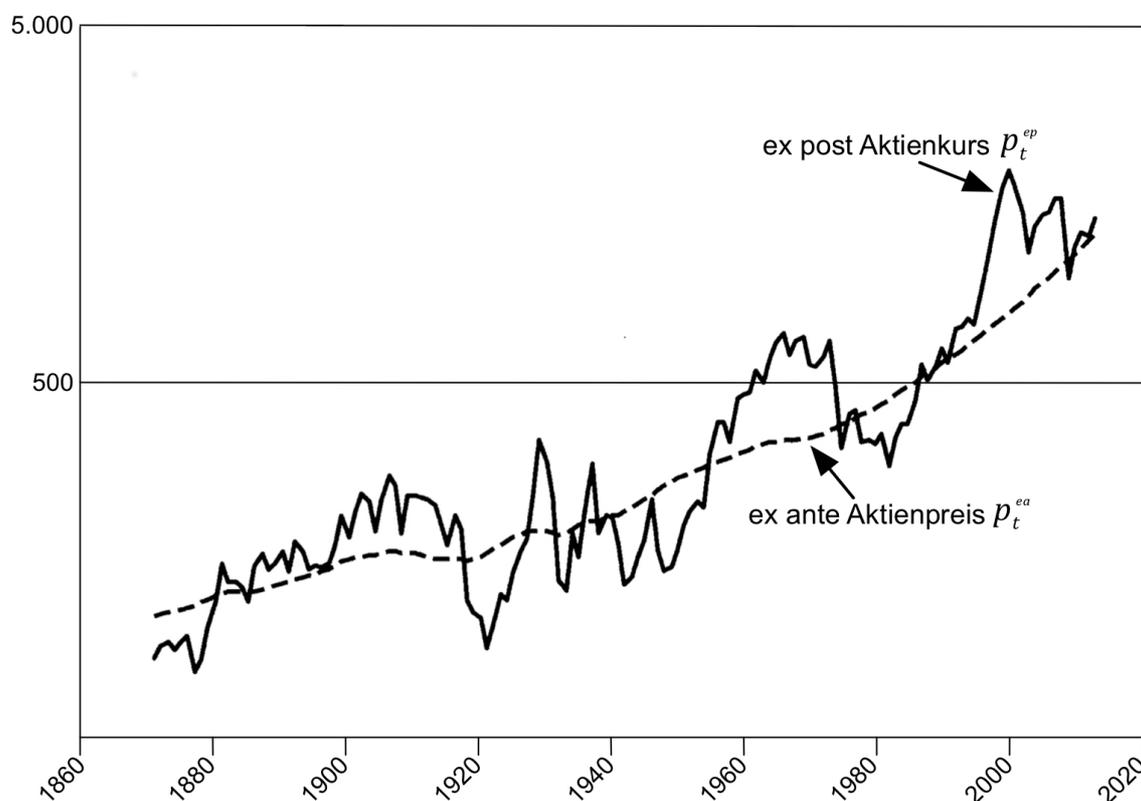


Abbildung 10: S&P Composite Stock Price Index und Dividendenbarwerte, US-Dollar, 1871 - 2013²³³

²³¹ Vgl. Shiller (2013), S. 245f.

²³² Ein Überblick über die empirischen Untersuchungen der exzessiven Volatilität findet sich z.B. bei Hense (2008), S. 44 – 46 oder Bruns (1994), S. 75 – 78.

²³³ In Anlehnung an Shiller (2015), S. 210.

2.2.2 Aktienpreisblasen

Aus dem Nachweis permanent überhöhte Volatilitäten auf Aktienmärkten kann auf die Existenz von temporären Abweichungen der Aktienkurse von ihrem inneren Wert geschlossen werden. Denn die exzessive Volatilität kann nur dann vorliegen, wenn die Aktienkurse bei Kurssteigerungen zu stark ausschlagen und somit die Aktie im Vergleich zum ex post rationalen Preis überbewertet ist, et vice versa. Unter der EMH sind derartige Abweichungen bei der halbstrengen und der schwachen Form der Informationseffizienz nicht ausgeschlossen, müssen jedoch beschränkte Ausmaße und begrenzte Dauer haben. Seit der Entstehung der ersten Börsen sind allerdings immer wieder Zeitintervalle mit starken Kursanstiegen und anschließenden -abstürzen aufgetreten, die nicht auf den Einfluss von fundamentalen Informationen zurückzuführen sind.

Als eines der größten, nicht mit der EMH konformen Börsenereignisse gilt der als Schwarzer Montag bekannte Börsencrash von 1987. Ausgelöst in den USA, verbreitete er sich weltweit auf andere Aktienmärkte. Obwohl sich in der Wissenschaft bis heute keine einheitliche Meinung über die Ursachen des massiven Kurssturzes etabliert hat, zeigen dem Crash vorangegangene Kurssteigerungen der Aktienmärkte auf starke Abweichungen der Aktienkurse von den inneren Werten zum Bewertungszeitpunkt.

So nahm Dow Jones Industrial Average (DJIA) zwischen 1982 und 1987 ohne eine fundierte gesamt- oder einzelwirtschaftliche Begründung um ca. 300% zu. Trotz allgemein guter wirtschaftlicher Lage, hoher Attraktivität der Aktienmärkte für die Anleger und neuartiger Absicherungsmechanismen²³⁴ entstand ein signifikantes Missverhältnis zwischen der Aktienkursentwicklung und den fundamentalen Gegebenheiten.²³⁵ Dem am 25.08.1987 erreichten Höhepunkt des DJIA mit der anschließenden mäßigen Kurskorrektur folgte am 19.10.1987 ein Einbruch um 22,6%, ohne dass substantielle Veränderungen der fundamentalen Informationslage aufgetreten sind. Die Turbulenzen dauerten mehrere Tage, wobei internationale Märkte noch über einige Monate hohe Volatilitäten aufwie-

²³⁴ Z.B. bei Portfolio-Anlagestrategien.

²³⁵ Vgl. Kugler (1994), S. 66f.

sen.²³⁶ Der Verlauf des DJIA von 1980 bis 1992 ist in der Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11: Dow Jones Industrial Average, 1980 - 1993²³⁷

Die Über- und Unterbewertung der Aktienpreise tritt nicht nur auf dem gesamten Markt auf, sondern kann auch ein Marktsegment betreffen. So hat sich Ende 1990-er Jahre auf einigen internationalen Aktienmärkten die sogenannte Dotcom-Blase²³⁸ gebildet. Angetrieben durch die Verbreitung Neuer Technologien, fing eine Vielzahl unerfahrener Anleger an, in Aktien technologieorientierter Unternehmen zu investieren. Dies führte zur Verknappung der angebotenen Aktienmenge. Parallel dazu gab es eine Reihe von Börsengängen von Start-Ups aus dem New Economy Bereich. Aufgrund euphorischer Stimmung, hoher Anlagebereitschaft der Marktteilnehmer und fundamental haltloser Gewinnerwartungen wurden die Technologieaktien häufig nur auf Basis umsatzabhängi-

²³⁶ Eine ausführliche Beschreibung des Krisenverlaufs findet sich z.B. bei Aschinger (1995), S. 246 – 264.

²³⁷ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

²³⁸ In der Literatur wird auch der Begriff *Neuer-Markt-Blase* (z.B. Hasler (2011)) oder *NASDAQ-Bubble* (z.B. Harris (2003)) verwendet.

ger Kennzahlen bewertet.²³⁹ Auf dem US-amerikanischen Markt stiegen Aktienkurse aus diesem Segment innerhalb von zwei Jahren, von Anfang 1998 bis Februar 2000, um mehr als 1.000%.

Nach den ersten Insolvenzen der technologieorientierten Unternehmen und frühen Anzeichen der bevorstehenden Kursrückgänge begannen die professionellen Anleger, ihre Anteile zu veräußern.²⁴⁰ Die Umkehr der Kursbewegungen beschleunigte sich seit März 2000 und führte letztendlich zu einem Rückgang des NASDAQ Composite Indexes um mehr als 75% innerhalb eines Jahres. Viele Anleger haben wegen den Insolvenzen ihr investiertes Kapital komplett verloren, da die Mehrheit betroffener Unternehmen ihre laufenden Verluste nur durch Ausgabe neuer Aktien ausgleichen konnte.²⁴¹ Der Verlauf des NASDAQ Composite Indexes von 1991 bis 2002 ist der Abbildung 12 zu entnehmen.

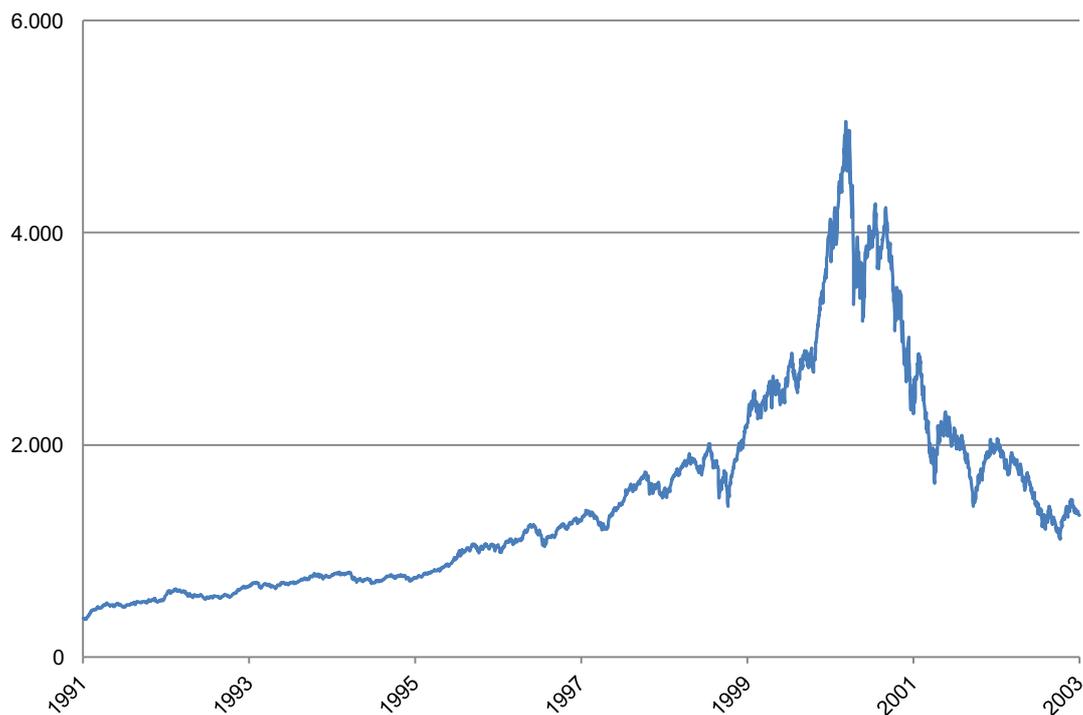


Abbildung 12: NASDAQ Composite Index, 1991 - 2002²⁴²

²³⁹ Vgl. Hasler (2011), S. 350.

²⁴⁰ Vgl. Ofek / Richardson (2003), S. 1113.

²⁴¹ Vgl. Harris (2003), S. 570.

²⁴² Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

Entsprechend dem Verhalten des Gesamt- und Teilmarktes weisen auch einzelne Aktien Tendenzen zur Über- und Unterbewertung auf. Als ein Beispiel kann eine Überreaktion der Marktteilnehmer auf die Einführung eines neuen Speichermediums Zip drive durch das Technologieunternehmen Iomega genannt werden. Aufgrund der fundamental unbegründeten überhöhten Gewinnerwartungen der Anleger stieg der Kurs der Iomega-Aktie Anfang 1996 von ca. fünf US-Dollar innerhalb von wenigen Monaten um 1.000%.²⁴³ Der Kurs erreichte im Mai 1996 einen Höchststand bei $55\frac{1}{8}$ US-Dollar. Nach der ersten Euphoriewelle setzten sich jedoch sachliche Einschätzungen der Verbreitungschancen des Speichermediums durch, worauf ein Kurseinbruch folgte. Bereits Mitte 1996 lag der Kurs der Iomega-Aktie bei ca. 12 US-Dollar.²⁴⁴ Die Abbildung 13 zeigt den um Aktiensplits bereinigten Kurs von Iomega von 1994 bis 2001.

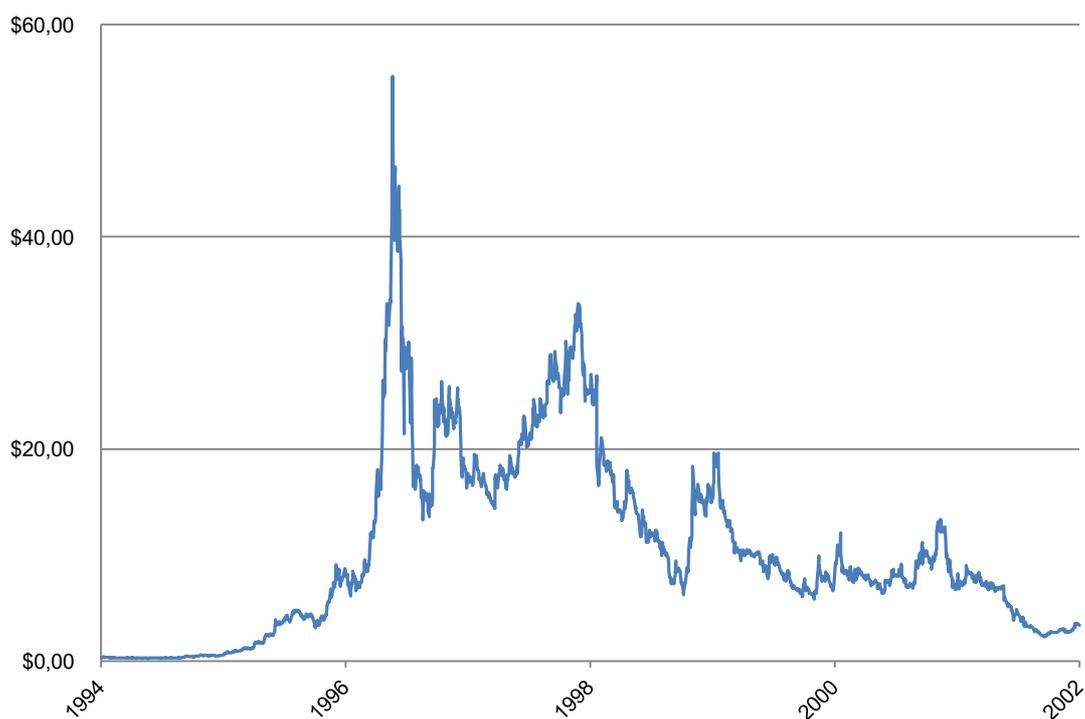


Abbildung 13: Splitbereinigter Aktienschlusskurs von Iomega, US-Dollar, 1994 - 2001²⁴⁵

²⁴³ Vgl. Knight (2014), S. 369.

²⁴⁴ Vgl. Harris (2003), S. 568f.

²⁴⁵ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg. Der Aktienkurs ist um Aktiensplits am 25.11.1994 (5 für 4), 01.02.1996 (3 für 1), 20.05.1996 (2 für 1) und 23.12.1997 (2 für 1) bereinigt.

Ebenfalls kommt es häufig zu kleineren, fundamental unbegründeten Kursbewegungen einzelner Aktien. Alle derartigen kurz- bis mittelfristigen Abweichungen vom inneren Wert werden als *Aktienkursblasen* bezeichnet. Für die Aktienkursblasen ist charakteristisch, dass über eine lange (kurze) Periode ein mit der Zeit zunehmender Kursanstieg (Kursrückgang) beobachtbar ist, welchen man die individuelle Erwartungsbildung der Marktteilnehmer zurückführen kann. Die Marktteilnehmer basieren ihre Erwartungen auf bisherige Kursverläufe und berücksichtigen nur technische Informationen. Anschließend folgt eine Korrektur der überbewerteten (unterbewerteten) Aktie in Richtung des fundamentalen Niveaus, häufig verbunden mit einer Unterbewertungsphase (Überbewertungsphase). Diese Korrektur wird ohne Veränderungen der fundamentalen Daten ausgelöst und hat eine relativ zur Anstiegsphase kurze (lange) Dauer.²⁴⁶

Diese Definition der Aktienkursblasen impliziert ein symmetrisches Verständnis der Dynamik fundamental unbegründeter Bewegungen der Aktienkurse. Eine *positive* Aktienkursblase beinhaltet somit einen Kursanstieg mit einem anschließenden Kursrückgang, eine *negative* Aktienkursblase einen Kursrückgang mit einem anschließenden Kursanstieg. Das Schrifttum verneint aber zum Teil das Auftreten von negativen Blasen,²⁴⁷ zumal keine negativen Aktienkurse möglich sind.²⁴⁸ Somit kann ein Aktienkurs nicht unter einen Kurs fallen, der dem an einer Börse zulässigen Mindestpreis entspricht. Folglich werde die Abweichung vom inneren Wert nach unten beschränkt und das schließe solche negativen Blasen aus.

Die Kritik dieser Sichtweise²⁴⁹ bezieht sich auf die Annahme eines konstanten inneren Wertes. Eine negative Blase kann durchaus bei einer Erhöhung des inneren Wertes und einem gleichzeitig sinkenden oder konstant bleibenden Ak-

²⁴⁶ Vgl. Harris (2003), S. 556f.

²⁴⁷ Vgl. z.B. Diba / Grossmann (1987), West (1988), Flood / Hodrick (1990), Bruns (1994).

²⁴⁸ Eine weitere Argumentation für die Nichtexistenz von negativen Blasen durch Arbitrageüberlegungen, z.B. bei Bruns (1994), S. 27, wird verworfen. Denn mit derselben Argumentation kann auch das Auftreten der positiven Blasen ausgeschlossen werden.

²⁴⁹ Dazu zählen z.B. die Arbeiten von Weil (1990), Köddermann (1993), Allen / Gale (2007), Rombach (2011) und Kindleberger / Aliber (2011).

tienkurs entstehen.²⁵⁰ Daher wird dem symmetrischen Verständnis der Kursdynamik der Blasen der Vorzug gegeben.

Aus der Perspektive der Erwartungsbildung können Aktienkursblasen in rationale und irrationale Preisblasen differenziert werden.²⁵¹ Bei *rationalen* positiven Blasen erkennen die Marktteilnehmer die Risiken der Überbewertung einer Aktie. Sie schätzen jedoch die Chancen höher ein, die ein erwarteter, aber fundamental unbegründeter Kursanstieg bietet, als Risiken eines Verlustes aufgrund einer künftigen Kurskorrektur.²⁵² Dagegen bilden sich *irrationale* Blasen ohne bewusste Wahrnehmung der zunehmenden Abweichung der Aktienkurse von inneren Werten. Dabei werden die Risiken nicht in der Erwartungsbildung berücksichtigt. Sie können somit deutlich höher als bei rationalen Blasen ausfallen.

Die eindeutige Zuordnung historischer Ereignisse zur Form der Blasenbildung ist jedoch schwierig, da die Marktteilnehmer in der Realität nicht über identische Erwartungsbildung verfügen. So kann eine Anlegergruppe bei einem Informationsset die Blasenrisiken erkennen und als rationale Blase betrachten, wobei andere Teilnehmer beim gleichen Informationsset die Risiken unbeachtet lassen und die Bildung einer irrationalen Blase durch ihr Handeln noch verstärken.²⁵³

Die Evidenz von rationalen Blasen deckt eine Schwäche der Annahmen der EMH auf: Der Verzicht auf Berücksichtigung differierender Zeithorizonte bedingt einen hohen Abstraktionsgrad der neoklassischen Kapitalmarkttheorie. Damit verbunden ist die ausbleibende Beachtung der Heterogenität der Informationsverarbeitung bei der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer. Die Existenz von irrationalen Blasen deutet sogar darauf hin, dass die Erwartungen zumindest zeitweise nicht rational gebildet werden.

²⁵⁰ Vgl. Rombach (2011), S. 60 – 63.

²⁵¹ Vgl. Stöttner (1989), S. 156.

²⁵² Vgl. Bruns (1994), S. 27.

²⁵³ Vgl. Rombach (2011), S. 40f.

2.2.3 Eignung der EMH als erklärende Theorie

FAMA wollte in der EMH eine Konzeption zur Messung der Markteffizienz entwickeln. Dadurch kann die Güte eines Kapitalmarktes geschätzt und die darin ablaufenden Marktprozesse erklärt werden. Eine Reihe der Konzepte und Modelle der neoklassischen Kapitalmarkttheorie finden in der EMH ihre Bestätigung. Dazu zählen vor allem die quantitativen Methoden der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer wie die Moderne Portfolio Theorie (MPT)²⁵⁴, das Capital Asset Pricing Model (CAPM)²⁵⁵ und die Arbitrage Pricing Theorie (APT)²⁵⁶ sowie deren Erweiterungen. Ihre formalisierte Darstellung erlaubt eine nachvollziehbare Anwendung bei Anlageentscheidungen und führt zu deren Verbreitung in der Praxis.²⁵⁷

Zur Erzielung von überdurchschnittlichen Renditen werden diese Modelle zusammen mit Werkzeugen der Aktienanalyse eingesetzt. Diese werden in die Fundamentale Analyse und die Markttechnische Analyse unterteilt. Da sie zu divergierenden Ergebnissen der Aktienbewertung führen, existiert keine eindeutige, für alle Marktteilnehmer gültige Entscheidung. Jedoch setzt die EMH die Existenz identischer Bewertung von Informationen voraus.

Die Implikationen der Unstimmigkeiten des EMH-Konzeptes können anhand von Aktienkursverläufen beobachtet werden. So fand z.B. ROLL (1998), dass nur 20% der Veränderungen der Aktienkurse auf die Veränderungen des Fundamentalwertes zurückzuführen sind. FAIR (2002) stellte ebenso fest, dass ein signifikanter Anteil der Kursbewegungen des S&P-500-Indexes ohne Veränderungen des inneren Wertes erfolgte.²⁵⁸ Aus der Existenz der exzessiven Volatili-

²⁵⁴ Vgl. Markowitz (1952).

²⁵⁵ Vgl. Tobin (1958), Sharpe (1964), Lintner (1965a), Lintner (1965b) und Mossin (1966).

²⁵⁶ Vgl. Ross (1976).

²⁵⁷ Die Ergebnisse einer Umfrage der Duke University unter Finanzvorständen in den USA aus 1999 zeigen, dass 73,5% der Befragten CAPM in ihre Entscheidungen einbeziehen. Vgl. Graham / Harvey (2001). Eine weitere Umfrage unter den europäischen Finanzvorständen aus 2001 kommt mit 77% zu einem ähnlichen Ergebnis. Vgl. Mandelbrot (2004).

²⁵⁸ Zwar kann argumentiert werden, dass die kursändernden Verkäufe auch aufgrund individueller Bedürfnisse der Marktteilnehmer (z.B. aus Geldnot) stattfinden. Die Aussagekraft der Ergebnisse solcher Studien wäre aber dann eingeschränkt. Jedoch können solche Verkäufe laut der EMH nicht zu langfristigen Kursveränderungen führen, da auf dem Markt stets unbegrenzte Arbitragemöglichkeiten existieren.

tät und der irrationalen Blasen folgen die systematischen und die temporären Über- und Unterbewertungen von Aktien. Daher kann das Auftreten von rationalen Blasen nicht mittels der EMH erklärt werden. Die den Marktteilnehmern zur Verfügung stehenden Informationen werden nicht effizient ausgewertet, trotz Aggregation unterschiedlicher Bewertungen in den Aktienkursen.

Die wesentlichen Kritikpunkte der EMH betreffen die Annahme der Rationalität der auf dem Markt agierenden Teilnehmer. Innerhalb des theoretischen Konstruktes der EMH kann diese Problematik nicht gelöst werden. Vielmehr müssen Ansätze betrachtet werden, die auf die Rationalitätsannahme verzichten oder sie zumindest abschwächen. Zudem zeigt sich die Notwendigkeit, die Anlagehorizonte der Marktteilnehmer bei der theoretischen Betrachtung ihrer Handlungen einzubeziehen.

3 Preisbildung und Behavioral Finance

3.1 Beschränkte Rationalität und Behavioral Finance

3.1.1 Rationalität auf der Mikro- und Makroebene

Die Annahme des rationalen Verhaltens der Marktteilnehmer wird in der EMH durch zwei wesentliche Aspekte begründet. FAMA geht von Handelsentscheidungen entsprechend der Erwartungsnutzentheorie von MORGENSTERN / VON NEUMANN (1947) und der darauf aufbauenden Theorie der rationalen Erwartungen von MUTH (1961) aus. Diese Vorgehensweise erlaubt ihm, einen vollkommenen Aktienmarkt zu modellieren, der hinsichtlich des Verhaltens der Marktteilnehmer im Wesentlichen durch die drei folgenden Eigenschaften beschrieben werden kann:²⁵⁹

1. Alle Marktteilnehmer handeln rational. Zur Bestimmung des fundamentalen Wertes einer Aktie werden alle Informationen ausgewertet. Bei vorliegender Über- / Unterbewertung der Aktie gleichen die Marktteilnehmer die Abweichungen durch entsprechende Transaktionen aus.
2. Einzelne Marktteilnehmer handeln irrational. Ihre unkorrelierten Fehlbewertungen einer Aktie gleichen sich jedoch aus. Die aggregierte Informationsverarbeitung der irrationalen Marktakteure nimmt daher keinen Einfluss auf den Aktienkurs.
3. Unbeschränkte Arbitragemöglichkeiten sind stets vorhanden. Kurzfristige Fehlbewertungen einer Aktie werden durch die Transaktionen der rationalen Marktteilnehmer mit unbegrenzten Liquiditätsressourcen ausgeglichen. Somit wird sogar der Einfluss systematischer Fehlbewertungen irrationaler Marktakteure durch Arbitrage-Transaktionen neutralisiert.

Das diesen Eigenschaften zugrundeliegende Verständnis der Rationalität folgt dem Prinzip der rationalen Erwartungsbildung:

²⁵⁹ Vgl. Rau (2010), S. 334f.

„... expectations, since they are informed predictions of future events, are essentially the same as the predictions of the relevant economic theory. At the risk of confusing this purely descriptive hypothesis with a pronouncement as to what firms ought to do, we call such expectations ‚rational‘.“²⁶⁰

Diese Hypothese wird durch die Ansicht begründet, dass in einer Ökonomie mit nutzenmaximierenden Marktakteuren keine relevanten ökonomischen Informationen verloren gehen. Folglich werden die Erwartungen der Marktteilnehmer mit Prognosen auf Basis ökonomischer Theorie, die aktuell und korrekt ist, im Durchschnitt übereinstimmen.²⁶¹ Für die Erwartungsbildung reicht das Wissen über die aktuellen sowie idealen Zustände und Preise aus. Die Kenntnis ökonomischer Modelle ist für die Marktakteure jedoch nicht notwendig.²⁶²

Die subjektiven Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Marktteilnehmer über den Eintritt exogener oder endogener Einflussgrößen müssen tendenziell der theoretischen, objektiven Wahrscheinlichkeitsverteilung entsprechen. Die individuellen Erwartungen der Marktakteure müssen dementsprechend nicht zwangsläufig korrekt und für alle identisch sein. Die Aggregation der Informationen durch den Aktienhandel zu einem rationalen Ergebnis steht folglich im Mittelpunkt der Theorie der rationalen Erwartungen. Das Verhalten einzelner Marktteilnehmer ist für die Analyse der Aktienmärkte irrelevant.²⁶³

Mit der stärkeren Feststellung der praktischen und theoretischen Schwächen der EMH verschiebt sich der Schwerpunkt der Aktienmarktforschung auf das Verhalten der Marktteilnehmer im Prozess der Erwartungsbildung. Die in der EMH verwendete binäre Annahme der Rationalität der Marktakteure, rational oder irrational, ist in diesem Zusammenhang nicht mehr haltbar. Vielmehr muss eine Abstufung der Rationalität eingeführt und Marktgeschehen unter der beschränkten Rationalität der Marktteilnehmer analysiert werden.

²⁶⁰ Muth (1961), S. 316.

²⁶¹ Vgl. Muth (1961), S. 315.

²⁶² Vgl. Tyrell (2003), S. 23.

²⁶³ Vgl. Wittmann (1985), S. 34.

Die Begründung liegt primär in der Evidenz der Eigenschaften der Informationsverarbeitung der einzelnen Marktteilnehmer unter Berücksichtigung der komplexen Zusammenhänge der modernen Aktienmärkte.²⁶⁴

- Umfang der Informationsmenge durch sämtliche Medienkanäle,
- Vielfalt der verfügbaren Alternativen,
- wenige und schwache Informationssignale zum Treffen von schnellen Entscheidungen,
- Unsicherheit im Bezug auf erwartete Renditen und Risiken.

Hinzu kommt die wechselseitige Beeinflussung der Marktakteure durch die Transaktionen sowie parallele und fortlaufende Abwägungen mit den unter Unsicherheit getroffenen Entscheidungen aus anderen Lebensbereichen.²⁶⁵ Um die Informationsflut zu beherrschen, wird es auf komplexe Denkprozesse bei der Informationsauswertung verzichtet. Die Marktteilnehmer nutzen vielmehr einfache Entscheidungsmuster, sogenannte *Heuristiken*.

Die Heuristiken erlauben Individuen durch Verarbeitung einer begrenzten Informationsmenge Entscheidungen zu treffen. Die Verkürzung der Entscheidungswege auf der kognitiven Ebene gibt dem Marktteilnehmer die Möglichkeit, in komplexen, wirtschaftlichen Situationen subjektiv zufriedenstellende Lösungen zu finden. Einerseits sind die Heuristiken aus individueller Sicht ein Teil der persönlichen Rationalität der Marktakteure, der mit Kosten der Informationsbeschaffung verbunden ist. Andererseits stellen sie im Rahmen der neoklassischen Kapitalmarkttheorie eine Begrenzung der Rationalität dar, die sich im Wert der Informationen widerspiegelt. Daher können die Heuristiken nicht a priori als irrational betrachtet werden.²⁶⁶

In Abhängigkeit von der Perspektive und den Intentionen des Entscheiders wird individuelles Verhalten in der Theorie in Formen der Rationalitäten differen-

²⁶⁴ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 78.

²⁶⁵ Vgl. The Royal Swedish Academy of Sciences (2002), S. 11.

²⁶⁶ Vgl. Heuser (2008), S. 53f.

ziert.²⁶⁷ Eine in der Literatur weit verbreitete Auffassung der begrenzten Rationalität liefert SIMON (1955) mit folgender Begriffsabgrenzung:²⁶⁸

- *Objektive Rationalität*: die Entscheidung reflektiert die Maximierung der gegebenen Werte in einer gegebenen Situation.
- *Subjektive Rationalität*: die Entscheidung reflektiert die Maximierung der Zielerreichung, unter Verarbeitung des aktuellen Wissens eines Individuums.
- *Bewusste Rationalität*: die Entscheidung wird getroffen bei bewusster Optimierung der Ressourcen zur Zielerreichung.
- *Überlegte Rationalität*: die Entscheidung wird getroffen bei der überlegten Optimierung der Ressourcen zur Zielerreichung.
- *Individuelle Rationalität*: die Entscheidung reflektiert die individuellen Zielsetzungen und Informationen des Entscheiders.

Das menschliche Verhalten neigt nach SIMON zur tatsächlichen Nutzenmaximierung und damit nicht zur objektiven Rationalität. Für die Individuen reicht es in den meisten Fällen aus, eine begrenzt rationale, für sie jedoch zufriedenstellende Entscheidung zu treffen. Diese systematische Abweichung von Prämissen der Erwartungsnutzentheorie führt zur Übertragung der von den Menschen getroffenen, begrenzt rationalen Entscheidungen auf die tatsächlichen Preisbildungsmechanismen der Aktienmärkte und somit von der Mikro- auf die Makroebene des Marktes. Die Aufhebung der Annahme der Rationalität im Sinne der EMH ist notwendig, um das Verhalten der handelnden Individuen und Gruppen in die theoretische Marktbeschreibung als Einflussfaktor auf die Preisbildung einzuführen.²⁶⁹

Die EMH unterstellt entsprechend dem Grundgedanken von FRIEDMAN (1953) den Ausgleich der systematischen Fehler durch die rational handelnden Teilnehmer. Dieses Prinzip der unbegrenzten Arbitrage erlaubt die individuellen Fehlinterpretationen von Marktinformationen zu vernachlässigen und Marktteil-

²⁶⁷ Vgl. z.B. Neuberger (1984), Gigirenzer (2007).

²⁶⁸ Vgl. Simon (1955), S. 54.

²⁶⁹ Vgl. Roßbach (2001), S. 16 – 20.

nehmer auf der Gesamtmarktebene als rational zu betrachten. In der Realität unterliegen aber die Arbitragemöglichkeiten einer Begrenzung, die vor allem durch Risiko- und Kostenaspekte bei Informationsbeschaffung und -verarbeitung begründet ist.²⁷⁰ Dann ist das „rationale Modell“ unvollständig und muss um weitere Kosten und Unsicherheit ergänzt werden.

Das Risiko der Arbitrage wird in der Literatur in fundamentales Risiko, Noise-Trader-Risiko und Zeitrisiko unterteilt:

1. Unter dem fundamentalen Risiko wird die Möglichkeit verstanden, dass eine Fehlinterpretation der Informationen in den Aktienkursen durch das Eintreffen von neuen Informationen verstärkt wird. So ist ein Arbitrageur einem Risiko ausgesetzt, trotz einer korrekten Bewertung von Informationen Verluste zu tragen.²⁷¹
2. Das Noise-Trader-Risiko entsteht aufgrund der Unvorhersehbarkeit und Zufälligkeit der Entscheidungen von nicht rational handelnden Marktakteuren. In diesem Fall kann ein Arbitrageur auch ohne Ankunft von neuen Informationen einen Verlust erleiden, wenn die ökonomisch unbegründeten Kursabweichungen zum inneren Wert verstärkt werden.²⁷²
3. Das Zeitrisiko berücksichtigt unterschiedliche Anlagehorizonte der Marktteilnehmer. So kann eine von einem Arbitrageur erkannte Fehlbewertung innerhalb eines Aktienkurses ignoriert werden, da eine zuverlässige Abschätzung des Zeitpunktes der Kurskorrektur nicht möglich und somit die Anlagedauer unbekannt ist. Da eine umfassende fundamentale Bewertung einer Aktie einen intensiven Einsatz von Ressourcen erfordert, vermeiden viele Anleger eine Arbitragestrategie wegen der Gefahr eines Zeitrisikos.²⁷³

Neben den mit Arbitragestrategien verbundenen Risiken setzen die Transaktionskosten Grenzen der Korrektur der Fehlbewertungen durch rationale Markt-

²⁷⁰ Vgl. Herschberg (2012), S. 9f. Zu den Grenzen der Arbitrage auf Aktienmärkten vgl. die grundlegenden Arbeiten von Shleifer / Vishny (1997) und Thaler / Barberis (2002).

²⁷¹ Vgl. De Long et al. (1990), S. 704f.

²⁷² Vgl. De Long et al. (1990), S. 706f.

²⁷³ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 101f.

akteure. Durch die Existenz des Bid-Ask-Spreads, Marktplatzgebühren und sonstige Transaktionskosten werden die Vorteile der Arbitrage eliminiert. Auch die für die Korrektur der Unterbewertung einer Aktie im Sinne eines Leerverkaufs notwendige Leihe eines Wertpapiers ist mit Kosten behaftet. Dies schränkt die Möglichkeiten der Arbitrage durch Leerverkäufe ein. Ohnehin sind Leerverkäufe aufgrund von gesetzlichen Bestimmungen sogar für viele professionelle Marktteilnehmer ein unzugängliches Instrument.²⁷⁴

Auch die Existenz von rationalen Blasen deutet darauf hin, dass Marktakteure häufig nicht daran interessiert sind, Fehlbewertungen zu korrigieren. Vielmehr ermöglicht eine Verstärkung der Fehlbewertung, einen größeren Gewinn zu erzielen, weil die Differenz zwischen aktuellem und fundamentalem Wert ausgedehnt wird.²⁷⁵

Insgesamt ist die Arbitrage zwar ein wirksames Konstrukt, um Fehlbewertungen zu eliminieren. In der Praxis unterliegt sie jedoch einer Reihe von Einschränkungen. Folglich werden auf der Ebene des Gesamtmarktes nicht alle irrationalen Bewertungen der Marktteilnehmer durch den Handel der rationalen Arbitrageure kompensiert.

3.1.2 Grundthesen der Behavioral Finance

Auf Grundlage der Konzepte beschränkter Rationalität und begrenzter Arbitrage entstand eine Reihe von Markttheorien und -hypothesen, die in der Literatur dem Begriff Behavioral Finance zugeordnet werden. Dabei handelt es sich um eine Ansammlung verschiedener Erklärungsansätze der partiellen Marktzustände oder -segmente, die eine Abweichung gegenüber dem von der EMH unterstellten rationalen Verhalten der Marktteilnehmer aufweisen.²⁷⁶ Somit ist Behavioral Finance keine in sich geschlossene und marktweite Theorie, sondern fasst als Theorienzweig psychologische und soziale Aspekte der Informati-

²⁷⁴ Vgl. Kaizoji / Sornette (2010), S. 219.

²⁷⁵ Diese Vorgehensweise wurde in mehreren empirischen Arbeiten bestätigt. Vgl. dazu z.B. Griffin et al. (2003) und Brunnermeier / Nagel (2004).

²⁷⁶ Eine umfassende Übersicht der Ansätze der Behavioral Finance findet sich bei Prosad / Kapoor / Sengupta (2015), S. 12f.

onswahrnehmung und -verarbeitung sowie der Investitionsentscheidung von Individuen zusammen.²⁷⁷ Nach SEWELL (2010) wird *Behavioral Finance* wie folgt definiert:

„Behavioral finance is the study of the influence of psychology on the behaviour of financial practitioners and the subsequent effect on markets.“²⁷⁸

Die Annahme der begrenzten Rationalität ist nicht das einzige Unterscheidungskriterium der Behavioral Finance gegenüber der EMH. Aus dieser Annahme folgt jedoch der Verzicht auf die Homogenität der Präferenzen der Marktakteure. Obwohl auch in Behavioral Finance ein Muster der Nutzen- und Wertefunktionen der Marktteilnehmer unterstellt wird, werden ihre individuellen Bedürfnisse und Zeithorizonte in Vordergrund gestellt und mit der Annahme einer asymmetrischen Informationsverteilung verbunden. Sie stellt eine weitere Abgrenzung zur EMH dar und reflektiert die ungleichmäßige Verteilung der Informationen zwischen den Marktakteuren.²⁷⁹ Eine Gegenüberstellung der Kriterien der EMH und Behavioral Finance ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Ein Grund dafür, dass es sich kein einheitliches Modell der Behavioral Finance durchsetzen konnte, ist die Aufgabe der Annahme der Unabhängigkeit der Aktienkursveränderungen. Wird in der EMH noch die Normalverteilung der Aktienkurse und somit die Random-Walk-Hypothese angenommen, sind die Verteilungsfunktionen in der Behavioral Finance sowohl vom individuellen als auch vom kollektiven Verhalten der Marktakteure abhängig. Je nach Blickwinkel und Aufgabenstellung eines Modells bzw. einer Untersuchung kommen somit vielfältige Verteilungsfunktionen in Frage. Sie schließen sich allerdings nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen einander und unterstreichen den deskriptiven Charakter der Behavioral Finance.²⁸⁰

²⁷⁷ Vgl. Holtrup (2006), S. 22f.

²⁷⁸ Sewell (2010), S. 1.

²⁷⁹ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 87.

²⁸⁰ Vgl. Prosad / Kapoor / Sengupta (2015), S. 9.

<i>Kriterium</i>	<i>EMH</i>	<i>Behavioral Finance</i>
<i>Zielsetzung</i>	Normative Theorie mit Gleichgewichtskriterien des Aktienmarktes	Theoriebündel deskriptiver Ansätze zur Erklärung partieller Marktzustände und individueller Verhaltensweise
<i>Charakteristika der Marktteilnehmer</i>	Unbegrenzt rationale Anleger mit homogenen Erwartungen und Präferenzen	Begrenzt rationale Anleger mit heterogenen Erwartungen und Präferenzen
<i>Grundlage der Erwartungsbildung</i>	Erwartungsnutzentheorie und Theorie rationaler Erwartungen	Prospect Theory, kognitive und emotionale Heuristiken
<i>Informationsverbreitung</i>	Vollständige, unmittelbare und kostenlose Verbreitung von Informationen	Unvollständige Informationsverbreitung, Informationsasymmetrien und zeitliche Differenzen
<i>Statistische Eigenschaften der Aktienkurse</i>	Normalverteilung der Aktienkurse auf Basis der Random-Walk-Hypothese	Serielle Korrelation der Aktienkurse
<i>Fehlbewertung der Aktienkurse</i>	Nicht möglich aufgrund unbegrenzter Arbitrage	Möglich aufgrund begrenzter Arbitrage

Tabelle 1: Gegenüberstellung von EMH und Behavioral Finance²⁸¹

Die Ausgangsbasis der Behavioral Finance bildet die Prospect Theory von KAHNEMAN / TVERSKY (1979) und KAHNEMAN / TVERSKY (1992). Die *Prospect Theory* beschreibt das Verhalten der Anleger hinsichtlich ihrer individuellen Risikopräferenzen und -wahrnehmung bei der Entscheidungsfindung und beschreibt folgende Effekte:

- Sicherheitseffekt,
- Isolationseffekt,
- Verlustaversion in Kombination mit Ankerheuristik,
- Effekt der Gewichtungsfunktion.

Der *Sicherheitseffekt* zeigt, dass Marktakteure die Bewertung der Ergebnisse im Gegensatz zu EMH systematisch in Abhängigkeit von deren Eintrittswahrscheinlichkeit vornehmen. Das zugrundeliegende psychologische Prinzip besagt, dass die Marktteilnehmer sichere Ergebnisse im Vergleich zu wahrschein-

²⁸¹ Eigene Darstellung.

lichen Ergebnissen überbewerten. Ein niedrigerer sicherer Gewinn wird einem höheren, nur wahrscheinlichen Gewinn vorgezogen. Umgekehrt wird ein wahrscheinlicher, aber höherer Verlust in Kauf genommen, anstatt einen geringeren, aber sicheren Verlust zu realisieren.²⁸²

Beim *Isolationseffekt* wird einem Anleger unterstellt, dass die Bewertung der Alternativen nur anhand der für Entscheider klar definierbaren Abgrenzungsmerkmale vorgenommen wird. Zur Vereinfachung werden die gemeinsamen Merkmale der Alternativen außer Acht gelassen. Die Festlegung der Abgrenzungsmerkmale kann allerdings zur Bildung subjektiver Präferenzen führen. So können gemeinsame Merkmale, die komplex zu isolieren sind, unberücksichtigt bleiben. Dadurch wird eine rationale Entscheidung beeinträchtigt.²⁸³

Für die Beschreibung der *Verlustaversion in Kombination mit Ankerheuristik* stellen KAHNEMAN / TVERSKY (1979) die Hypothese auf, dass anstatt des Wohlstands als absolute Größe relative Veränderungen und Unterschiede des Wohlstands von einem Entscheider als zusätzlicher Nutzen wahrgenommen werden. Dieser Gedanke wird in der Form einer Wert-Funktion formalisiert, die den Nutzen in Abhängigkeit von einer Wertveränderung darstellt (vgl. Abbildung 14). Der Ursprung einer Wert-Funktion bildet den Referenzpunkt der Betrachtung, relativer Gewinn bzw. relativer Verlust wird als positive bzw. negative Entwicklung widergespiegelt. Eine zusätzliche Einheit Gewinn wird mit abnehmendem Wertzuwachs des Nutzens wahrgenommen. Dagegen wird eine zusätzliche Einheit Verlust mit abnehmendem Wertverlust des Nutzens verbunden. Entsprechend ist der Verlauf der Wert-Funktion konkav bei Gewinnen und konvex bei Verlusten. Somit weist der Marktteilnehmer ein risikoscheues Verhalten im Gewinnbereich und ein risikofreudiges Verhalten im Verlustbereich auf: Relative Gewinne könnten aus seiner Sicht wieder verloren gehen, relative Verluste könnten durch eine Werterholung ausgeglichen werden.²⁸⁴

²⁸² Vgl. Bloss et al. (2009), S. 73f.

²⁸³ Vgl. Kahneman / Tversky (1979), S. 271 – 273.

²⁸⁴ Vgl. Kahneman / Tversky (2000), S. 2 – 4.

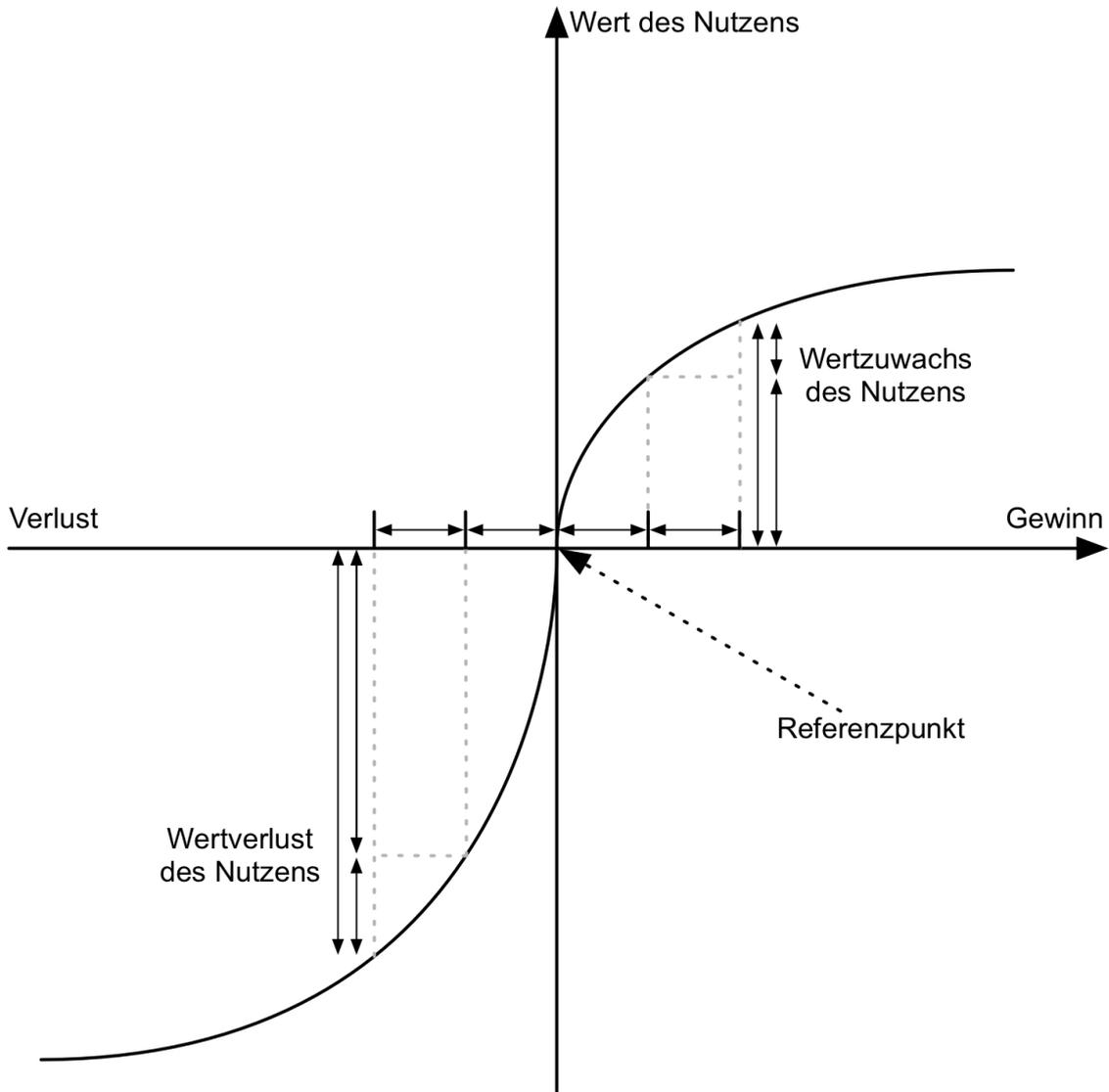


Abbildung 14: Wert-Funktion nach KAHNEMAN / TVERSKY (1979)²⁸⁵

Zudem reagieren Entscheider sensibler auf eine zusätzliche Einheit Verlust als auf eine zusätzliche Einheit Gewinn, womit der Verlauf der Funktion bei Verlusten relativ steiler wird. Der Gewinn von 1 € wird in einem negativen Nutzen für den Marktakteur resultieren, wenn es zuvor einen Verlust von 1 € gegeben hat. Dieses Verhalten ist ursächlich auf die kognitiven Dissonanzen der Marktteilnehmer bei der Wahrnehmung von Gewinnen und Verlusten zurückzuführen und reflektiert deren Verlustaversion.²⁸⁶

²⁸⁵ In Anlehnung an Kahneman / Tversky (1979), S. 279.

²⁸⁶ Vgl. Baker / Nofsinger (2010), S. 201.

Die Festlegung des individuellen Referenzpunktes ist dafür entscheidend, ob die Wertentwicklung zum Bewertungszeitpunkt als relativer Gewinn oder relativer Verlust eingestuft wird. Die Ankerheuristik bedeutet die ständige Neubewertung der Alternativen, ohne Berücksichtigung der ursprünglichen Werte. Sie führt dazu, dass der Referenzpunkt bei zunehmendem Abstand zum aktuellen Wert mit abnehmender Sensitivität wahrgenommen wird. Die Marktteilnehmer tendieren dazu, einen neuen Referenzpunkt zu setzen, der häufig mit dem Wendepunkt der Wertverläufe übereinstimmt.²⁸⁷

Der ursprüngliche Verlauf der Wertefunktion wird durch den *Effekt der Gewichtungsfunktion* der Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ereignisse beeinflusst. Durch die psychologische Neigung der Entscheider werden die objektiven Eintrittswahrscheinlichkeiten bei der Bewertung über- bzw. unterschätzt. Die Ereignisse mit einer extrem niedrigen Eintrittswahrscheinlichkeit werden dabei überbewertet, wogegen die Ereignisse mit einer mittleren bis höheren Eintrittswahrscheinlichkeit unterbewertet werden. Werden die geringen Wahrscheinlichkeiten überschätzt, kann dies zu einer Umkehr der Werte-Funktion führen: Der Marktteilnehmer verhält sich im Verlustbereich risikofreudig und im Gewinnbereich risikofreudig.²⁸⁸

Die Prospect Theory beleuchtet die Verhaltensaspekte der Marktteilnehmer, liefert jedoch nur eingeschränkt eine Erklärung für die zu diesem Verhalten führenden Prozesse der Entscheidungsfindung. KAHNEMAN / TVERSKY (1979) fußen die Prospect Theory auf die Beschreibung der Heuristiken in KAHNEMAN / TVERSKY (1974). In weiteren Studien wird das Spektrum der relevanten Heuristiken im Informations- und Entscheidungsfindungsprozess erweitert.²⁸⁹ Beispielsweise unterscheiden DAXHAMMER / FACSAR (2012) mehr als zwanzig grundlegende Heuristiken, die teilweise in Unterkategorien unterteilt werden und deren Wirkungen sich gegenseitig beeinflussen.

²⁸⁷ Vgl. Beck (2014), S. 129.

²⁸⁸ Vgl. Kahneman / Tversky (1992), S. 312f.

²⁸⁹ Vgl. Ricciardi (2008), S. 97.

Die Erforschung von Heuristiken begrenzte sich zunächst auf die Vereinfachung der Aufgabenkomplexität. Um eine große und heterogene Informationsmenge wahrzunehmen und zu verarbeiten, strebt der Mensch eine Komplexitätsreduktion an, da er nicht in der Lage ist, seine kognitiven Fähigkeiten unbegrenzt zu steigern.²⁹⁰ Dementsprechend können Heuristiken kognitiven Ursprungs durch die Bereitstellung technischer Hilfsmittel und eine damit verbesserte Informationslage verringert werden.²⁹¹

In späteren Studien wurden neben den kognitiven Fähigkeiten des Menschen die emotionalen Aspekte der Entscheidungsfindung untersucht. Die Heuristiken emotionalen Ursprungs basieren auf festverankerten Assoziationen bestimmter Muster mit Gefühlen. Dieser Automatismus führt dazu, dass Menschen zu vorliegenden Informationen widersprüchliche Entscheidungen treffen können, die ausschließlich durch ihre Gefühle begründet sind.²⁹² Im Gegensatz zu Heuristiken kognitiven Ursprungs können Auswirkungen der Heuristiken emotionalen Ursprungs nicht durch eine verbesserte Informationslage verringert werden.²⁹³

Neben der Unterscheidung zwischen Heuristiken emotionalen und kognitiven Ursprungs lassen sich Heuristiken Phasen des Informations- und Entscheidungsprozesses zuordnen, um den Einfluss auf die Entscheidung detaillierter zu analysieren.²⁹⁴ Der Informations- und Entscheidungsfindungsprozess wird seriell durchgeführt und kann in drei Phasen gegliedert werden:

Zuerst werden Informationen durch den Entscheider auf Relevanz für die Entscheidungsfindung geprüft und selektiert. In dieser Phase der *Informationswahrnehmung* wird ein Abbild der Realität erstellt. Hier dominieren auf der individuellen Ebene Heuristiken kognitiven Ursprungs und auf der kollektiven Ebene Heuristiken emotionalen Ursprungs. Beide Typen führen zu einer selektiven

²⁹⁰ Vgl. Güttler (2003), S. 85.

²⁹¹ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 194.

²⁹² Vgl. Stürmer / Schmidt (2014), S. 18f.

²⁹³ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 194.

²⁹⁴ Der Prozess der Information- und Entscheidungsfindung ist nicht mit den Teilprozessen der Informationsphase des Aktienhandelsprozesses zu verwechseln. Der Prozess der Informations- und Entscheidungsfindung findet sowohl in der Informationsphase zur Selektion der Wertpapiere als auch in der Orderroutingphase zur Festlegung der Orderparameter statt.

und verzerrten Aufnahme von verfügbaren Informationen. Durch die Verwendung der Heuristiken kommt es in dieser Phase zu systematischen Fehleinschätzungen (Biases) der Informationen und Eintrittswahrscheinlichkeiten.²⁹⁵

Anschließend werden die ausgewählten Informationen verarbeitet. In dieser Phase der *Informationsverarbeitung* werden die neuen Informationen kompatibel und vergleichbar zum Wissen des Entscheiders umgeformt. Auch in dieser Phase dominieren Heuristiken kognitiven Ursprungs: Die Informationen werden verzerrt verarbeitet und spiegeln teilweise persönliches Wissen und Neigungen wider statt objektiver Fakten. Neben den bereits in der ersten Phase auftretenden Fehleinschätzungen von Informationen und Wahrscheinlichkeiten wird auch die Einschätzung der objektiven Realität und der eigenen Fähigkeiten des Entscheiders beeinträchtigt.²⁹⁶

Abschließend wird auf Basis der wahrgenommenen und der verarbeiteten Informationen eine Entscheidung getroffen. Die Phase der *Entscheidungsfindung* prägt das Verhalten der Marktteilnehmer und bildet den Rahmen für die Prospect Theory. Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Phasen überwiegen hier Heuristiken emotionalen Ursprungs, es treten aber auch Heuristiken kognitiven Ursprungs auf. Selbst bei objektiv-rational ausgewählten und verarbeitenden Informationen werden aufgrund der in der Entscheidungsfindungsphase eingesetzten Heuristiken systematisch falsche Schlussfolgerungen gezogen. Die Heuristiken emotionalen Ursprungs verursachen Fehleinschätzungen der objektiven Realität. Daneben führen sie zusammen mit Heuristiken kognitiven Ursprungs zur Fehleinschätzung der eigenen Fähigkeiten.²⁹⁷

²⁹⁵ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 196.

²⁹⁶ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 224.

²⁹⁷ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 250f.

3.2 Behavioral Finance und Aspekte der Marktmikrostruktur

3.2.1 Behavioral Finance und Methoden der Erwartungsbildung

Die Behavioral Finance stellt als Bündel aus unterschiedlichen Ansätzen nicht nur den theoretischen Rahmen der interdisziplinären Betrachtung der Aktienmärkte dar, sondern bietet auch methodische Konzepte für die Ableitung individueller Anlegerentscheidungen.²⁹⁸ Dementsprechend wird Behavioral Finance in der Literatur neben den etablierten Methoden der Fundamentalen Analyse und der Markttechnischen Analyse als alternatives Konzept der Erwartungsbildung der Marktteilnehmer genannt.²⁹⁹

Diese Herangehensweise spiegelt jedoch nicht die Intensität der Verwendung einzelner Analysekonzepte in der Praxis des Aktienhandels wider, denn trotz der Weiterentwicklung der Behavioral Finance wird sie nur marginal operationalisiert und findet wenig Beachtung bei institutionellen Anlegern. Die Ursache hierfür liegt im Fehlen von eindeutig identifizierbaren Handlungssignalen. Folglich existieren keine praxisnahen verhaltensbasierten Handelsstrategien. Wegen der unzureichenden Formalisierung der Behavioral Finance sind diese auch nur mit erheblichen Aufwand zu entwickeln. Vielmehr kann Behavioral Finance als neuartiger Bestandteil der Markttechnischen Analyse angesehen werden, da ihre Grundlagen auf der Beobachtung des Marktgeschehens beruhen.³⁰⁰

Andererseits liefert die Behavioral Finance Ansätze zur Erklärung der systematischen Fehlbewertungen, die bei der Anwendung der Fundamentalen Analyse und der Markttechnischen Analyse entstehen. Die Tatsache der Verbreitung dieser Analysemethoden in der Praxis ist nur begrenzt mit den Postulaten der EMH konform. Im Gegensatz dazu sind die theoretischen Aspekte der Behavio-

²⁹⁸ Vgl. z.B. Kaufman (2013), S. 617 – 683.

²⁹⁹ Vgl. z.B. Holtfort (2013), S. 57f.

³⁰⁰ Vgl. Heese / Riedel (2016), S. 67f.

ral Finance widerspruchsfrei mit der Verwendung der Analysemethoden in der Realität.³⁰¹

Die Anwendung der Fundamentalen Analyse beinhaltet aus Sicht der Behavioral Finance mehrere Quellen für Fehlbewertungen entlang des Informations- und Entscheidungsprozesses. Die Erfüllung von komplexen Aufgaben der Fundamentalen Analyse durch beschränkt-rational handelnde Marktteilnehmer erfordert die Verwendung von Heuristiken kognitiven Ursprungs. So müssen aus der Vielzahl der fundamentalen Informationen die für das betreffende Wertpapier relevanten Informationen identifiziert und herausgefiltert werden. Dieser Prozess ist bei allen denkbaren Objektivierungs- und Formalisierungsversuchen des Entscheiders direkt mit seinen persönlichen Präferenzen behaftet. Durch seine unbewusst angewandten Heuristiken primär kognitiven, aber auch emotionalen Ursprungs fließen systematische Fehler in den Analyseprozess ein.³⁰²

Der Umfang der Informationsselektion hängt im Wesentlichen von den Kapazitäten, die dem Entscheider in der Informationsverarbeitungsphase zur Verfügung stehen. Ungeachtet der zunehmenden Automatisierung dieser Phase spielen hier kognitive Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit eine wichtige Rolle. Denn die Modelle der Informationsverarbeitung werden weiterhin von Menschen entwickelt und stellen somit einen Engpass zur Steigerung sowohl des Komplexitätsniveaus als auch des Umfangs der zu verarbeitenden Informationen. Die Verarbeitung qualitativen Daten ist unausweichlich mit Heuristiken emotionalen Ursprungs verbunden. Somit kann ein vermeintlicher Vorteil dieser Analysemethode, die Fokussierung auf fundamentale Daten, als eine weitere Quelle von Fehlbewertungen identifiziert werden.³⁰³

In der Entscheidungsphase liefert die Fundamentale Analyse relativ eindeutige Handelssignale, da der geschätzte innere Wert einer Aktie direkt mit dem aktuellen Kurs verglichen werden kann. Dennoch werten Marktteilnehmer ihre Analyseergebnisse nicht objektiv-rational, sondern anhand ihrer emotionalen Präfe-

³⁰¹ Vgl. Hackl (2013), S. 132 – 134.

³⁰² Vgl. Shefrin (2000), S. 29.

³⁰³ Vgl. Hackl (2013), S. 134.

renzen. Obwohl die Anwender der Fundamentalen Analyse bewusst objektiv-rationale Entscheidungen anstreben, können Heuristiken emotionalen Ursprungs nicht vollständig eliminiert werden: Sie empfinden es z.B. als Selbstbestätigung, wenn die Ergebnisse der aktuellen Analyse mit ihren vorherigen Handlungen übereinstimmen. Falls jedoch Widersprüche auftreten, wird die Bedeutung der Analyse zur Beseitigung der kognitiven Dissonanz herabgestuft. Zudem neigen Menschen auf Basis von fundamentalen Informationen nicht existierende Wenn-Dann Beziehungen (Rationalisierung) aufzubauen, auch wenn solche nicht existieren.³⁰⁴

Obwohl die Behavioral Finance sich als selbstständige Forschungsrichtung entwickelte, steht ihre Herangehensweise hinsichtlich der Preisbildungsmechanismen auf dem Aktienmarkt im unmittelbaren Zusammenhang mit Methoden der Markttechnischen Analyse. Die beiden Fachgebiete verbindet die Zielsetzung, partielle Marktzustände mit Hilfe der im Markt implizierten (endogenen) Informationen zu erklären. Dabei werden massenpsychologische Aspekte des Marktes analysiert und daraus Handelsalternativen abgeleitet. Beide Ansätze haben aber einen abweichenden Blickwinkel auf den Markt: Während Behavioral Finance sich auf Fehleinschätzungen der einzelnen Marktteilnehmer fokussiert und daraus auf das Gesamtmarktverhalten schließt, betrachtet Markttechnische Analyse das Gesamtmarktgeschehen als gegeben, ohne zwingende theoretische Gründe für unterschiedliche Marktsituationen zu liefern.³⁰⁵

Bedingt durch den jeweiligen Blickwinkel sind ihre Stärken und Schwächen entgegengerichtet. Die Methoden der Markttechnischen Analyse liefern dem Anwender relativ einfache praktische Werkzeuge für die Erstellung von Marktprognosen. Sie sind zu einem relativ hohen Grad formalisiert und praxisnah ausgerichtet. Als problematisch erweist sich jedoch ihre wissenschaftlich-theoretische Begründung. Genau dort liegen allerdings die Stärken der Behavioral Finance, die ursprünglich auf Basis der soziopsychologischen Eigenschaften menschlichen Verhaltens entwickelt wurde. Einerseits erlaubt die Betrachtung der Entscheidungsfindung der einzelnen Marktteilnehmer und somit der

³⁰⁴ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 58.

³⁰⁵ Vgl. Hackl (2013), S. 70f.

Marktmikrostruktur, plausible Schlussfolgerungen für den Gesamtmarkt zu treffen. Andererseits ist es für die Marktakteure schwierig, die deskriptiven Erklärungen in der Praxis zu berücksichtigen.³⁰⁶ Insgesamt ergänzen sich die beiden Fachgebiete derart, dass die Behavioral Finance in der Literatur teilweise als Weiterentwicklung der Markttechnischen Analyse³⁰⁷ oder sogar als deren theoretische Begründung³⁰⁸ angesehen wird.

In den Phasen des Informations- und Entscheidungsprozesses auf Basis der Markttechnischen Analyse kann der Einsatz von unterschiedlichen Heuristiken identifiziert werden. In der Phase der Informationswahrnehmung ist der Einfluss von Heuristiken allerdings begrenzt, da primär die Zeitreihen der Aktienkurse als Eingangsdaten bei der Analyse berücksichtigt werden und somit keine Selektion- oder Verfügbarkeitsproblematik von Informationen vorliegt. Dagegen stellt die Identifikation der in den Kursverläufen vermuteten Muster eine erhebliche Herausforderung für den Entscheider dar und führt zur Notwendigkeit, Heuristiken kognitiven Ursprungs anzuwenden. Sie kommen auch während der Entscheidungsphase verstärkt zum Einsatz: Anhand der Muster wird häufig nur der für den Marktteilnehmer offensichtliche Trend erkannt, auch die Wendepunkte können nicht exakt prognostiziert werden. Vielmehr werden dafür Heuristiken emotionalen Ursprungs hinzugezogen.³⁰⁹

3.2.2 Implikationen für nicht-automatisierte Marktmikrostruktur

Die traditionellen Börsenplätze mit nicht-automatisierter Marktmikrostruktur, die bis Anfang der 2000er Jahre den Aktienhandel prägten, können unter der realitätsfremden Annahme unbegrenzter Rationalität der Marktteilnehmer widerspruchsfrei nur ohne die Erkenntnisse der verhaltensorientierten Ansätze betrachtet werden. So entwickelte sich die Behavioral Finance parallel zu den Erkenntnissen über systematische Abweichungen der Aktienkurse von ihren inneren Werten, die durch die EMH nicht zu erklären sind. Die Forschung auf den

³⁰⁶ Vgl. Bergold / Mayer (2005), S. 38.

³⁰⁷ Vgl. z.B. Holtfort (2013), S. 58.

³⁰⁸ Vgl. z.B. Goldberg / von Nitzsch (2004), S. 28.

³⁰⁹ Vgl. Hackl (2013), S. 130f.

Gebieten der exzessiven Volatilität und der Aktienpreisblasen konzentrierte sich von Anfang an auf die Untersuchung der soziopsychologischen Aspekte der Marktstruktur als Gründe für derartige Erscheinungen. Aber erst der empirische Nachweis für die Thesen der Behavioral Finance liefert hierfür gleich mehrere Ursachen. Diese führen sowohl einzeln als auch in Interaktion dazu, dass sich die systematischen Fehleinschätzungen der Marktteilnehmer auf der Gesamtmarktebene zur exzessiven Volatilität und zu Aktienpreisblasen aggregieren.

Zu den wichtigsten Konklusionen der Behavioral Finance gehören die Feststellung von unverhältnismäßigen Reaktionen auf eintreffende Nachrichten sowie der so genannte Herdentrieb. Dieses Marktverhalten entsteht durch die Aggregation von Fehlbewertungen einzelner Marktakteure und wird von rational handelnden Teilnehmern nur partiell nivelliert. Die empirische und theoretische Forschung zeigte, dass der Einsatz von Heuristiken Über- und Unterreaktionen der Anleger auf Informationen von positiven wie negativen Nachrichten hervorruft. Dafür ist primär die Verwendung von Heuristiken kognitiven Ursprungs aber auch von Heuristiken emotionalen Ursprungs verantwortlich.³¹⁰

Durch die *Überreaktion* des Marktteilnehmers auf eine positive Nachricht werden Aktien überbewertet. Umgekehrt treten dadurch Unterbewertungen von Aktien bei der Ankunft negativer Nachrichten auf. Beim Eintreffen neuer Nachrichten entsteht eine Marktreaktion, die zu einer steigenden oder fallenden Kursbewegung führt. Einerseits wird dieser Trend von den Marktakteuren gelegentlich weiter in die Zukunft extrapoliert als es nach fundamentalen Überlegungen gerechtfertigt ist. Dementsprechend wird eine Fehlbewertung der Aktie verursacht. Andererseits unterliegen Marktteilnehmer mitunter auch *Unterreaktionen* auf eingehende Informationen, wenn sie etwa neue Nachrichten nicht im ausreichenden Maße berücksichtigen. In der Mehrzahl solcher Fälle erfolgt keine Revidierung vorher getroffener Entscheidungen, die aufgrund der neuen Informationen eigentlich fällig wäre. Eine fundamentale Kurskorrektur kann auf-

³¹⁰ Vgl. Daniel / Hirshleifer / Subrahmanyam (2005), S. 462.

grund von Über- und Unterreaktionen der Marktteilnehmer entweder komplett oder teilweise ausfallen.³¹¹

Ein weiteres Ergebnis der Forschung auf den Gebieten der Behavioral Finance und der Massenpsychologie ist die Feststellung des *Herdentriebes*. Danach neigen Marktteilnehmer in bestimmten Situationen dazu, ihre eigenen Informationen gegenüber der Marktmeinung zu ignorieren. Durch die indirekte Verhaltensabstimmung der Marktteilnehmer untereinander, den emotionalen Massen- druck auf einzelne impulsiv handelnde Individuen sowie die Verbreitung von Gerüchten werden Informationen auf dem Markt zwar identisch, aber nicht objektiv-rational bewertet. Dabei spielt die Informationswahrnehmung bzw. -darstellung durch die Massenmedien eine entscheidende Rolle. Werden die Informationen in der Masse einstimmig aufgenommen, sinkt die Bedeutung der fundamentalen Informationen.³¹²

Grundsätzlich lassen sich vier Typen des Herdentriebes charakterisieren.³¹³

- Informationskaskaden: Marktteilnehmer schließen sich der vorherrschenden Meinung der Masse an und ignorieren dabei ihre eigenen Erkenntnisse.
- Reputationsbedingtes Verhalten: Marktteilnehmer verdrängen ihre eigene Meinung aus persönlichen Reputationsgründen.
- Informationsquellenbedingtes Verhalten: Marktteilnehmer bevorzugen für die Markteinschätzung bestimmte Informationsquellen, weil sie annehmen, dass diese auch von anderen Marktteilnehmern verwendet werden.
- Trendbedingtes Verhalten: Marktteilnehmer gehen von der Wiederholbarkeit der historischen Marktsituationen aus und handeln entsprechend der identifizierten Muster.

Der Herdentrieb ist auch eine der in der Literatur aufgeführten wichtigsten Ursachen für die Entstehung der Aktienpreisblasen. Dabei wird die Marktstim-

³¹¹ Vgl. Barberis / Shleifer / Vishny (2005), S. 447f.

³¹² Vgl. Kitzmann (2009), S. 20 – 29.

³¹³ Vgl. Graham (1999), S. 238.

mung durch mediale Berichterstattung in eine Richtung gelenkt und ein „Boom-Denken“ bei den Marktakteuren ausgelöst. Die Marktteilnehmer ziehen Marktbewegungen vor und leiten eine selbsterfüllende Prognose der Kursänderungen ein.³¹⁴ Dies betrifft sowohl die Bildung der rationalen als auch nicht rationalen Aktienpreisblasen. Normativ lässt sich die bewusste Herbeiführung von Herdenverhalten zur Obstruktion der Informationsfunktion der Märkte benutzen.³¹⁵ Auf diese Weise tragen die Ansätze der Behavioral Finance zur Erklärung der Aktienpreisblasen bei, obwohl eine abschließende theoretische Begründung für die Entstehung und für das Ende einer Aktienpreisblase noch fehlt.³¹⁶

Dagegen ist die Existenz der exzessiven Volatilität nicht nur auf das temporäre Auftreten des Herdentriebes zurückzuführen. Auch die Über- und Unterreaktionen der Marktteilnehmer sind als Ursache zu nennen. Dadurch werden Aktien vielleicht sogar ständig über- oder unterbewertet. Diese permanente Abweichung der Aktienkurse von ihren inneren Werten führt zur exzessiven Volatilität. Das Ausmaß der empirisch nachgewiesenen exzessiven Volatilität lässt jedoch vermuten, dass allein Über- und Unterreaktionen keine vollkommene Erklärung dafür liefern.³¹⁷ Vielmehr muss zusätzlich von einem Einfluss des Herdentriebes auf die Entstehung der exzessiven Volatilität ausgegangen werden. Simultan getroffene, identische Kauf- oder Verkaufsentscheidungen der Masse der Marktteilnehmer bewirken ein verzerrtes Angebot-Nachfrage-Verhältnis und folglich eine überhöhte Volatilität.³¹⁸

3.2.3 Implikationen für teil- oder vollautomatisierte Marktmikrostruktur

Die Behavioral Finance geht von der Tatsache aus, dass ein Mensch der wichtigste handelnde Teilnehmer des Marktes ist. Der aktuelle Markt zeichnet sich jedoch dadurch aus, dass ein überwiegender Teil des Transaktionsvolumens

³¹⁴ Vgl. Daxhammer / Facsar (2012), S. 97.

³¹⁵ Vgl. Elschen (2009), S. 351f.

³¹⁶ Vgl. Burton / Shah (2013), S. 76.

³¹⁷ Vgl. Shiller (2015), S. 211f.

³¹⁸ Vgl. Bloss et al. (2009), S. 80.

von Software-Agenten generiert wird. In dieser Hinsicht stellt sich einerseits die Frage, inwieweit die Verbreitung von Software-Agenten einen Einfluss auf das Verhalten der Marktteilnehmer ausübt. Andererseits muss deshalb die Eignung der Theorien auf Grundlage soziopsychologischer Ansätze für die Erklärung des Preisbildungsmechanismus hinterfragt werden.

Mit der weiteren Entwicklung der automatisierten Handelssysteme verschob sich der Schwerpunkt des Einsatzgebietes der Software-Agenten von der Ausführung der Entscheidungen zur Generierung von Handelssignalen.³¹⁹ Aufgrund von begrenzten Ressourcenkapazitäten waren sie jedoch in der Praxis nur eingeschränkt für Langzeitprognosen auf Basis der Fundamentalen Analyse verwendbar. Die Markttechnische Analyse wurde somit als Ausgangspunkt der Handelsstrategien bevorzugt. Der wesentliche Vorteil der Software-Agenten besteht darin, mit einem geringeren Vereinfachungsgrad im Vergleich zu menschlichen Heuristiken große Datenmengen schneller zu verarbeiten. Weiterhin können Software-Agenten vorher definierte, von der aktuellen Marktlage abhängige Entscheidungen treffen, die einer objektiv-rationalen Entscheidung am nächsten liegen. Die Vorverlagerung der finalen Handelsentscheidung vom Zeitpunkt der Signalgenerierung zum Zeitpunkt der Entwicklung einer Handelsstrategie erlaubt den Marktteilnehmern auch in kritischen Marktsituationen, eigene emotionale und kognitive Einschränkungen zu reduzieren.³²⁰

Die seit Anfang der 2000-er Jahre entstandenen Aktienmärkte mit teilautomatisierter Mikrostruktur zeichnen sich aus durch die Verbreitung der Software-Agenten, insbesondere der hybriden Software-Agenten. Durch deren Einsatz wird eine gezielte Ausschöpfung verhaltensbedingter Arbitragegewinne möglich. Dazu werden unter anderem Erkenntnisse der Behavioral Finance explizit in Strategien des automatisierten Handels implementiert. Spezielle Softwarekomponenten überwachen das Marktgeschehen und versuchen beim Auftreten von verhaltenstypischen Mustern in Kursverläufen oder im Marktumfeld, Arbitragegewinne zu erzielen.³²¹ Es entsteht eine systematische Korrektur der Fehl-

³¹⁹ Vgl. Gresser (2016), S. 4.

³²⁰ Vgl. Impekoven (2013), S. 9.

³²¹ Vgl. Gresser / Listing (2008), S. 57 – 62.

einschätzungen der menschlichen Marktakteure, wengleich aufgrund von technischen und methodischen Einschränkungen zunächst nur kurzfristige Abweichungen der Aktienkurse von ihren inneren Werten aufgedeckt werden können. Dadurch wird der Einfluss der in der Behavioral Finance beschriebenen Effekte auf die Preisbildung idealerweise verringert und der Markt nähert sich den in der EMH postulierten Kriterien an.

Neben der abschwächenden Wirkung der Software-Agenten auf die Behavioral Finance Effekte der menschlichen Teilnehmer müssen die Automatisierten Handelssysteme selbst auf das Vorliegen von verhaltensbedingten Eigenschaften untersucht werden. Sollten sich ihrerseits keine Belege für die soziopsychologischen Reaktionen finden, wird ein Aktienmarkt mit vollautomatisierter Mikrostruktur a priori nicht mit Hilfe der Ansätze der Behavioral Finance zu erklären sein.

Zu diesem Zweck muss der Begriff des Software-Agenten um den Grad der soziopsychologischen Selbstständigkeit ergänzt werden. In dieser Hinsicht kann zwischen zwei Arten der Software-Agenten unterschieden werden:³²²

1. schwache Software-Agenten,
2. starke Software-Agenten.

1. Schwache Software-Agenten

Expertensysteme, die zur Problemlösung auch von komplexen Sachverhalten auf vordefinierte Informationsquellen und -sets zugreifen und menschliche Entscheider unterstützen oder sogar ersetzen, gehören zur Gruppe der *schwachen Software-Agenten*. Sie verfügen jedoch nicht über die Fähigkeiten zur Definition der Ziele und Probleme, besitzen keine eigenen Emotionen und unterliegen den Vorgaben des Entwicklers.³²³ Aktuell gehören die auf den Aktienmärkten eingesetzten Handelssysteme zu dieser Art. Sie erzeugen keine eigenen Heuristiken. Dementsprechend resultieren sich aus ihrem Verhalten keine typischen soziopsychologischen Effekte.

³²² Vgl. Wooldridge / Jennings (1995), S. 117f.

³²³ Vgl. Kaku (2013), S. 123f.

Die einzige Quelle für einen verhaltensbasierten Einfluss stellen die kognitiven und emotionalen Einschränkungen des Entwicklers dar. Während der Ausarbeitung und der Implementierung einer Handelsstrategie können menschliche Heuristiken in die Systemroutinen hineinfließen und dadurch auf den Markt auswirken. Die emotionalen Komponenten lassen sich jedoch einfacher als kognitive Komponenten minimieren. Auch werden solche Handelssysteme einerseits weiterentwickelt und verfeinert. Andererseits tendieren sie durch die Vorverlagerung des Entscheidungszeitpunktes zur objektiven Rationalität. Somit ist verhaltensbasierter Einfluss der schwachen Software-Agenten gering. Er kann daher in der Regel vernachlässigt werden.

2. Starke Software-Agenten

Zur zweiten Art gehören die *starken Software-Agenten*, die über eigene kognitive Fähigkeiten und Intelligenz verfügen. Im Gegensatz zu schwachen Software-Agenten erfüllen sie die Ziele des Prinzipals nicht dadurch, dass sie auf vorgegebene Strategien und Methoden zurückgreifen. Vielmehr entwickeln die starken Software-Agenten eigene Lösungsansätze, definieren die Zwischenziele und verlangen einen deutlich geringeren Grad der menschlichen Interaktion.³²⁴

Abgesehen von der Frage der Realisierbarkeit solcher Systeme unterliegen sie Einschränkungen. Selbst bei einer unbegrenzten Geschwindigkeit der lokalen Informationsverarbeitung wird es stets eine Latenzzeit zwischen der Informationsentstehung und -verarbeitung existieren, die schon aufgrund der räumlichen Entfernung entsteht.

Zur Lösung dieses Problems müssen die starken Software-Agenten eigene Heuristiken ausarbeiten, die zur Bildung eines spezifischen, nicht rationalen Verhaltens führen könnten. Sollte es tatsächlich zur Entstehung eines verhaltensbasierten Einflusses durch die starken Software-Agenten kommen, kann er nicht mit Hilfe der Behavioral Finance beschrieben und analysiert werden. Denn das Verhalten autonomer Handelssysteme darf nicht mit menschlichem Verhalten gleichgesetzt werden. Es benötigt eine eigenständige Untersuchung, welche die Spezifika der Software-Agenten berücksichtigt.

³²⁴ Vgl. Otto (2013), S. 10f.

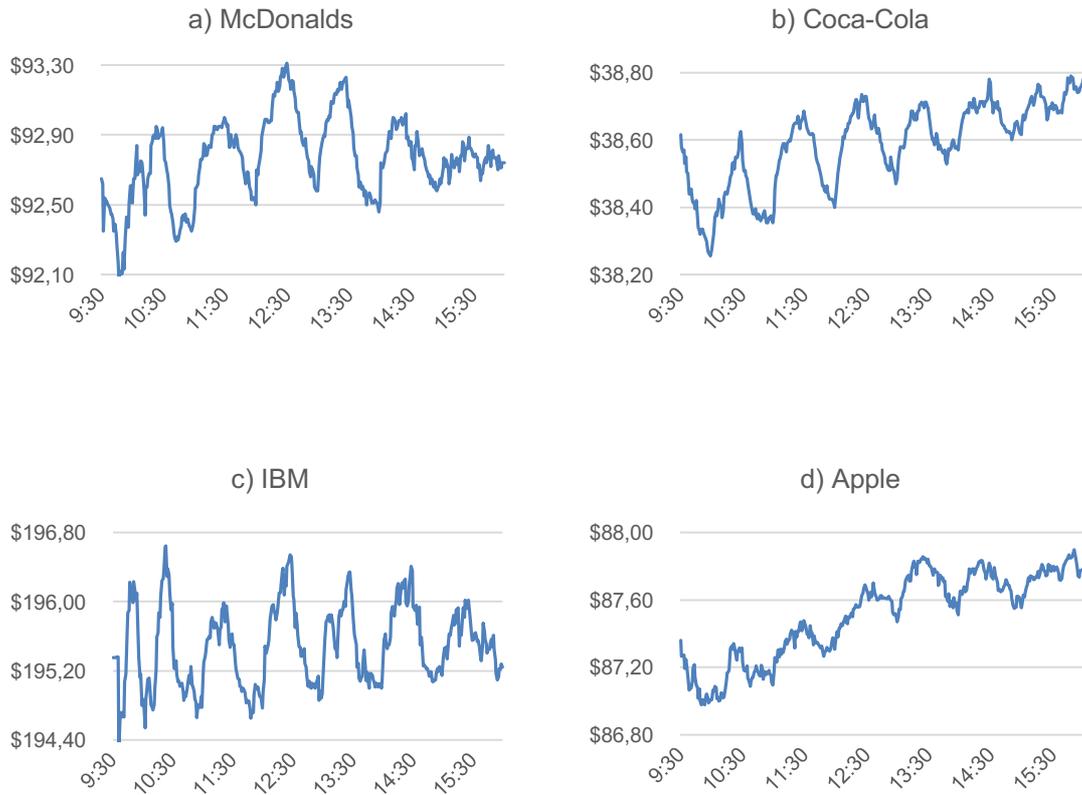


Abbildung 15: Aktienkurse von a) McDonalds, b) Coca-Cola, c) IBM und d) Apple am 19.07.2012³²⁵

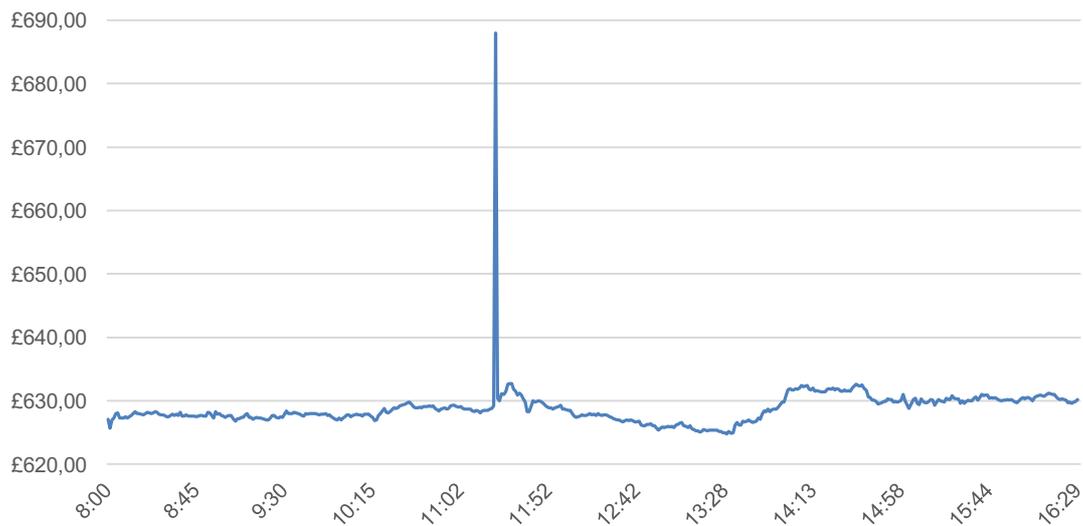


Abbildung 16: Kurs der HSBC-Aktie am 30.01.2014³²⁶

³²⁵ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

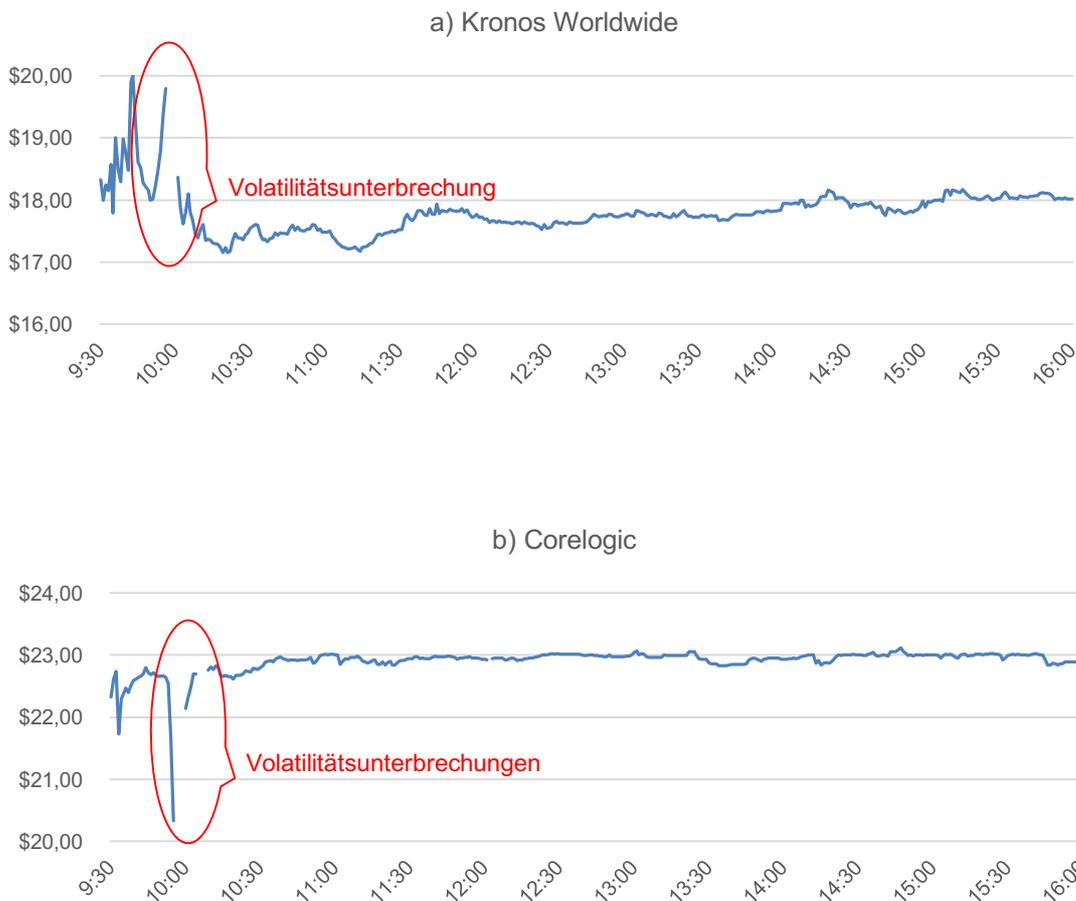


Abbildung 17: Aktienkurse von a) Kronos Worldwide und b) CoreLogic am 01.08.2012³²⁷

Insgesamt kann die Behavioral Finance als Erklärungsansatz auf Aktienmärkten mit teilautomatisierter Mikrostruktur nur bedingt und auf Aktienmärkten mit vollautomatisierter Mikrostruktur nahezu gar nicht angewandt werden. Diese Überlegungen können auch durch die aktuellen empirischen Beobachtungen der Zunahme von unregelmäßigen, aber periodischen Instabilitäten sowohl einzelner Aktienkursverläufe als auch der Gesamtmarktbewegungen bestätigt werden. So können die Kursschwankungen der hochliquiden Aktien im Intraday-Bereich nicht auf menschliches Verhalten zurückgeführt werden, wie es z.B. am 19. Juli 2012 bei Aktien von IBM, Apple, McDonalds und Coca-Cola (vgl. Abbil-

³²⁶ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

³²⁷ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

derung 15)³²⁸ oder am 30. Januar 2014 bei der Aktie von HSBC (vgl. Abbildung 16)³²⁹ zu beobachten war.

Auch können weder mit der EMH noch mit der Behavioral Finance die heftigen Kursbewegungen der Aktien z.B. von Kronos Worldwide oder CoreLogic erklärt werden, die am 01. August 2012 aufgrund einer Fehlfunktion des Software-Agenten von Knight Capital stattfanden (vgl. Abbildung 17).³³⁰

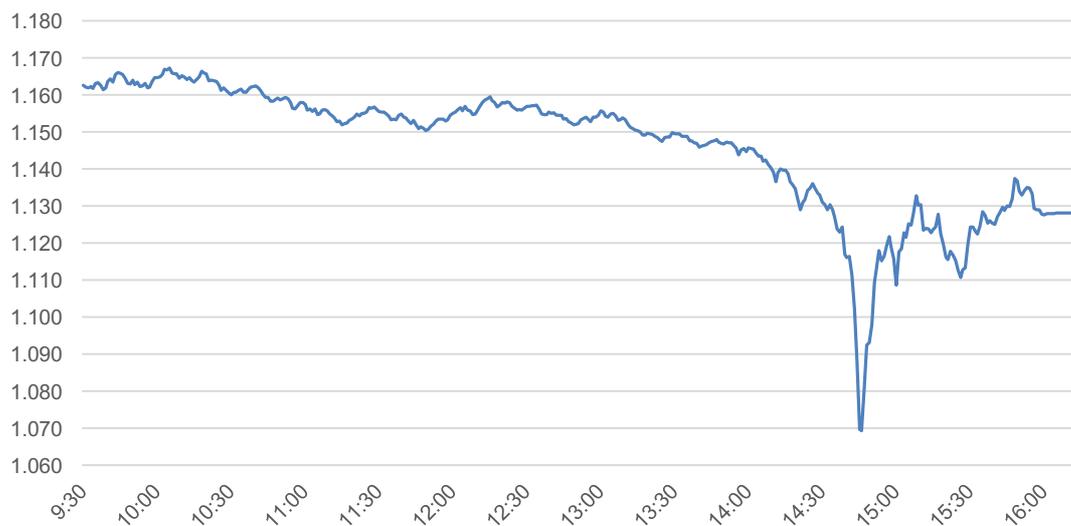


Abbildung 18: S&P Composite Stock Price Index am 06.05.2010 (Flash Crash)³³¹

Auf der Gesamtmarktebene lassen sich ebenfalls Belege für die durch Software-Agenten bedingte Volatilität nachweisen. Das bekannteste Beispiel ist der „Flash Crash“ am 06. Mai 2010 (vgl. Abbildung 18).³³²

Die Entstehung der Aktienmärkte mit vollautomatisierter Mikrostruktur führt also zur Notwendigkeit der Entwicklung von alternativen Erklärungsansätzen der Aktienpreisbildung. Diese Notwendigkeit lässt sich durch drei Thesen begründen:

³²⁸ Vgl. dazu Linton / O'Hara / Zigrand (2013), S. 213 f.

³²⁹ Vgl. dazu FCA (2014).

³³⁰ Vgl. dazu SEC (2013).

³³¹ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

³³² Vgl. dazu SEC (2010b).

- Die EMH kann aufgrund der Existenz von Abweichungen die Preisbildung auf Aktienmärkten nicht vollständig erklären.
- Auf Aktienmärkten mit nicht-automatisierter Mikrostruktur lässt sich menschliches Verhalten als Ursache der Abweichungen von der EMH identifizieren. Die Behavioral Finance liefert dafür einen geeigneten theoretischen Rahmen.
- Die soziopsychologischen Ansätze der Behavioral Finance decken aber nicht die Attribute der Aktienmärkte mit teil- oder vollautomatisierter Mikrostruktur ab.

IV Marktstabilität unter AFMH

Für die Erklärung der Preisbildung auf Aktienmärkten führt die Unvollständigkeit der Ansätze der EMH und der Behavioral Finance unausweichlich zur Notwendigkeit, die Perspektive der Analyse neu auszurichten. Dabei muss diese sowohl fachspezifische als auch nicht triviale wirtschaftswissenschaftliche Diskussion der interdisziplinären Vorgehensweise moderner Forschung folgen. Zwar wurden in der Behavioral Finance durch die Berücksichtigung psychologischer Aspekte bereits erste Schritte in diese Richtung unternommen. Doch die grundlegenden Einschränkungen dieser Theorie lassen wegen des expliziten menschlichen Bezugs ihren universellen Einsatz auf Aktienmärkten mit teil- bzw. vollautomatisierter Mikrostruktur nicht zu.

Teilweise können diese Hürden durch die von Lo aufgestellte *Adaptive Markthypothese* (AMH) überwunden werden: Die prozessorientierte Analyse eines Aktienmarktes aus der Sicht der Evolutionstheorie ermöglicht zumindest hypothetisch eine allgemeinere Herangehensweise.³³³ So wird zwar die Mikrostruktur in die Untersuchung einbezogen, zugleich wird aber von Individuen abstrahiert. Doch auch hier können die Annahmen der EMH, die das Grundgerüst der AMH bildet, nicht vollständig aufgehoben werden. Dementsprechend können die Vorteile des Konzeptes der Evolutionstheorie nicht ausgeschöpft werden.

Dagegen könnte die von PETERS vorgeschlagene *Fraktale Markthypothese* (FMH) den gesuchten theoretischen Rahmen für die Analyse der Preisbildung auf Märkten mit beliebigen Automatisierungsstufen der Mikrostruktur liefern. Den Grund hierfür liefert die Unabhängigkeit der marktstabilitätssichernden Kriterien von den Teilnehmerarten, also ob es sich z.B. um einen Menschen oder einen Software-Agenten handelt. Eine Synthese der FMH mit der Evolutionstheorie kann die theoretische Basis für die Beurteilung der Marktmikrostruktur bilden und ermöglicht, einen Vergleichsmaßstab für unterschiedliche Aktienmärkte zu definieren.

³³³ Vgl. Lo (2004), S. 21f.

1 Aktueller Forschungsstand

1.1 Gegensätzliche Betrachtungsweisen des Aktienmarktes

Die wirtschaftswissenschaftliche Betrachtung der Aktienmärkte im Allgemeinen und deren Preisbildungsmechanismen, Effizienzkriterien und Stabilitätsfaktoren im Speziellen konzentrierte sich seit Mitte der 1970-er Jahre mehrheitlich auf die Frage, inwieweit die Märkte alle verfügbaren Informationen in Aktienkursen widerspiegeln. Den Grundbaustein dieser akademischen Diskussionen bildete die EMH von FAMA, die eine sowohl normativ-deskriptive als auch eine formal in sich geschlossene Theorie darstellt.

Durch die eindeutig definierten Markteffizienzkriterien erlaubt sie die Modellierung und Erforschung der Aktienmärkte, die empirisch mit relativ einfachen statistisch-mathematischen Mitteln geschätzt und revidiert werden können. Insbesondere die Verfügbarkeit der statistischen Parameter der Aktienkursentwicklung, die aus der Annahme des Random-Walks innerhalb der Kursbewegungen abgeleitet werden, führten zur Verbreitung und Anerkennung der EMH in der Finanzwissenschaft.³³⁴

Daneben liefert die inhaltliche und methodologische Übereinstimmung mit den praxisnahen Theorien und Werkzeugen, vor allem der MPT von MARKOWITZ, dem CAPM von SHARPE, LINTNER und MOSSIN sowie der APT von ROSS, einen Grund für die Dominanz der EMH. Die Popularität dieser Rendite-Risiko-basierten Methoden unter den Investoren bewirkte eine Steigerung ihres Bekanntheitsgrades nicht nur in Fachkreisen.

Nach ihrer Veröffentlichung wurde die EMH aber zunehmender Kritik unterzogen. Teilweise bezog sich diese auf die formellen Schwächen der Arbeit von FAMA. Sie führte zur Verfeinerung, Verbesserung und Ergänzung der EMH.³³⁵

³³⁴ Vgl. Lo (2004), S. 16f.

³³⁵ FAMA stellte bereits 1991 bezüglich des Umfangs der wissenschaftlichen Publikationen zur EMH fest, dass „*the literature is now so large that a full review is impossible...*“ (Fama (1991), S. 1575).

Insbesondere wurde dabei die Mikrostruktur des Marktes berücksichtigt, z.B. in den Arbeiten von BLACK³³⁶ oder KYLE³³⁷.

Der andere Teil der Kritik stellte das gesamte Konzept in Frage und richtete sich primär auf die Annahmen. Vor allem die Prämissen der unbegrenzten Rationalität und der homogenen Erwartungen der Marktteilnehmer standen hierbei im Vordergrund: Die seit mehreren Jahrzehnten vor dem Erscheinen der Arbeit von FAMA bekannten Schlussfolgerungen von SIMON in Bezug auf die begrenzte Rationalität der Marktakteure widersprachen den Annahmen der EMH. Auch die neueren sozioökonomischen Erkenntnisse aus den Verhaltenswissenschaften, die durch die Arbeiten zur Prospect Theory von KAHNEMAN und TVERSKY gestützt wurden, deckten sich nicht mit den Postulaten der EMH. Parallel dazu konnte bei zahlreichen empirischen Untersuchungen entweder kein Nachweis der Informationseffizienz oder die Widerlegung der EMH erbracht werden. Unter anderem sind hier die Arbeiten zur exzessiven Volatilität von SHILLER oder zur Überprüfung des Random-Walks in Aktienkursen von LO und MACKINLAY³³⁸ relevant.

Seit Anfang der 1990-er Jahre entfernt sich der Fokus der Aktienmarktforschung von der ökonometrischen Perspektive: Es entwickelte sich eine andere, verhaltensorientierte Sicht auf die Aktienmärkte, die in die Entstehung der Behavioral Finance mündet. Durch die Ansätze der Behavioral Finance wurde es möglich, die nicht durch die EMH zu erklärenden Marktzustände zu beschreiben und Ursachen hierfür zu finden. Weiterhin wurden Implikationen der Behavioral Finance als Basis für die theoretische Auseinandersetzung mit den, seit dem Ende des 19. Jahrhunderts weitverbreiteten, aber in den Wirtschaftswissenschaften umstrittenen Methoden der Markttechnischen Analyse verwendet.³³⁹

Auf dem Gebiet der Behavioral Finance erschienen zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten, die unterschiedliche und teilweise gegenläufige Hypothesen auf-

³³⁶ Vgl. Black (1986).

³³⁷ Vgl. Kyle (1985).

³³⁸ Vgl. Lo / MacKinlay (1988) und Lo / MacKinlay (1999).

³³⁹ Vgl. Lo / Hasanhodzic (2010), S. 123.

stellten, wobei sich Feedback-Modelle und begrenzte Arbitrage als wichtigste Forschungsgebiete etablierten.³⁴⁰ Hier sind z.B. die Arbeiten von SHEFRIN³⁴¹ und SHLEIFER³⁴² zu nennen. Trotzdem konnte sich im Rahmen der Behavioral Finance keine ganzheitliche Theorie durchsetzen, welche empirisch revidierbare und ökonomisch sinnvolle Kriterien zur Beschreibung und Beurteilung der Aktienmärkte als Bestandteil einer Volkswirtschaft bietet.³⁴³

1.2 Adaptive Markthypothese

Die wissenschaftliche Diskussion zwischen den Befürwortern der EMH und der Behavioral Finance wurde durch deren unterschiedliche Herangehensweisen bei der Betrachtung der Märkte erschwert. Die EMH bildet zunächst ein theoretisches Konstrukt, das später durch die formalen und empirischen Modelle bewiesen werden sollte. Umgekehrt zu diesem deduktiven Ablauf versucht die Behavioral Finance induktiv theoretische Rückschlüsse aus empirischen Beobachtungen und Experimenten zu ziehen. Beide Lager fokussierten sich in ihrer Argumentation auf die Feststellung oder Widerlegung der Informationseffizienz der Aktienmärkte: Je nachdem welche Marktsegmente oder Marktzustände analysiert wurden, kamen die relevanten Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen, wobei zahlreiche Arbeiten keine eindeutigen Aussagen lieferten.³⁴⁴

Ausgehend von der Mehrdeutigkeit der empirischen Befunde einerseits und der fehlenden theoretischen Untermauerung der Behavioral Finance andererseits, kam in den Arbeiten von FARMER / LO (1999), FARMER (2002), LO (2004), LO (2005) und LO (2012) zur Adaptiven Markthypothese (AMH) der Vorschlag, die Informationseffizienz nicht als eine Konstante zu messen. Vielmehr führt LO den Begriff des umgebungs- und situationsbedingten *Effizienzgrades* ein, der strukturell dem Begriff des Wirkungsgrades in der Physik ähnlich ist.³⁴⁵ Dabei geht er

³⁴⁰ Vgl. Shiller (2003), S. 90f.

³⁴¹ Vgl. Shefrin (2000).

³⁴² Vgl. Shleifer (2000).

³⁴³ Vgl. Seitz (2015), S. 160. Siehe dazu auch die ausführliche Kritik in Fama (1998).

³⁴⁴ Vgl. Lo (2004), S. 19.

³⁴⁵ Vgl. Lo / Hasanhodzic (2010), S. 205f.

auf die in GROSSMAN (1976) und GROSSMAN / STIGLITZ (1980) geäußerte Kritik der EMH ein, die Ineffizienzen als notwendige Handelsmotive aufzeigen und die prinzipielle Existenz der informationseffizienten Aktienmärkte verneint.³⁴⁶ Im Gegensatz dazu vereint die AMH die langfristige Intention der Märkte zur Einpreisung aller Informationen in die Aktienkurse mit den verhaltensbasierten kurzfristigen Ineffizienzen infolge der Beschränktheit der zur Verfügung stehenden Mittel.³⁴⁷

Der bedingte Effizienzgrad als kontinuierlich veränderbare Größe spiegelt die *Fähigkeit* eines Aktienmarktes wider, Informationen in die Aktienkurse umzusetzen. Somit unterscheidet er sich grundsätzlich von den Stufen der Informationseffizienz nach FAMA, die nur den Umfang der in einem Markt eingepreisten Informationen als deren persistente Eigenschaft festlegen. Ausgehend von diesem Verständnis formuliert Lo folgende Schlüsselthese der AMH:

*„Prices reflect as much information as dictated by the combination of environmental conditions and the number and nature of ‚species‘ in the economy ...“.*³⁴⁸

Entsprechend dem soziobiologischen³⁴⁹ Evolutionsgedanken von WILSON (1975) werden hierbei als „species“ die heterogenen Gruppen der Marktteilnehmer wie Hedgefonds, Retailinvestors, Market-Maker gesehen, die ein homogenes Verhalten innerhalb der Gruppe aufweisen. Abhängig vom Informationsset, das der jeweiligen Gruppe zur Verfügung steht, sowie von den Ressourcen (z.B. Know-how, EDV-Kapazitäten, Marktzugang) und den am Markt vorliegenden Rahmenbedingungen kann ein und derselbe Markt für eine Gruppe effizient und für eine andere Gruppe nicht effizient sein.

Ein wichtiger Faktor für die Höhe des Effizienzgrades eines Marktes ist die Anzahl der am Markt im Wettbewerb agierenden Gruppen: Je mehr Gruppen um knappe Güter konkurrieren, desto höher ist der Grad der Markteffizienz, et vice

³⁴⁶ Vgl. Lo (2004), S. 17.

³⁴⁷ Vgl. Lo (2005), S. 21f.

³⁴⁸ Lo (2004), S. 23.

³⁴⁹ Unter der Soziobiologie wird ein evolutionsbiologischer Teil der Verhaltensbiologie verstanden, der biologische Adaptivität des Verhaltens von Individuen und Tieren untersucht. Vgl. Voland (2013), S. 2. Ausführliche Behandlung der Soziobiologie folgt im Kapitel IV.2.2.1.

versa. Hierbei spielt insbesondere die Varianz dieser Parameter eine bedeutende Rolle. Die Veränderungen der Umgebung führen zur Entstehung und Auflösung von Gewinnmöglichkeiten. Das zieht ein Wachstum oder ein Schrumpfen der jeweiligen Profiteur-Gruppe nach sich und unterstreicht die kontinuierliche Dynamik der Aktienmärkte, die von den Marktakteuren permanente Lern- und Anpassungsbereitschaft verlangt.³⁵⁰

Lern- und Anpassungsbereitschaft der Marktteilnehmer ist insbesondere notwendig, wenn nicht alle Informationen im Entscheidungsprozess berücksichtigt und bewertet werden können. Die begrenzt rationalen Akteure müssen dann abwägen, welche Informationen sie als wesentlich oder vernachlässigbar einstufen. Um eine subjektiv rationale Entscheidung zu treffen, die sich an eine objektiv rationale Entscheidung annähert, müssen die Marktteilnehmer die entscheidungsrelevanten Aspekte permanent mit den Veränderungen der Umgebung abgleichen. Dabei wird der satisfizierende Zeitpunkt vom Entscheider tendenziell unbewusst festgelegt und ist für einen externen Beobachter nur bedingt nachvollziehbar.

Deshalb ergänzt LO den von SIMON formulierten Begriff der begrenzten Rationalität um das satisfizierende Kriterium, das die Erreichung der subjektiv rationalen Entscheidung markiert. Dabei greift er die darwinistische, evolutionäre Sicht der Finanzmärkte auf und argumentiert, dass die Marktteilnehmer auf den Märkten nur bei Lern- und Anpassungsbereitschaft langfristig überleben.³⁵¹

Basierend auf Erkenntnissen der Behavioral Finance erklärt LO, dass derartige Adaptionsprozesse unausweichlich mit Hilfe von Heuristiken erfolgen. Dadurch können für „fortschrittliche“ Marktakteure durchaus Arbitragemöglichkeiten zu Lasten „rückständiger“ Teilnehmer entstehen, die nicht mit der EMH vereinbar sind. Dabei wird die Informationseffizienz eines Marktes langfristig nicht gefährdet durch diese kurz- bis mittelfristigen Abweichungen aufgrund evolutionärer Anpassungen. Denn bei der Entstehung von Informationsverarbeitungslücken werden sich immer „modernere“ Marktteilnehmer finden, die sich an die neuen

³⁵⁰ Vgl. Lo (2004), S. 23.

³⁵¹ Vgl. Lo (2005), S. 28f.

Gegebenheiten anpassen. Somit stellt die AMH eine auf evolutionären Prinzipien basierte Version der EMH dar.³⁵²

Als wichtigste Implikationen der AMH sowohl für die theoretische Analyse der Aktienmärkte als auch für das praktische Handeln der Anleger gelten nach Lo folgende Aspekte.³⁵³

1. Rendite/Risiko-Relation als eine über die Zeit variierende, nur temporär stabile Größe,
2. Komplexe Marktdynamik mit permanenten Abweichungen der Aktienkurse von ihren Fundamentalwerten,
3. Zyklische Profitabilität der Investmentstrategien zur Ausnutzung von Arbitragemöglichkeiten,
4. Innovationszwang aufgrund der variierenden Rendite/Risiko-Relation,
5. Überleben auf dem Markt als einziges Ziel aller Marktteilnehmer.

Ausgehend von den Markteffizienzkriterien der EMH und unter Berücksichtigung der Implikationen, die sich aus dem behavioristischen Einfluss ergeben, versucht die AMH eine ganzheitliche deskriptive Theorie der Aktienmärkte zu liefern. Die von der EMH übernommene Betrachtungsweise der Informationseffizienz erlaubt dem Autor, von der partiellen Analyse lokaler Marktzustände abzurücken, die für die Behavioral Finance typisch ist. Anders als in der EMH weisen aber auch die in der empirischen Forschung vielfach verifizierten überhöhten Volatilitätsschwankungen der Aktienkurse keinen Widerspruch zur aufgestellten Theorie auf. So wird versucht sowohl die exzessive Volatilität als auch Aktienpreisblasen mit der langfristigen Einpreisung aller Informationen in den Aktienkursen zu vereinen.

Vorteile dieser Synthese zwischen der Annahme langfristiger objektiver Rationalität der Märkte und kurzfristiger verhaltensbedingter Abweichungen bergen allerdings nicht unerhebliche konzeptionelle Schwächen, die in der Literatur bislang unberücksichtigt bleiben. Die Kritik betrifft in erster Linie die Übernahme

³⁵² Vgl. Lo (2012), S. 18.

³⁵³ Vgl. Lo (2004), S. 24f. und Lo (2012), S. 24 – 27.

der Informationseffizienz als Kriterium für die Güte eines Marktes. Auch die Verwendung eines bedingten Effizienzgrades suggeriert ein Marktmodell, das die primäre Funktion der Aktienmärkte, nämlich die effiziente Allokation des Kapitals, nur bei vollständiger Berücksichtigung aller Informationen erfüllt. Inwieweit dieses Ziel bei den überhöhten Volatilitätsschwankungen unter der AMH erreichbar wird, darf angezweifelt werden.

Ferner stellt der bedingte Effizienzgrad in der theoretischen und der empirischen Anwendung eine schwer messbare Größe dar. Die empirischen Arbeiten stützen die theoretischen Schlussfolgerungen der AMH und zeigen, dass dadurch im Vergleich zur EMH der Markt genauer erklärt werden kann, insbesondere dass sowohl die Rendite/Risiko-Relation als auch die Profitabilität der Investmentstrategien sich zyklisch verhalten.³⁵⁴ Außerdem wurde gezeigt, dass der Grad der Informationseffizienz über die Zeit variiert.³⁵⁵ Allerdings ist aufgrund der Verbundhypothese-Problematik der EMH die Stufe der Informationseffizienz eines Marktes nur bedingt bestimmbar. Somit lässt sich der in der AMH formulierte Grad der Informationseffizienz nur indirekt messen. Es bleibt unklar, inwieweit die Güte der statistischen Parameter keinen Einfluss auf die Ergebnisse der Studien ausübt.

Die fehlenden Ansätze zur Erklärung der starken Kursschwankungen, die primär auf die Interaktionen der Software-Agenten zurückgeführt werden, ist der letzte wesentliche Kritikpunkt an der AMH. Dafür fehlt sowohl der AMH als auch der Behavioral Finance die Flexibilität des theoretischen Grundgerüsts, das Verhalten der Marktteilnehmer nicht nur aus der soziopsychologischen (Mensch-Mensch-Interaktionen), sondern auch aus der soziotechnischen (Mensch-Maschine- / Maschine-Maschine-Interaktionen) Perspektive zu betrachten. So fehlen auf einem Aktienmarkt mit vollautomatisierter Mikrostruktur (Markt der dritten Stufe) die menschlichen Biases im Sinne der Behavioral Finance sogar vollständig. Folglich kann die AMH in diesem Fall nicht zur Geltung

³⁵⁴ Vgl. Todea / Ulici / Silaghi (2009), Kim / Shamsuddin / Lim (2011), Smith (2012), Lim / Luo / Kim (2013), Urquhart (2013), Urquhart / Mc Groarty (2015).

³⁵⁵ Vgl. Lim / Brooks (2006), Ito / Sugiyama (2009), Ito / Noda / Wada (2016), Verheyden / De Moor / Vanpee (2016).

kommen. Aber auch ein solcher Markt wird zu keinem Zeitpunkt eine Mikrostruktur erreichen, die keine Anpassungsnotwendigkeit seiner Teilnehmer (Software-Agenten) zum Überleben auf dem Markt voraussetzt. Somit werden Software-Agenten stets einem Wandel unter den Wettbewerbsvoraussetzungen unterliegen.

1.3 Aktuelle Forschungslücke

Die Vorteile der AMH, die aus der Synthese der Kapitalmarkttheorie mit den verhaltensorientierten Ansätzen resultieren, lassen den Schluss zu, dass eine mit einem anderen Bezugspunkt formulierte Hypothese zur Markteffizienz durchaus mit der soziobiologischen Evolutionstheorie verknüpft werden kann. Zur Vermeidung der Nachteile der AMH darf jedoch die Annahme einer solchen Hypothese keiner Beschränkung hinsichtlich der Marktteilnehmerarten (Mensch, Institution oder Software-Agent) unterliegen. Vielmehr müssen die Effizienzkriterien für die Erfüllung der primären Marktfunktionen von solchen Teilnehmerarten losgelöst werden, um den Realitäten der teil- bzw. vollautomatisierten Märkte konform zu werden.

Dazu bietet es sich an, die wichtigste Komponente der Preisbildung, nämlich die Informationen, differenzierter als bisher in der vorherrschenden Kapitalmarkttheorie zu betrachten. Für das Erreichen der Markteffizienz verlangt die EMH zwingend die Verarbeitung aller, sowohl mehr als auch weniger relevanten Informationen, unabhängig von ihrer Herkunft und Güte. Im Gegensatz dazu ist auf den realen Märkten häufig nicht nur der Umfang, sondern auch die Zusammensetzung der Informationsarten bedeutsam. Denn die Märkte reagieren sensibel auf strukturelle Ungleichmäßigkeiten. Folglich sollte eine alternative Markthypothese das Verhältnis zwischen dem Umfang einzelner Informationsarten berücksichtigen, die auf dem Aktienmarkt verarbeitet werden.

Einen weiteren Aspekt bei der Verfolgung der soziobiologischen Evolutionstheorie stellen die Rahmenbedingungen eines Aktienmarktes dar. Die EMH und deren Abwandlungen bilden für eine historisch gewachsene Institution, wie eine Börse, ein künstliches Korsett aus Annahmen und Regeln. Zwar kann damit ein Aktienmarkt allgemein modelliert und analysiert werden. Dies spiegelt jedoch

nicht die Komplexität und die Dynamik eines mehrschichtigen Aktienhandelsprozesses wider.

Die interdisziplinären Zusammenhänge zwischen Gruppen und Individuen, die Ähnlichkeiten zwischen Prozessen aufweisen, werden sowohl in den Wirtschafts- und Soziologiewissenschaften als auch in den Naturwissenschaften seit langem erforscht. Dementsprechend sollte eine alternative Markthypothese, die mit Ansätzen der Evolutionstheorie kompatibel ist, nicht losgelöst von den in der Natur stattfindenden Prozessen aufgestellt werden. Daher sollte der Handelsmechanismus eines Aktienmarktes in Kombination mit Methoden und Gesetzen der Natur beschrieben werden.

Einen theoretischen Rahmen, der den aufgeführten Kriterien entspricht, bietet die von PETERS entwickelte Fraktale Markthypothese (FMH). Die FMH überträgt das mathematische Konzept der Fraktale, die als skalierbare geometrische Muster künstliche oder natürliche Gebilde modellieren, auf die Beschreibung der Dynamik von Finanzmärkten. Basierend auf finanzwirtschaftlichen Renditezeitreihen empirisch nachgewiesenen fraktalen Strukturen, schlägt PETERS vor, die zugehörigen Renditeverteilungsfunktionen abhängig von gruppenspezifischen Anlagehorizonten zu skalieren. Die unterschiedlichen Anlagehorizonte implizieren hierbei eine unterschiedliche Informationswahrnehmung und -verarbeitung der Marktteilnehmer.

Ausgehend von diesen Überlegungen kommt PETERS zum Schluss, dass das Hauptkriterium für die Marktstabilität eine ausreichende Präsenz der Marktakteure auf jedem Zeithorizont darstellt. Liegt auf dem Markt eine Heterogenität der Anlagehorizonte vor, wird die Verarbeitung jeglicher, für die Preisbildung relevanter Informationen in Abhängigkeit von ihrer Wertigkeit für den jeweiligen Zeithorizont ermöglicht. Daraus wird die Sicherstellung der Marktliquidität abgeleitet. Denn die Aktienkursänderungen, die durch die für einen kurzfristigen Anlagehorizont relevanten Informationen auftreten, können einem langfristig orientierten Anleger eine Opportunität bieten. So kann er seine vorher festgelegten strategischen Entscheidungen realisieren, die auf Informationen seines relativ langfristigen Anlagehorizonts basieren.

Gerät jedoch die Verteilung der Anlagehorizonte ins Ungleichgewicht, tendieren die Marktteilnehmer dazu, identische Entscheidungen durch die Verarbeitung gleichartiger Informationen zu treffen. Somit werden die eintreffenden Informationen unverhältnismäßig zu ihrer Wertigkeit in den Aktienkursen widerspiegelt. Sollte ein Marktakteur aufgrund von internen oder externen Einflussfaktoren seine Anlageentscheidung unbedingt durchführen müssen, wird er einen Preis akzeptieren, der vom fundamentalen inneren Wert einer Aktie deutlich abweicht. In dieser Situation fehlt dem Aktienmarkt die Liquidität, um Transaktionen zu Marktpreisen zu ermöglichen, die nah an inneren Aktienwerten liegen. Ein solcher Markt unterliegt hohen Kursschwankungen und ist nicht mehr stabil. Da die Anleger aufgrund der Liquiditätsproblematik Zu- bzw. Abschläge auf die Preise in Kauf nehmen müssen, die auf einem stabilen Markt erzielt werden könnten, sind die primären Funktionen des Aktienmarktes gestört. Letztendlich ist ein solcher Markt nicht effizient.

Die FMH bietet daher offenbar ein geeignetes Werkzeug zur Beschreibung eines modernen Aktienmarktes. Einerseits könnten die in der FMH postulierten Effizienzkriterien empirisch formalisiert werden. Andererseits leidet die Hypothese nicht unter den Einschränkungen und Annahmen, wie sie die EMH und ihre Modifikationen vorweisen. Die Einordnung der Informationen entsprechend ihrer Relevanz für einen Anlagehorizont ermöglicht eine Erklärung des dynamischen Marktgeschehens inklusive der Aktienpreisblasen und der exzessiven Volatilität, sogar wenn dabei vom Informationsverarbeitungsprozess der Entscheider abstrahiert wird. Dies erlaubt, die FMH auf Märkte mit unterschiedlichen Teilnehmerstrukturen anzuwenden. Folglich sind hier auch Software-Agenten zulässige Marktakteure.

Im Gegensatz zur Behavioral Finance und zur AMH liefert die FMH jedoch keine Erklärung, warum die Entscheidungen einzelner Marktteilnehmer im Widerspruch zu einer objektiv-rationalen Entscheidung stehen können. Zwar sagt die FMH aus, dass auf einem instabilen, weniger liquiden Markt die Verschiebung der Zeithorizontverteilungen der Marktteilnehmer zu einer homogenen Struktur hin stattfindet. Die Ursachen dieser Verschiebung werden in der FMH jedoch nicht ausreichend benannt. Eine derartige Erklärung ist aber für die Vermeidung oder Abschwächung von Krisensituationen unabdingbar, die direkt mit den Ak-

tienpreisblasen und der exzessiven Volatilität im Zusammenhang stehen. Für die Praxis folgt daraus, dass ein funktionierendes Früherkennungssystem des Aktienmarktes auf Basis der FMH nicht modelliert werden kann.

Obwohl die FMH bereits vor über 20 Jahren veröffentlicht wurde, stand sie im Schatten der Behavioral Finance, die seit Mitte der 1990-er Jahre die wissenschaftliche Diskussion dominiert. Der herausragende Vorteil der FMH, nämlich die Widerspruchsfreiheit zu den Aktienmärkten mit teil- und vollautomatisierter Mikrostruktur, wird immer noch außer Acht gelassen. Es erschienen bisher keine Arbeiten, die diese Problematik explizit würdigen, nur implizit wird sie bei der Modellierung der Märkte mit heterogenen Teilnehmerstrukturen berücksichtigt. So stellen ANDERSON / NOSS (2013) unter den Prämissen der FMH ein quantitatives Modell zur Erklärung des interaktiven Anlegerverhaltens und der Preiszusammensetzung auf.

Allgemein erschienen nur wenige theoretische und empirische Arbeiten zur FMH, die sich überwiegend entweder auf die empirische Überprüfung der Thesen konzentrierten³⁵⁶ oder spezielle Marktzustände und Marktsegmente aus Sicht der FMH untersuchten.³⁵⁷ So sind die essentiellen Nachteile der FMH, die fehlenden impliziten Ansätze zur Modellierung und Eingrenzung der stabilen Marktzustände sowie die damit verbundene Zusammensetzung einzelner Teilnehmergruppen, noch nicht systematisch untersucht.

Eine Vorgehensweise zur Füllung der theoretischen Lücken kann eine Erweiterung der FMH um die Aspekte der Evolutionstheorie darstellen. Hierbei ist im Vergleich zur AMH eine mannigfaltige Betrachtung des Evolutionsprozesses unter Berücksichtigung des technologischen Wandels auf Aktienmärkten sinnvoll. Bereits die AMH zeigte, dass eine Vereinigung der Markttheorie mit den verhaltensorientierten, soziobiologischen Ansätzen eine vielversprechende Erweiterung der EMH liefert. Es bietet sich an, auf dieser Basis eine Synthese der FMH mit der Evolutionstheorie zu begründen, die einen Aktienmarkt sowohl aus

³⁵⁶ Vgl. z.B. Weron / Weron (2000), Vácha / Vošvrda (2005), Blackledge (2010), Kristoufek (2012).

³⁵⁷ Vgl. z.B. Quang (2005), Teplow (2007), Panas / Ninni (2010), Dar / Bhanja / Tiwari (2016).

einer soziobiologischen als auch aus einer soziotechnischen Perspektive erklärt.

2 FMH und Evolutionsprozesse

2.1 Fraktale Strukturen auf dem Aktienmarkt

2.1.1 Grundlagen der Fraktale

Die Fraktale Geometrie ist ein Gebiet der Mathematik, das eine Erweiterung der euklidischen Geometrie um die geometrischen Gebilde mit gebrochener HAUSDORFF-Dimension³⁵⁸ (Fraktale) darstellt. Insbesondere seit der Veröffentlichung der Arbeiten von MANDELBROT (1977) und MANDELBROT (1982) fand dieses Konstrukt auch in anderen Wissenschaftszweigen Anwendung. Die Ursprünge der Fraktalen Geometrie liegen jedoch bereits in den Arbeiten zu iterierten Funktionssystemen³⁵⁹ von z.B. CANTOR (1883), PEANO (1890), HILBERT (1891), KOCH (1906), oder SIERPINSKI (1915), die zahlreiche klassische Fraktale entwickelten. Dennoch ist es erst MANDELBROT gelungen, die Relevanz der fraktalen Strukturen für ein einheitliches Konzept zur Beschreibung und Darstellung von natürlichen komplexen Systemen oder Objekten zu definieren und daraus die Fraktale Geometrie abzuleiten.³⁶⁰

Obwohl sich keine allgemein anerkannte naturwissenschaftliche Definition eines Fraktals durchgesetzt hat, werden Fraktale aus der Sicht der Mathematik als Mengen mit einigen eng miteinander verbundenen Eigenschaften und Regeln dargestellt.³⁶¹ Dazu gehören vor allem:

- Fraktale Dimension,
- Selbstähnlichkeit,
- Generierungsvorschriften.

Die euklidische Geometrie beschreibt glatte geometrische Objekte, die eine reguläre Struktur aufweisen, den sie umschließenden Trägerraum ausfüllen und

³⁵⁸ Vgl. Hausdorff (1919), S. 157 – 179.

³⁵⁹ Unter einem iterierten Funktionssystem wird in der Mathematik eine unter Verknüpfung abgeschlossene Funktionsmenge verstanden, wobei einzelne Funktionen einen identischen Definitions- und Wertebereich besitzen. Vgl. Barnsley (2012), S. 80.

³⁶⁰ Vgl. Peitgen / Jürgens / Saupe (1992), S. 81f.

³⁶¹ Vgl. Behrends (1994), S. 195.

eine ganzzahlige (topologische) Dimension besitzen. Dabei wird unter Dimension die minimale Anzahl der Parameter verstanden, die einen Punkt im Raum vollständig bestimmen. Danach hat ein Punkt eine Dimension von *null*, eine Linie eine Dimension von eins, eine Fläche eine Dimension von zwei und eine Kugel eine Dimension von drei. Im Gegensatz dazu füllt ein Fraktal aufgrund seiner irregulären, rauen Struktur den Trägerraum unvollständig aus. Seine Dimension ist also kleiner als die Dimension des ihn umschließenden Trägerraumes, aber größer als die nächstkleinere ganzzahlige Dimension. Somit besitzt ein Fraktal eine nicht-ganzzahlige Dimension – *fraktale Dimension*.³⁶²

Unter *Selbstähnlichkeit* wird die Eigenschaft eines Objektes verstanden, eine Ähnlichkeit oder Identität eines zutreffend gewählten vergrößerten Ausschnitts zum ursprünglichen Objekt widerzuspiegeln. Somit können Fraktale in disjunkte Teilmengen aufgeteilt werden, die ihrerseits durch die Transformation der Ausgangsmenge entstehen.³⁶³ Dabei ist es möglich, dass die Transformation nicht exakt (z.B. affin oder nichtlinear) erfolgt, wodurch die daraus entstehenden Teilmengen keine exakte Selbstähnlichkeit aufweisen. Für die Anwendung des Konzepts der Fraktale auf Aktienmärkte ist ein Sonderfall nicht exakter Transformation relevant, nämlich die zufällige (stochastische) Transformation. Bei dieser Transformationsart ähneln die Teilmengen nur strukturell der ursprünglichen Menge und sind nur durch statistische Eigenschaften identisch. Es liegt folglich allein statistische Selbstähnlichkeit vor.³⁶⁴

Allgemein entsteht ein Fraktal durch die Anwendung von *Generierungsvorschriften*. Zuerst wird das Basisobjekt (Initiator) definiert, der als Grundbaustein des Fraktals dient und den kleinstmöglichen selbstähnlichen Ausschnitt darstellt. Anschließend wird wiederholt der transformierte Initiator (Transformation) an die vorgeschriebene Stelle zum vorangegangenen Fraktal hinzugefügt bzw. ein vorgeschriebenes Teil davon ersetzt (Iteration). Somit bestehen die Gene-

³⁶² Vgl. Nemtsev (2006), S. 143f.

³⁶³ Vgl. Nemtsev (2006), S. 140.

³⁶⁴ Vgl. Kerling (1998), S. 94f.

rierungsvorschriften eines Fraktals aus drei Komponenten: Initiator, Transformationsvorschrift und Iterationsvorschrift.³⁶⁵

Als relativ einfaches, aber typisches Beispiel für ein Fraktal gilt die sogenannte Koch-Kurve, deren Generierungsprozess in der Abbildung 19 veranschaulicht wird. Bei diesem Fraktal stellt eine einfache Gerade den Initiator dar. Anhand der zugrundeliegenden Transformationsvorschrift wird ein gerades Element gedrittelt. Anschließend wird das mittlere Drittel durch zwei seiner Kopien ersetzt, die in einem Winkel von 60° zur ursprünglichen Geraden stehen. Im Ergebnis wird eine gebrochene Kurve generiert. Entsprechend der Iterationsvorschrift wird diese Transformationsvorschrift auf alle geraden Teile des aktuellen Fraktals angewandt. Nach mehreren Iterationsschritten entsteht somit ein schneeflockenartiges Gebilde.³⁶⁶ Für jede beliebige Vergrößerung weist es ein Muster auf, das exakt so bereits in den vorherigen Iterationsstufen enthalten war. Die Koch-Kurve ist demnach ein Beispiel für ein exakt selbstähnliches Fraktal.

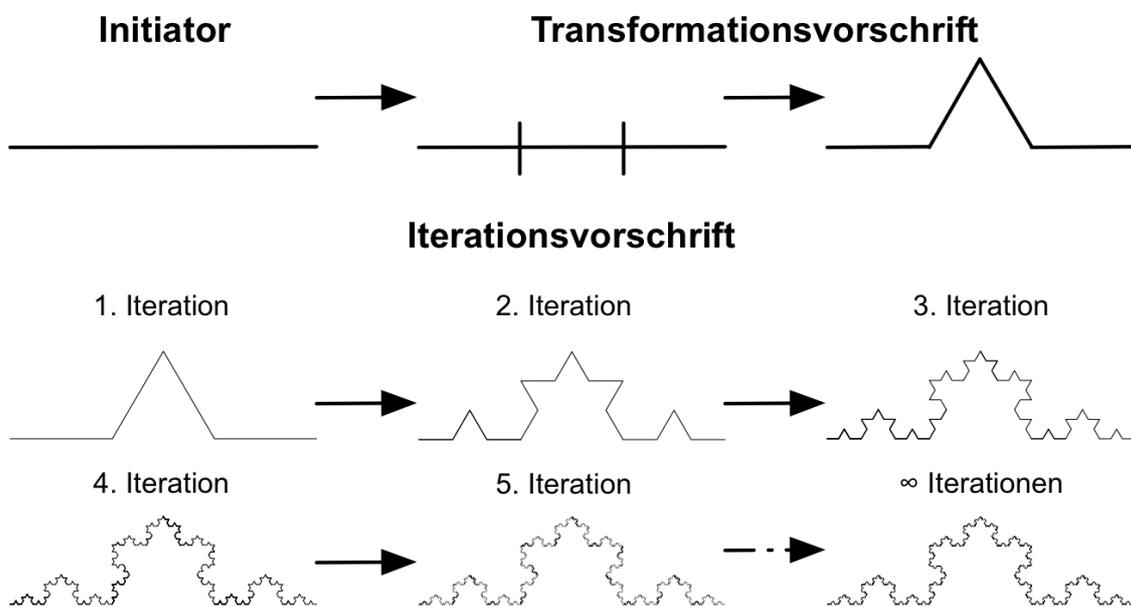


Abbildung 19: Generierungsprozess der Koch-Kurve³⁶⁷

³⁶⁵ Vgl. Mandelbrot / Hudson (2009), S. 183 – 185.

³⁶⁶ Diverse Variationen der Koch-Kurve-Fraktale finden sich in Mandelbrot (1987), S. 46 – 69. Auch Beispiele zu anderen Fraktaltypen sind in Mandelbrot (1987) ausführlich beschrieben.

³⁶⁷ Eigene Darstellung.

Das Beispiel verdeutlicht, dass der Initiator bei jedem Iterationsschritt skaliert wird. Allgemein wird die Größenänderung des Initiators durch den Skalierungsfaktor ausgedrückt und spiegelt das Größenverhältnis des Initiators in zwei aufeinanderfolgenden Iterationsstufen wider. Bei der Koch-Kurve handelt es sich um eine Konstante mit einem Wert von $1/3$, was eine Verkleinerung des Initiators bei jeder Iteration bedeutet.³⁶⁸ Dagegen wächst die Gesamtlänge der Koch-Kurve mit jedem weiteren Iterationsschritt, da jede Gerade zunächst in drei Teile geteilt und anschließend durch vier Elemente von jeweils $1/3$ der ursprünglichen Länge ersetzt wird. Folglich wächst die Länge der Koch-Kurve bei jeder Iteration um einen Faktor von $4/3$.³⁶⁹

Damit wird eine direkte Beziehung zwischen der aktuellen Größe des Initiators und der Länge der Koch-Kurve sichtbar. Mit jedem Iterationsschritt wird der Initiator exponentiell kleiner und die Länge exponentiell größer. Aus dieser Beziehung folgt die Skaleninvarianz der Fraktale. Sie liegt allgemein in der Form $y \propto w^m$ vor³⁷⁰ und drückt das Potenzgesetz zwischen z.B. Länge, Oberfläche, Volumen einerseits und Maßstab andererseits mit einem konstanten Potenzfaktor m aus. Speziell für die Koch-Kurve wird nach mehreren Umformungen folgende logarithmische Gleichung zur Berechnung des zugehörigen Potenzfaktors abgeleitet:³⁷¹

$$\log_3(L) = m * \log_3(1/g) \quad (25)$$

mit:

L : Länge der Koch-Kurve im jeweiligen Iterationsschritt,

³⁶⁸ Vgl. Kerling (1998), S. 88.

³⁶⁹ Vgl. Kerling (1998), S. 95f.

³⁷⁰ Das Symbol „ \propto “ bedeutet „proportional zu“.

³⁷¹ Vgl. Peitgen / Jürgens / Saupe (1992), S. 244f.

g : Länge des Initiators im jeweiligen Iterationsschritt,

m : konstanter Potenzfaktor.

Unter Berücksichtigung des Skalierungsfaktors ($1/3$) und des Wachstumsfaktors ($4/3$) wird die Gleichung (25) nach einem Potenzfaktor $m = \log_3(4/3) \approx 0,2619$ aufgelöst. Der Potenzfaktor drückt die Komplexität bzw. die Irregularität eines Fraktals aus. Ein Fraktal mit einem höheren Potenzfaktor weist eine relativ zerklüftete Struktur auf. Im Vergleich dazu ist ein Fraktal mit einem niedrigeren Potenzfaktor flacher aufgebaut.³⁷²

Verbunden mit dem Potenzfaktor ist die Dimension eines Fraktals, die ebenfalls Hinweise zu seiner Aufbaustruktur gibt. Wie in der Abbildung 19 ersichtlich ist, wird der das Fraktal umgebende leere Raum mit jedem Iterationsschritt zunehmend ausgefüllt. Gleichzeitig wird die Koch-Kurve niemals einen zweidimensionalen Raum vollständig einnehmen.³⁷³ Zur Berechnung der fraktalen Dimension existieren verschiedene Verfahren, die teilweise unterschiedliche Ergebnisse liefern. Für komplexe Fraktale mit nicht exakten Transformationsvorschriften wird häufig die so genannte Box-Methode angewandt. Dabei wird ein Fraktal mit einem Gitternetz überdeckt, anschließend wird die Anzahl der leeren und der gefüllten Zellen zueinander in Relation gesetzt. Für die exakt selbstähnlichen Fraktale, wie die Koch-Kurve, existieren genauere mathematische Techniken, die eine analytische Berechnung der fraktalen Dimension ermöglichen. So hat die Dimension der Koch-Kurve einen Wert von $1,2619$.³⁷⁴

2.1.2 Fraktale Zeitreihen

Die mathematische Sicht auf Fraktale eignet sich tendenziell für die Beschreibung und die Charakterisierung von exakt selbstähnlichen theoretischen Konstrukten. Die fraktalen Strukturen, also Mengen bestehend aus skaleninvarian-

³⁷² Vgl. Brown / Liebovitch (2010), S. 5f.

³⁷³ Vgl. Kerling (1998), S. 89

³⁷⁴ Vgl. Kerling (1998), S. 96f.

ten iterierenden Mustern, lassen sich auch in der natürlichen Umgebung beobachten. Dazu gehören z.B. Küstenlinien, Bäume, Farne, Lunge. Die Formalisierung dieser Muster weist jedoch keine exakten Transformationsvorschriften auf, sondern nur eine unabhängig von der gewählten Betrachtungsskala strukturelle Identität.³⁷⁵

Eine ähnliche Vorgehensweise lässt sich auf die Untersuchung von Zeitreihen übertragen. In diesem Fall wird eine Zeitreihe als ein potenzielles Fraktal angenommen.³⁷⁶ Ihre Elemente entstehen durch einen meist unbekanntem, festen Generierungsprozess. Die Überprüfung dieser Annahme kann aus theoretischer Sicht durch die Ableitung des zugrundeliegenden Generierungsprozesses erfolgen, stellt allerdings in der Empirie häufig eine unüberwindbare Hürde dar. Aus diesem Grund wird versucht, nur die selbstähnlichen Muster zu identifizieren, die zwar keine exakte Transformation besitzen, strukturell aber identisch sind.³⁷⁷

Für die Untersuchung der Zeitreihen bedeutet dies, dass statistische Parameter der skalierten partiellen Zeitreihen und der damit verbundenen Verteilungen ähnliche Eigenschaften aufweisen müssen. Darum handelt es sich um *statistische Selbstähnlichkeit*. Als Skalierungsmaßstab zur Definition partieller Zeitreihen bietet sich die Zeitskala an. Zunächst wird die Zeitreihe entlang der Zeitskala in Abschnitte geteilt und anschließend auf den ursprünglichen Maßstab der Ausgangszeitreihe reskaliert. Aus einer Zeitreihe auf Jahresbasis wird eine partielle Zeitreihe auf Monatsbasis abgeleitet, daraus entsteht eine partielle Zeitreihe auf Wochenbasis und so weiter. Die Feststellung der fraktalen Strukturen innerhalb einer Zeitreihe erfolgt dann, wenn die zeitlich begrenzten partiellen Zeitreihen eine statistische Selbstähnlichkeit zur ursprünglichen Ausgangszeitreihe zeigen.³⁷⁸

³⁷⁵ Vgl. Evertsz et al. (1999), S. 405.

³⁷⁶ Im Unterschied zu Fraktalen in der Natur, die durch Ähnlichkeitstransformationen entstehen, sind fraktale Zeitreihen affine Transformationen. Vgl. Kerling (1998), S. 97f.

³⁷⁷ Vgl. Plaschko / Brod (1995), S. 205f.

³⁷⁸ Vgl. Evertsz et al. (1999), S. 409f.

Die erste Vermutung für die Existenz von Abhängigkeiten innerhalb der Finanzzeitreihen, die später als fraktale Strukturen benannt wurden, äußerte MANDELBROT bei der Untersuchung der Zeitreihen von Baumwollpreisen, 1816 – 1940.³⁷⁹ Dabei stellte er fest, dass deren Verteilungsparameter nicht mit den Verteilungsparametern des von BACHELIER unterstellten Random-Walks vereinbar sind. Spätere Untersuchungen von Finanzzeitreihen lieferten ähnliche Ergebnisse.³⁸⁰

Insbesondere die Häufigkeit von extrem seltenen Ereignissen war deutlich höher und somit die Ausläufe der entsprechenden Dichtefunktion breiter (leptokurtische Dichtefunktion)³⁸¹ als es unter der Annahme der Normalverteilung zu erwarten wäre. Auch die instabile Volatilität der Daten ließe sich nicht mit einem Random-Walk-Prozess in Einklang bringen. Insgesamt schloss MANDELBROT daraus, dass Finanzzeitreihen nichtlineare Strukturen aufweisen und deren Verteilungsfunktionen exponentiell sind. Derartige Verteilungen gehören zur Familie stabiler Paretoverteilungen und zeichnen sich durch eine leptokurtische Form aus.³⁸²

Speziell wurde die Stabilität der statistischen Eigenschaften bei einem Vergleich der Gesamtzeitreihe mit partiellen Zeitreihen festgestellt. Zu diesem Zweck werden die Finanzzeitreihen unter Zugrundelegung unterschiedlicher Zeithorizonte gegenübergestellt, vergrößert durch eine kleinere Zeitskala der Gesamtzeitreihe. Dabei zeigt sich sowohl die visuelle als auch die statistische Selbstähnlichkeit der Kursverläufe.³⁸³

In späteren Studien übertragen sowohl MANDELBROT als auch zahlreiche andere Wissenschaftler diese Sichtweise auf Aktienmärkte. Obwohl die empirische Forschung keine einheitlichen Ergebnisse liefert, ist es mittlerweile ein von vie-

³⁷⁹ Vgl. Mandelbrot (1962) und Mandelbrot (1963).

³⁸⁰ Vgl. z.B. Mandelbrot (1966), Mandelbrot (1967), Mandelbrot / Taylor (1967), Mandelbrot (1968), Mandelbrot (1969), Mandelbrot (1970).

³⁸¹ Eine leptokurtische Dichtefunktion zeichnet sich durch die stärkere Wölbung im Vergleich zur Dichtefunktion der Normalverteilung aus. Folglich sind die Wahrscheinlichkeiten für minimale und extreme Abweichungen vom Erwartungswert relativ hoch.

³⁸² Vgl. Mandelbrot (1963), S. 394 – 396.

³⁸³ Vgl. Mandelbrot / Hudson (2009), S. 227 – 231.

len akzeptierter akademischer Standpunkt, dass Aktienkurse nicht einem Random-Walk folgen.³⁸⁴ Vielmehr weisen deren Renditen als Zufallsvariablen langfristige serielle Korrelationen (Persistenz) und Sprünge auf. Demnach hängen die aktuellen Kursänderungen von Ereignissen der relativ weit zurückliegenden Perioden ab.³⁸⁵ Die Sprünge führen wiederum zur Entstehung von Phasen mit unterschiedlicher Volatilität (Heteroskedastizität).³⁸⁶ Auf eine Phase mit relativ niedriger (hoher) Volatilität der Aktienkurse folgt abrupt eine Phase mit starken (schwachen) Kursausschlägen. Beide Effekte reflektieren den zyklischen und trendbehafteten Charakter der Aktienmärkte.³⁸⁷

So weisen die logarithmierten DAX-Tagesrenditen relativ zu korrespondierenden Random-Walk-Tagesrenditen eine erhöhte Häufigkeit überdurchschnittlicher Kursausschläge auf: Das Dreifache der Standardabweichung (ein 3σ -Ereignis) innerhalb der DAX-Renditereihe tritt mehr als viermal häufiger als bei einem Random-Walk auf. Noch größer zeigt sich diese Differenz bei einem 4σ -Ereignis mit einem Faktor von 17. Ein 5σ -Ereignis tritt bei Random-Walk innerhalb des Zeitintervalls der Simulation überhaupt nicht auf, wobei die DAX-Renditen immerhin an zehn Tagen diese Schranke überschreiten. Auch sind signifikante heteroskedastische Effekte zu beobachten (vgl. Abbildung 20).

Eine derartige Entwicklung der Aktienkurse ist skaleninvariant. Sie weist in den Kursverläufen auf Tages-, Wochen-, Monats- oder Jahresbasis einer Zeitreihe eine strukturelle Identität auf. Diese statistische Selbstähnlichkeit lässt sich auch in der grafischen Darstellung vermuten. Ohne detaillierte Angaben über die Zeitskala wäre es nicht möglich, die einzelnen Grafiken zu identifizieren (vgl. Abbildung 21). Allerdings ist eine visuelle Analyse der statistischen Selbstähnlichkeit weder objektiv noch quantifizierbar. Weiterhin besitzt ein statistisch-mathematischer Nachweis aufgrund des a priori unbekanntem Skalierungsfak-

³⁸⁴ Vgl. Hudson (2009), S. 19f.

³⁸⁵ Vgl. Mandelbrot (1965), S. 3275f.

³⁸⁶ Vgl. Assenmacher (2002), S. 180.

³⁸⁷ Vgl. Mandelbrot / Hudson (2009), S. 235.

tors einen hohen Komplexitätsgrad.³⁸⁸ Dies ist jedoch kein Bestandteil dieser Arbeit.

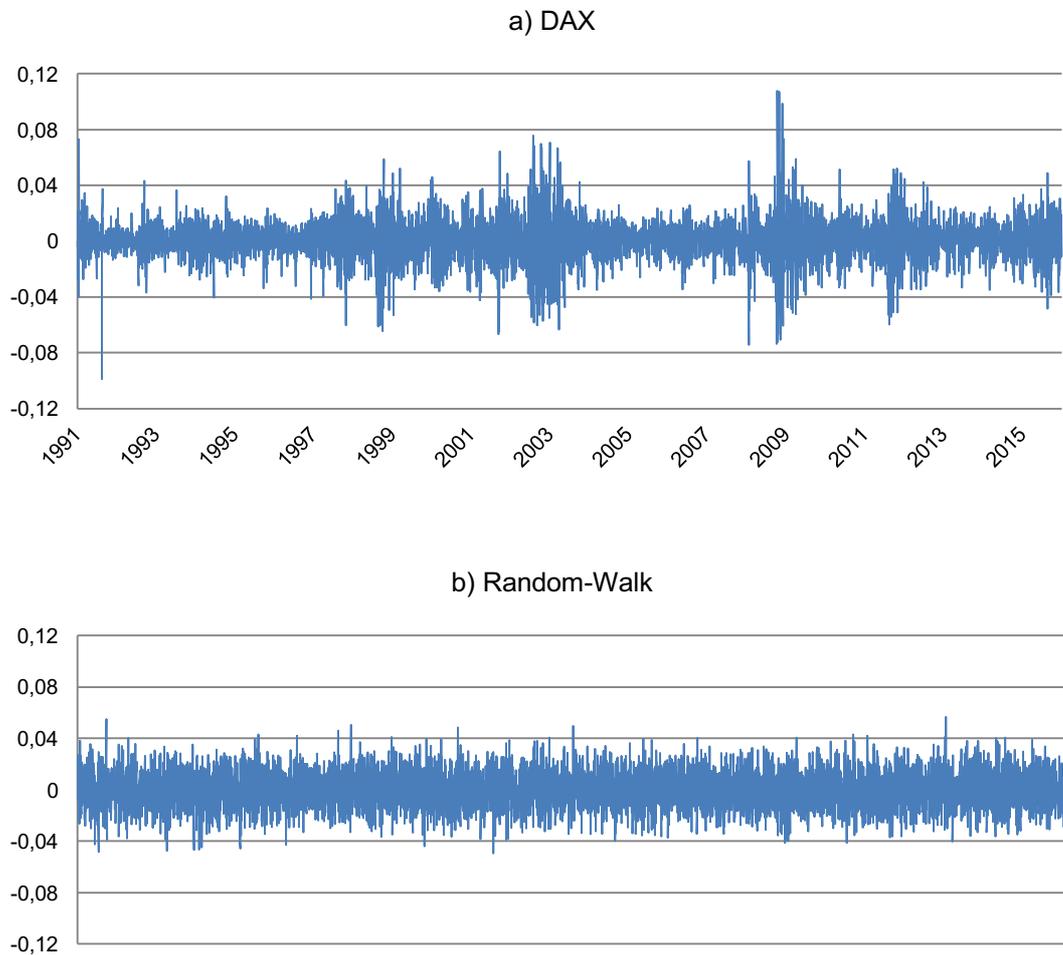


Abbildung 20: a) Logarithmierte tägliche DAX-Renditen, 1991 – 2015 und b) Logarithmierte tägliche Renditen des korrespondierenden Random-Walks³⁸⁹

Die Feststellung fraktaler Strukturen in Aktienkurszeitreihen ermöglicht die Anwendung spezifischer Ansätze für die Datenanalyse. Im Unterschied zur ökonomischen Zeitreihenanalyse richtet sich die Fraktalanalyse auf die Untersuchung der statistischen Eigenschaften einer Zeitreihe auf Basis unterschiedlicher Zeit- oder Renditehorizonte. Zudem kann damit die relativ große Häufigkeit oder das generelle Vorkommen von extremen Marktzustände erklärt werden, die durch die neoklassische Kapitalmarkttheorie nicht abgedeckt sind.

³⁸⁸ Vgl. Kerling (1998), S. 100 – 103.

³⁸⁹ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg.

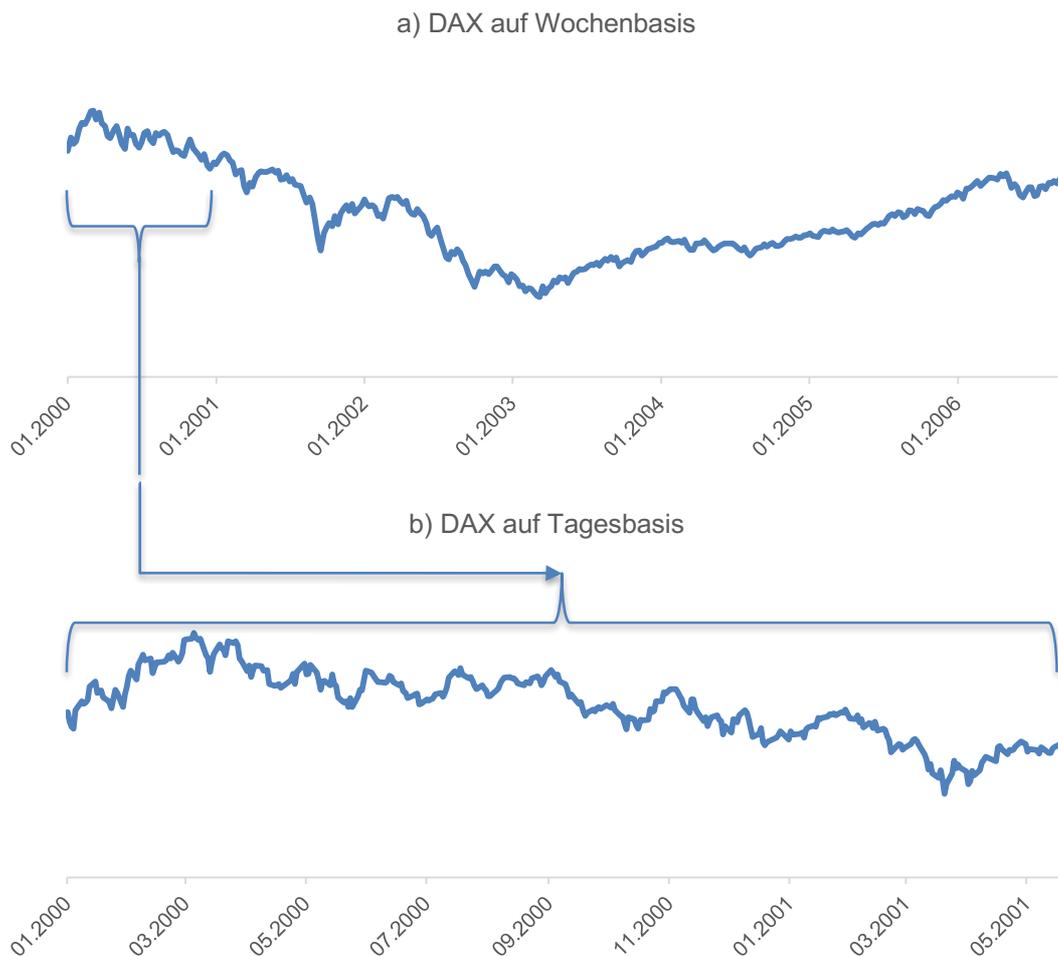


Abbildung 21: Reskalierung der DAX-Zeitreihe von a) Wochenbasis auf b) Tagesbasis³⁹⁰

Jedoch geht MANDELBROT auf Marktprozesse und Marktstrukturen, die zur Bildung von Zeitreihen mit einer fraktalen Dimension führen, nur partiell ein. Auch die Beurteilungskriterien zur Marktgröße für die Erfüllung der Funktionen des Aktienmarktes fehlen gänzlich. Erst die in PETERS (1991) UND PETERS (1994) aufgestellte Fraktale Markthypothese behandelt dieses Problem.

2.1.3 Fraktale Markthypothese

Für die Analyse der Ursachen der Existenz von fraktalen Strukturen innerhalb der Aktienkurszeitreihen muss der Preisbildungsprozess auf dem Aktienmarkt betrachtet werden. Die Preisbildung als Aggregation einzelner Anlageentschei-

³⁹⁰ Eigene Darstellung, Datenquelle: Bloomberg. Jede Zeitreihe beinhaltet 350 Datenpunkte.

dungen hängt ab von den Annahmen der Marktakteure über Rendite und Risiko einer Anlage während des angestrebten Anlagehorizonts. PETERS ordnet dafür zunächst das Risikoniveau der Anlage der Risikoverteilung in Abhängigkeit vom jeweiligen Anlagehorizont zu.³⁹¹

Ausgehend von einer Zeitskala mit großen Abschnitten (z.B. auf Jahresbasis) sind Marktteilnehmer mit einem kurzen Anlagehorizont bereit, eine geringere Rendite mit einem niedrigeren Risikoniveau zu akzeptieren. Marktakteure mit einem langen Anlagehorizont neigen dagegen dazu zur Erzielung höherer Renditen ein höheres Risikoniveau anzunehmen. Unter dem Risikoniveau wird hier die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines seltenen, negativen Ereignisses verstanden. Bezogen auf Aktienmarkt reflektiert ein solches Ereignis eine Aktienkursänderung innerhalb einer Zeitperiode in Höhe eines Vielfachen der durchschnittlichen Volatilität, die durch die Standardabweichung repräsentiert wird. Je länger der Anlagehorizont ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer starken Kursänderung innerhalb dieses Zeithorizonts und vice versa.

Basierend auf Ergebnissen seiner empirischen Studien³⁹² stellt PETERS jedoch fest, dass bei Berücksichtigung des Skalierungsfaktors das Risikoniveau auf jedem Anlagehorizont konstant bleibt. Die Skalierung bedeutet hier eine Anpassung des Risikoniveaus an die jeweilige Zeitskala. Dafür wird das Risikoniveau nicht im Bezug zur Gesamtzeitreihe berechnet, sondern partiell für den jeweiligen Anlagehorizont.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Risikoniveau konform zum Potenzgesetz entwickelt und eine statistische Selbstähnlichkeit der vom jeweiligen Anlagehorizont abhängigen Finanzzeitreihen vorliegt.³⁹³ Demzufolge kann daraus die Existenz fraktaler Strukturen auch im Aufbau des Gesamtmarktes abgeleitet werden. Wenn man die zugehörigen Renditeverteilungen durch die Skalierung

³⁹¹ Weitere Ausführungen dieses Abschnitts basieren auf Peters (1994), S. 44 – 49.

³⁹² Unter anderem untersucht Peters darin Abweichungen der Renditeverteilungen des Dow Jones Index von der Normalverteilung auf verschiedenen Renditehorizonten innerhalb eines Zeitintervalls von 1888 bis 1991. Vgl. insbesondere Peters (1991) und Peters (1994). Auch in weiteren empirischen Untersuchungen wurde die Skaleninvarianz der Verteilungen auf dem Aktienmarkt gezeigt, vgl. z.B. Gabaix, et al. (2003).

³⁹³ Vgl. Kapitel IV.2.1.1.

auf einen einheitlichen Anlagehorizont transformiert, agieren heterogene Anleger trotz unterschiedlicher Investitionshorizonte im Kontext der gleichen Risikostruktur. Diese Schlussfolgerung dient PETERS als Grundlage der FMH.

Die Relevanz der Skalierung der Renditeverteilungen für die Anlageentscheidungen der Marktteilnehmer auf einem Aktienmarkt mit fraktaler Struktur wird deutlich, wenn die Bedeutung einer Aktienkursänderung im Zusammenhang mit Rendite und Risiko auf unterschiedlichen Zeithorizonten betrachtet wird. Auf einem Aktienmarkt, dessen Preisbildungsprozess einen Random-Walk-Charakter hat, kann für einen Akteur mit einem täglichen Anlagehorizont eine Rendite r_j in Höhe der fünffachen Tagesstandardabweichung σ_D (5σ -Ereignis) gravierende Folgen haben. Aufgrund des Potenzgesetzes ist eine Monatsstandardabweichung σ_M um einen Faktor $t^{1/2}$ bei $t = 20$ Handelstagen im Monat³⁹⁴ höher als die Tagesstandardabweichung. Somit stellt die Rendite r_j für einen Anleger mit einem monatlichen Renditehorizont nur eine unwesentliche Überschreitung seines üblichen Risikoniveaus σ_M in Höhe von $1,12 * \sigma_M$.

Das Beispiel verdeutlicht den in der FMH formulierten liquiditätssichernden Prozess auf einem Aktienmarkt mit fraktaler Struktur. Die Volatilitätsschwankungen, die durch Marktteilnehmer mit einem kürzeren Anlagehorizont nicht aufgefangen oder sogar verursacht sind, werden durch die längerfristig orientierten Investoren geglättet. Solange es eine ausreichende Anzahl von Anlegern auf einem mindestens der Schwankungsbreite entsprechenden Renditehorizont gibt, setzt sich der liquiditätssichernde Prozess fort und die Marktstabilität bleibt erhalten.

Selbst wenn extreme Kursausschläge auftreten, aber weiterhin fraktale Strukturen bestehen, kehrt der Markt ohne externe Eingriffe³⁹⁵ zu einem stabilen Zu-

³⁹⁴ Die Bestimmung des Skalierungsfaktors hängt von der Verteilungsannahme über den zugrundeliegenden Preisbildungsprozess ab. Bei einem Random-Walk-Prozess und der daraus folgenden Normalverteilung der Renditen beträgt der Skalierungsfaktor den Wert von $1/2$. Somit entsteht ein Verhältnis zwischen σ_M und σ_D : $\sigma_M = t^{1/2} * \sigma_D$. Diese Beziehung kann hinsichtlich der Renditezeitreihen mit fraktalen Strukturen (Fraktale Brownsche Bewegung) verallgemeinert werden, ist allerdings für das Verständnis des im Beispiel gezeigten Zusammenhangs nachrangig. Vgl. Kerling (1998), S. 124f.

³⁹⁵ Zu externen Eingriffen in den Handelsprozess zählen z.B. die temporäre Aussetzung des Handels oder andere regulatorische Vorschriften und Maßnahmen.

stand zurück. Das Gegenteil gilt während der Marktphasen mit einem Zustand, in dem die Volatilität durch die Anleger nicht absorbiert wird: Dem Markt fehlt die Liquidität. Folglich kann er sich nicht selbst stabilisieren und es kommt zu selbstverstärkenden Kursschwankungen, die sich durch Persistenzeffekte widerspiegeln. Diese Effekte entstehen im Preisbildungsprozess bei Verlust der fraktalen Marktstruktur sogar bei geringen Kursanstiegen.

PETERS begründet die Existenz solcher Zustände durch die Verschiebung der Teilnehmerstruktur hin zu einer homogenen Verteilung der Anlagehorizonte über die Zeitskala. Für die Erklärung der Ursachen dieser Verschiebung wird die Informationsverarbeitung der Teilnehmer abhängig von deren Anlagehorizont einer differenzierteren Analyse unterzogen. PETERS unterstellt den Marktakteuren mit einem kurzen Anlagehorizont einen hohen Perzeptionsgrad der technischen Informationen, die sich durch niedrige bis mittlere Intensität auszeichnen. Die langfristig orientierten Anleger verarbeiten dagegen mit einem hohen Perzeptionsgrad fundamentale Informationen, also Informationen mit hoher Intensität.³⁹⁶

Auf einem stabilen Markt mit fraktaler Struktur ist auf jeder Zeitskala eine ausreichende Anzahl der Anleger präsent und alle Informationenarten werden aggregiert in den Kursen widerspiegelt. Da jedoch für die Marktteilnehmer mit einem langen Anlagehorizont technische Informationen einen niedrigeren Perzeptionsgrad besitzen, fließen sie in ihre Entscheidungen zeitverzögert ein. Erst wenn ihre Bedeutung eine individuelle Relevanzschwelle erreicht oder aufgrund einer eintreffenden fundamentalen Informationen eine neue Anlageentscheidung getroffen wird, werden technische Informationen auch von langfristig orientierten Investoren berücksichtigt. Somit verläuft die Verarbeitung von technischen Informationen durch die Teilnehmer mit einem langen Anlagehorizont nichtlinear.

Durch Vernachlässigung von Informationen mit geringer Intensität können individuelle Informationsstaus entstehen. Sie werden erst durch Eintreffen neuer

³⁹⁶ Zur detaillierten Betrachtung der Informationsarten und der Informationsaggregation auf dem Aktienmarkt vgl. Kapitel III.2.1.3.

fundamentaler Informationen aufgelöst. Da die fundamentalen Informationen auch für einen kurzfristig orientierten Anleger das ökonomische Umfeld bilden, werden sie auch in seinen Entscheidungen berücksichtigt. Durch die marktweite, synchrone Auswertung der fundamentalen Informationen und der verstärkend wirkenden Auflösungen von Informationsstaus kann es zur Polarisierung der Meinungsbildung kommen. Folglich entsteht eine exzessive Reaktion in der Form überhöhter Kursschwankungen.

Nach PETERS stellen derartige Effekte einen wesentlichen Grund für das Vorliegen von leptokurtischen Verteilungen der Aktienrenditen dar. Auch die von ihm nicht explizit erwähnten Erkenntnisse zur exzessiven Volatilität decken sich mit dieser Schlussfolgerung.

Auf einem nicht stabilen Markt, der seine fraktale Struktur verloren hat, besitzen alle Teilnehmer einen kurzen Anlagehorizont, da bei langfristig orientierten Investoren wegen der unsicheren Marktlage entweder ein Anlagehorizontwechsel oder eine Handelsaussetzung stattfindet. Die Ursachen für dieses Verhalten liegen im situationsbedingten Verlust der Bedeutung fundamentaler Informationen (z.B. während der Aktienpreisblasen) oder in der komplexitätsbedingt unsicheren Auswertung (z.B. in ökonomischen oder politischen Krisensituationen) von fundamentalen Informationen. Derartige Informationen werden dann nachrangig verarbeitet, wenn überhaupt. Dementsprechend verschiebt sich die zur Teilnehmerstruktur korrespondierende Verteilung des Perzeptionsgrades hin zu technischen Informationen.

Ohne Verarbeitung von fundamentalen Informationen verlieren die Marktpreise zunehmend den Bezug zu den inneren Werten und können hohe Abweichungen dazu aufweisen. Sie hängen dann nur noch von markttechnischen Faktoren ab. Die Preisbildungsprozesse auf solchen Märkten sind überwiegend durch subjektive Wahrnehmungen der Marktteilnehmer geprägt. Dieser Zusammenhang ändert sich, sobald sich die Marktlage stabilisiert und fraktale Strukturen wiederhergestellt werden. Die langfristig orientierten Anleger kehren in den Markt zurück oder machen ihren Anlagehorizontwechsel rückgängig. Sie erkennen vorhandene Opportunitäten, sodass sich die Marktpreise ihren inneren Werten wieder annähern. Insgesamt führen die Abweichungen von funda-

mentalen Werten beim Verlust der fraktalen Marktstruktur zu Aktienpreisblasen und exzessiver Volatilität.

Zusammenfassend stellt PETERS *vier Postulate der FMH* mit Bezug zum Aktienmarkt³⁹⁷ auf:

1. Der Markt ist liquide und dadurch stabil, wenn auf jedem Anlagehorizont eine ausreichende Anzahl der Anleger Aktienhandel betreibt.
2. Die verarbeitete Informationsmenge hängt explizit vom Anlagehorizont des Marktteilnehmers ab: Während bei einem kurzfristig orientierten Investor die markttechnischen und verhaltensbasierten Faktoren überwiegen, dominieren bei einem langfristig orientierten Investor die fundamentalen Informationen.
3. In einer Marktsituation, in der die fundamentalen Informationen keinen Einfluss auf die Preisbildung ausüben, stellen die langfristig orientierten Anleger ihre Handelsaktivitäten ein oder wechseln ihren Anlagehorizont. Es entsteht eine Homogenität der Teilnehmerstruktur und der Markt verliert seine Stabilität.
4. Die Aktienkurse aggregieren gleichzeitig die kurzfristigen technischen Trends und die langfristigen fundamentalen Bewertungen. Die Langzeitentwicklung einer Aktie wird durch beständige fundamentale Informationen beeinflusst und hat deshalb eine niedrige Volatilität. Dagegen werden die kurzfristigen Trends durch markttechnische und verhaltensbasierte Faktoren dominiert und sind entsprechend volatiler.

2.2 Evolution auf dem Aktienmarkt

2.2.1 Darwinismus und Soziobiologie

Bis auf wenige Ausnahmen wird der Aktienmarkt aktuell nicht als Teil des soziobiologischen Systems angesehen, in dem er gleichzeitig die Umgebung für und das Ergebnis der natürlichen Auslese und der Anpassung der Marktteil-

³⁹⁷ In Peters Originalarbeit werden fünf Thesen der FMH zu Wertpapiermärkten aufgestellt. Wegen der Fokussierung auf Aktienmärkte werden in dieser Arbeit ausschließlich die vier dazu relevanten Thesen aufgeführt.

nehmer darstellt. Um den Aktienmarkt aus dieser Perspektive zu betrachten, sollen zunächst die dafür relevanten Begriffe, Thesen und Schlussfolgerungen der Evolutionstheorie im Allgemeinen und der Soziobiologie im Speziellen festgehalten werden.³⁹⁸

Die Soziobiologie basiert auf der von DARWIN entwickelten Evolutionstheorie (*Darwinismus*), die allgemein anerkannte Grundlage der entwicklungshistorischen Betrachtung aller Lebewesen stellt. Der zentrale Aspekt des Darwinismus ist die natürliche Auslese, die durch Reproduktion / Vererbung, Selektion und Vielfalt / Variation geprägt wird. Die *natürliche Auslese* ist für das Überleben der Arten erforderlich. Damit werden im Wettbewerb um knappe Ressourcen (z.B. Nahrung, Lebensraum) solche Lebewesen bessere Voraussetzungen für die Vermehrung besitzen, die größere Überlebenschancen aufweisen. Diese Lebewesen verfügen über höhere Chancen sich fortzupflanzen (*Reproduktion*), um ihre vorteilhaften biologischen Eigenschaften an die nächste Generation weiterzugeben (*Vererbung*).³⁹⁹ Inwieweit ein Lebewesen den Kriterien der natürlichen Auslese entspricht, wird durch eine Fitnessfunktion erfasst, die seinen Anpassungsgrad an die vorherrschenden Umweltbedingungen angibt.⁴⁰⁰

Die *Selektion* stellt sicher, dass die Lebewesen, die zufällig besser an die Umwelt angepasst sind und somit bessere Werte der Fitnessfunktion aufweisen, im Zeitverlauf mehr Nachkommen bekommen als die weniger angepassten Organismen. Da jedoch die Ökosysteme, in welchen die Lebewesen existieren, dem ständigen Wandel unterliegen, ist die Vorteilhaftigkeit der Eigenschaften keine konstante Größe. Vielmehr ist für das langfristige Überleben einer Gruppe (Population, Art) die *Vielfalt und Variation* ihrer Eigenschaften unabdingbar. So können situationsbedingt die für die vorangegangenen Generationen weniger

³⁹⁸ Sowohl in der biologischen Evolutionstheorie als auch in der Soziobiologie spielen die biologischen Elemente wie Gen, Genotyp, Phänotyp eine zentrale Rolle. Wegen der ökonomischen Ausrichtung wird jedoch auf die Einbeziehung dieser elementareinheitsbezogenen Fachbegriffe der Biologie verzichtet. Die funktional eingeschränkte Betrachtung der relevanten Zusammenhänge erfolgt im weiteren Verlauf auf einer der Zielsetzung der Arbeit entsprechenden höheren Abstraktionsebene und ist somit aus evolutionsbiologischer Sicht unvollständig.

³⁹⁹ Vgl. Vollmer (1995), S. 95f.

⁴⁰⁰ Vgl. Zrzavý et al. (2013), S. 12.

relevanten biologischen Eigenschaften stärker den veränderten Bedürfnissen der aktuellen Generation entsprechen und somit den Fortbestand einer Gruppe gewährleisten. Folglich finden im Darwinismus die Prozesse der natürlichen Auslese auf der Gruppenebene statt.⁴⁰¹

Mit fortschreitender Forschung sowohl in der Biologie als auch in der Soziologie gewinnen die sozialverhaltensorientierten Einflüsse auf die Selbsterhaltungs- und Fortpflanzungsbemühungen der Organismen innerhalb der evolutionstheoretischen Debatte an Bedeutung. Das soziale Verhalten unterliegt der formenden und optimierenden Kraft evolutionsbiologischer Vorgänge. Grundsätzlich ist die *Soziobiologie* als Wissenschaft von der biologischen Angepasstheit des Sozialverhaltens zu verstehen.⁴⁰² Dabei wird die *Angepasstheit* als Ergebnis der Anpassungsprozesse an die ökologische und soziale Umgebung definiert. Der Fokus wird auf die individuellen Vorteile bei der optimalen Anpassung eines Individuums an vorherrschende Bedingungen und soziale Strukturen gelegt.⁴⁰³

Insbesondere konzentriert sich die Soziobiologie auf die Vererbung der vorteilhaften, im Kontext seiner Umwelt gebildeten Eigenschaften eines Individuums von Generation zu Generation. Die vererbten Eigenschaften determinieren jedoch nicht exklusiv das Verhalten eines Individuums. Vielmehr wird es zu einem variierenden Anteil auch durch die herrschenden Umweltbedingungen gesteuert. Erst das Zusammenwirken der vererbten Eigenschaften mit den Umweltfaktoren bestimmt, wie sich ein Individuum in seiner sozialen Umgebung verhält. Der individuelle Gesamtsatz vererbter Eigenschaften gibt lediglich die historische Erfahrung seiner Vorfahren wieder, inwieweit also in der aktuellen Umweltsituation bestimmte Verhaltensmuster vorteilhaft sind.⁴⁰⁴

Die Soziobiologie gibt die im Darwinismus aufgestellte Annahme der natürlichen Auslese auf Gruppenebene auf. Aus ihrer Sicht entwickelt jedes Individuum

⁴⁰¹ Vgl. Lange (2012), S. 38 – 53.

⁴⁰² Aufgrund der unterschiedlichen Veränderungsdynamik der menschlichen und der tierischen Umwelt wird die Humansoziobiologie als eigenständige wissenschaftliche Fachrichtung angesehen. Vgl. Voland (2009), S. 13f. Weitere Ausführungen dieses Kapitels begrenzen sich wegen des Bezugs zum Aktienmarkt auf humansoziobiologische Aspekte.

⁴⁰³ Vgl. Voland (2009), S. 2f.

⁴⁰⁴ Vgl. Voland (2009), S. 11.

seine umweltangepasste Strategie zum Überleben und zur Fortpflanzung, was sich in besseren Werten der Fitnessfunktion reflektiert. Das Lernverhalten findet im Gegensatz zu Darwinismus nicht zufällig, sondern zielgerichtet statt, um eine bessere Anpasstheit zur Umwelt zu erreichen.⁴⁰⁵ Solche Strategien müssen allerdings keine Vorteile für die gesamte Gruppe aufweisen. Sie können sich sogar auf die Gemeinschaft nachteilig auswirken. Da jedoch ein vordefiniertes Set an Umweltbedingungen bei einer Identität der vorhandenen Mittel innerhalb der Gruppe nur wenige Optima erlaubt, ähneln sich die meisten Strategien der Gruppenmitglieder untereinander. Die Übertragung der natürlichen Auslese von der Gruppenebene auf die Individualebene schließt die Annahme eines stärkeren Wettbewerbs innerhalb einer Gruppe ein. Insofern gewinnt individuelle Anpasstheit an Bedeutung und stellt letztendlich das ausschlaggebende Kriterium für das Überleben eines Individuums dar.⁴⁰⁶

Aus der Grundorientierung der Sozialbiologie auf die Evolution eines Individuums folgt gleichwohl keine Ablehnung der Gruppenselektion. Der Wettbewerb der Gruppen um die gleichen Ressourcen kann dazu führen, dass Strategien entwickelt werden, die nur gemeinschaftlich verfolgt werden können. Derartige Evolutionsprozesse werden durch den Begriff Gruppenkonkurrenz zweckdienlicher beschrieben. Der unterstreicht zwar den Wettbewerbscharakter zwischen den Gruppen, setzt aber nicht zwangsläufig eine natürliche Auslese voraus.⁴⁰⁷

2.2.2 Evolutionsprozesse auf dem Aktienmarkt

Die Übertragung der evolutionären Ansätze auf den Aktienmarkt erfordert die Zuordnung der evolutionsbiologischen Prozesse zu den ökonomischen Marktprozessen. Wie die Erkenntnisse der AMH zeigen, verläuft der Evolutionsprozess auf der höchsten Abstraktionsebene als Wettbewerb der Marktteilnehmer um Geldmittel. Aus evolutionärer Perspektive prägt die Knappheit dieser Ressource die Marktprozesse und beeinflusst deren Dynamik und Stärke. Somit gilt

⁴⁰⁵ Die Zielausrichtung des Lernprozesses darf nicht auf die gesamte Evolution ausgeweitet werden. Ebenso wie im Darwinismus hat der Evolutionsprozess aus der Sicht der Sozialbiologie keine vordefinierte Richtung und ist nicht deterministisch. Vgl. Ruckenbauer (2002), S. 184.

⁴⁰⁶ Vgl. Williams (1966), S. 160.

⁴⁰⁷ Vgl. Voland (2009), S. 7f.

als Erfolgskriterium des Wettbewerbs die Menge der zur Verfügung stehenden Geldmittel. Will ein Marktteilnehmer am Markt überleben, muss er also seine Bemühungen darauf ausrichten, diese Ressource unter Berücksichtigung des anlagespezifischen Risikos durch die Steigerung seiner Investitionsrendite zu vermehren. Die Profitabilität der Strategien kann somit als eine Kennzahl für die aus Evolutionsbiologie bekannte Fitnessfunktion betrachtet werden.

Erwarten die Marktteilnehmer bei Aktieninvestitionen risikoangepasste höhere Renditen als bei Anlagealternativen, sind sie bereit mehr Geld auf dem Aktienmarkt anzulegen.⁴⁰⁸ Bei gleichbleibender Aktienanzahl führt es zu einer größeren Nachfrage nach Aktien als angebotsseitig zu verkaufen ist. Es kommt sukzessiv zu einem *Geldüberschuss*, der sich in steigenden Aktienkursen widerspiegelt. In dieser Phase wird die Anzahl der Marktteilnehmer größer und der Wettbewerb wird abgeschwächt.

Wenn jedoch die Renditeerwartungen auf dem Aktienmarkt niedrig sind, werden ihm Geldmittel entzogen, weil aus der Sicht der Anleger bessere Alternativen zur Geldvermehrung existieren. Die individuellen Aktienbestände werden danach verringert. Da dieser Vorgang bei einer Vielzahl von Akteuren stattfindet, stehen weniger Aktienkäufer zur Verfügung. Folglich herrscht auf dem Aktienmarkt *Geldmangel*, der sich in fallenden Aktienkursen reflektiert. In dieser Phase verliert ein Teil der Anleger sein ganzes Vermögen oder zieht sich vom Markt zurück. Gleichzeitig nimmt die Wettbewerbsintensität wegen der Konkurrenz um die verbliebenen Gewinnopportunitäten zu.⁴⁰⁹

⁴⁰⁸ Die Besteuerung von Kapitaleinkünften stellt bei der individuellen risikoangepassten Bewertung von Anlagealternativen einen wesentlichen Entscheidungsfaktor dar. Diese Besteuerungsart unterscheidet sich international erheblich. Dies macht die Annahme der Steuerneutralität bei Modellbildung notwendig, wenn das Anwendungsgebiet der Analyse durch Besonderheiten nationaler Aktienmärkte nicht eingeschränkt werden soll. Daher wird in dieser Arbeit von der Steuerneutralität der Kapitaleinkünfte ausgegangen. Zur Annahme der Steuerneutralität vgl. Elschen (1994), S. 145f., ausführlich auch in Elschen / Hüchtebrock (1983).

⁴⁰⁹ Zur Verdeutlichung der Begriffe Geldüberschuss und Geldmangel kann ein Markt modelliert werden, auf dem Transaktionen nur zu inneren Aktienwerten stattfinden. In der Geldüberschussphase können dann nicht alle Marktteilnehmer ihre Kaufwünsche erfüllen, da es nicht genügend Verkäufer gibt. Ein Teil der Geldmenge, welche nicht in Aktien angelegt werden kann, verbleibt somit bei den Investoren. Umgekehrt können während der Geldmangelphase nicht alle Marktteilnehmer ihre Verkaufswünsche ausführen und müssen Aktien weiterhin in ihren Portfolios behalten. Auf realen Märkten können Marktteilnehmer meistens ihre Kauf- / Verkaufswünsche erfüllen, jedoch mit einem Zu- / Abschlag gegenüber dem inneren Aktienwert.

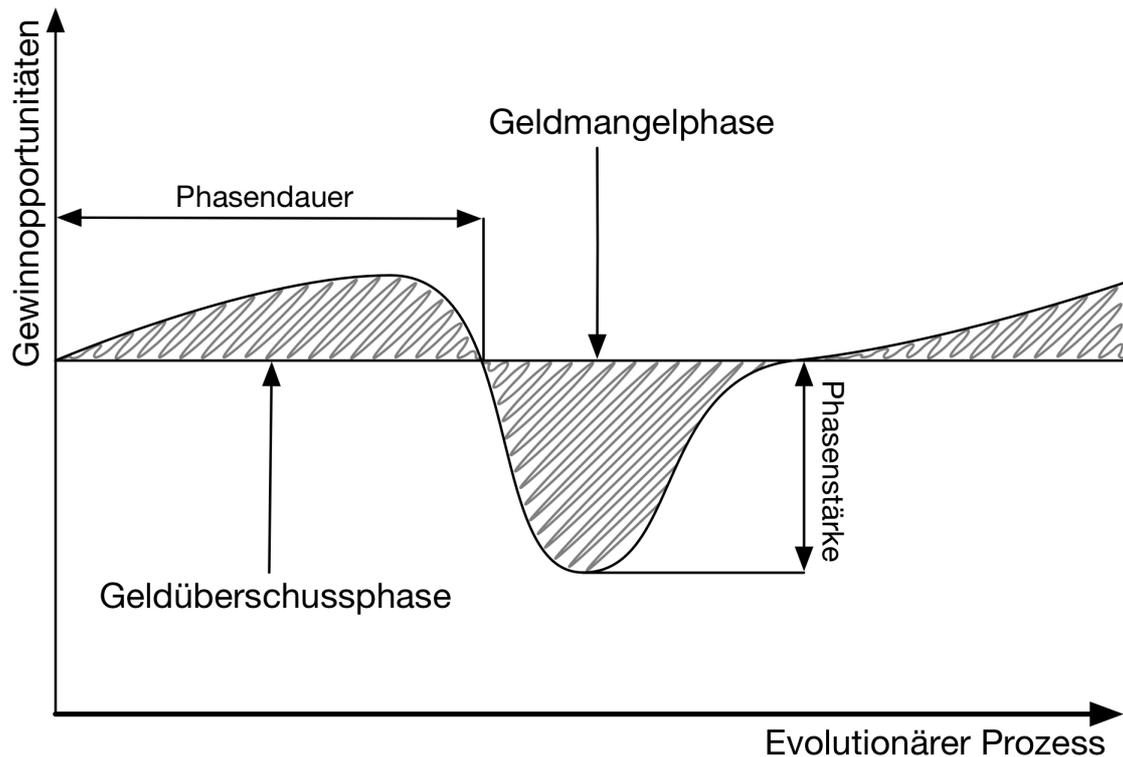


Abbildung 22: Evolutionärer Prozess auf dem Aktienmarkt⁴¹⁰

Beide Phasen verlaufen zyklisch und variieren in der Dauer und Stärke, womit die Teilprozesse der Evolution bei unterschiedlichen Umweltbedingungen phasenspezifisch priorisiert werden (vgl. Abbildung 22). Die *Phasendauer* wird als Länge des Zeitintervalls zwischen den aufeinanderfolgenden Phasenübergängen definiert. Die *Phasenstärke* gibt die Intensität der Geldmittelknappheit innerhalb einer Phase wieder. Die Häufigkeit des Eintretens einer Phase stellt die *Phasenfrequenz* dar.

Während der Geldüberschussphase kommen aufgrund der zahlreichen Gewinnopportunitäten neue Marktteilnehmer hinzu. Das ruft eine Erhöhung der Vielfalt / Variation der Marktteilnehmerstruktur hervor. Diese Vielfalt / Variation spiegelt die Heterogenität nicht nur der Anlegerpräferenzen (z.B. Risikoaversion

Insoweit stehen Geldüberschuss und Geldmangel im direkten Zusammenhang mit der Marktliquidität. Es gibt jedoch auch Differenzen. So kann die Marktliquidität bei einer ausgeprägten Form einer der beiden Phasen hoch sein, wenn die Marktteilnehmer entsprechend hohe Zu- / Abschläge für die Erfüllung ihrer Transaktionswünsche akzeptieren. Nicht zu vernachlässigen ist zudem die Bedeutung der Marktstruktur für die Marktliquidität.

⁴¹⁰ Eigene Darstellung.

oder Anlagehorizont), sondern auch des Spektrums der eingesetzten Strategien wider. Relativ niedriger Wettbewerbsdruck ermutigt die Teilnehmer, neuartige oder riskantere Strategien zu entwickeln, die unter anderen Umweltbedingungen trotz möglicher Vorteile gegenüber den bisher verwendeten Strategien nicht eingesetzt worden wären. Gleichzeitig werden jedoch nicht alle ökonomisch unvorteilhaften Strategien aus dem Markt gedrängt. Schließlich führen die ansteigende Zahl der Wettbewerber und die zunehmende Verzerrung der Marktpreise durch ökonomisch unvorteilhafte Strategien zu einer Marktsituation, in welcher der Geldüberschuss nicht mehr vorhanden ist.

Ab diesem Zeitpunkt nimmt der Geldmangel auf dem Aktienmarkt zu und die Wettbewerbslage ändert sich signifikant. Um die knapp gewordenen Opportunitäten kämpfen nun Marktteilnehmer, die in der vorherigen Phase zahlreich wurden. Durch die geringeren Margen rückt die ökonomische Vorteilhaftigkeit der Strategien zunehmend in Vordergrund, denn nur Akteure mit einer überdurchschnittlichen Strategieperformance können in einer derartigen Umwelt gewinnbringend fortbestehen.

Mit der andauernden Entwicklung dieser Prozesse entsteht aber auch für die erfolgreichen Anleger Anpassungsdruck. Zeigen sie keine Lern- und Anpassungsbereitschaft, werden auch ihre Strategien ökonomisch unvorteilhaft. Sie überleben nicht auf dem Markt. Insgesamt werden dann durch die Selektionsprozesse sowohl Marktteilnehmer mit bereits vorher unvorteilhaften Strategien als auch nicht anpassungsbereite oder anpassungsfähige Anleger vom Markt gedrängt.

Im Gegensatz zu anderen Teilprozessen der Evolution kann die Reproduktion / Vererbung nicht explizit innerhalb einer Phase des Evolutionsprozesses beschrieben werden. Obwohl die auf nicht- oder teilautomatisierten Aktienmärkten handelnden Marktteilnehmer auf der untersten Abstraktionsstufe der Marktstruktur Organismen (also Menschen) sind, reproduzieren sie sich auf dem Aktienmarkt nicht im Sinne der biologischen Evolution. Trotzdem kann auf dem Markt über die Vererbung bestimmter Eigenschaften oder Fähigkeiten von einer Generation der Marktteilnehmer zur nächsten gesprochen werden. So werden in einem an der Börse handelnden Unternehmen Strategien und Präferenzen

über eine längere Periode beibehalten und weiterentwickelt. Bei Mitarbeiterfluktuation wird dies durch Wissenstransfer erreicht, indem neue Mitarbeiter mit den Handelsstrategien und -methoden des Unternehmens vertraut gemacht werden. Der Vererbungsprozess findet hierbei nicht wie in der Evolutionsbiologie zu diskreten Zeitpunkten statt, sondern verläuft stetig.

Die Marktteilnehmer handeln auf dem Aktienmarkt aufgrund individueller ökonomischer Motive. Dementsprechend finden die Anpassungs- und Selektionsprozesse auf der Individualebene und nicht auf der Gruppenebene statt. Dieses Marktkonstrukt stimmt weitgehend mit der sozialbiologischen Perspektive des Evolutionsprozesses überein. Daher bildet diese Perspektive die Grundlage für die weiteren Ausführungen.

3 Adaptive Fraktale Markthypothese

3.1 Gruppeninterner Wettbewerb auf dem Aktienmarkt

3.1.1 Evolutionärer Wettbewerb auf fraktalem Aktienmarkt

Evolutionäre Prozesse der Marktteilnehmer unterscheiden sich signifikant in Gestaltung und Dynamik entlang des Anlagehorizonts. Zwischen den Gruppen kurzfristig und langfristig orientierter Anleger variieren Intensitäten der internen Wettbewerbsprozesse⁴¹¹ asynchron zueinander. Beiden Gruppen durchlaufen die Evolutionsphasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Ferner ist der Konkurrenzdruck auf Gruppenebene nicht konstant. Derartige Gruppenkonkurrenz steht nicht im Widerspruch zur Sozialbiologie, die solche Prozesse durchaus zulässt, aber nicht in den Vordergrund stellt. Somit ist zur Klärung von Prozesseigenschaften sinnvoll, den gesamten Evolutionsprozess des Aktienmarktes, der sich in der Gruppenkonkurrenz im Kontext fraktaler Aktienmärkte widerspiegelt, auf folgende Unterprozesse aufzuteilen, um sie separat zu untersuchen:⁴¹²

- gruppeninterner Wettbewerb kurzfristig orientierter Anleger,
- gruppeninterner Wettbewerb langfristig orientierter Anleger.

Zwar werden bei dieser Vorgehensweise Marktteilnehmer, die ihre Renditeziele parallel auf mehreren Anlagehorizonten verfolgen, nicht explizit behandelt. Da sie jedoch gleichzeitig in der Gruppe sowohl kurzfristig als auch langfristig orientierter Investoren vertreten sind, sind sie implizit berücksichtigt. Analog gilt das für Akteure mit mittlerem Anlagehorizont, weil ihre Strategien partiell dem jeweiligen anlagehorizontspezifischen, gruppeninternen Wettbewerb unterliegen. Insgesamt werden also alle Marktteilnehmer in die Analyse einbezogen.

⁴¹¹ Unter dem gruppeninternen Wettbewerbsprozess wird ein Wettbewerbsprozess innerhalb einer Gruppe verstanden. Wettbewerbsprozess zwischen den Gruppen wird als Gruppenkonkurrenz bezeichnet.

⁴¹² Die differenzierte Betrachtung der Evolutionsprozesse sowohl auf der Gruppenebene als auch auf der Individualebene weicht von Lo's Sichtweise ab. In der AMH findet die Aufteilung der Marktteilnehmer nach Gruppen anhand der institutionellen Zugehörigkeit (z.B. Broker, Pensionsfond) statt.

Aus der evolutionären Perspektive unterscheiden sich die Anlegergruppen durch mehrere Eigenschaften voneinander. Dazu gehören:⁴¹³

- Phasendauer, -stärke und -frequenz eines Evolutionsprozesses,
- Vielfalt / Variation der Methoden,
- Anpassungsbereitschaft,
- Sensibilität gegenüber Umweltveränderungen,
- Wettbewerbsintensität.

Diese Eigenschaften müssen für Analysezwecke um funktionale Gruppencharakteristika ergänzt werden:⁴¹⁴

- Funktion innerhalb des Aktienhandelsprozesses,
- anlagehorizontspezifische Informationsverarbeitung.

Auf dem Aktienmarkt führen unterschiedliche Kombinationen der Ausprägungen dieser Eigenschaften zu verschiedenen, auch instabilen Gesamtmarktlagen. Zum Entstehen solcher Krisensituationen müssen die evolutionären Phasen in beiden Gruppen nicht unbedingt übereinstimmen. Grundsätzlich sind die Phasenstärken der beiden Prozesse nicht miteinander vergleichbar. Denn analog zur FMH kann eine Marktlage, die für einen kurzfristig orientierten Anleger zu einem Anstieg des Wettbewerbs führt, von einem langfristig orientierten Anleger als unwesentliche Veränderung der Rahmenbedingungen betrachtet werden.

In bestimmten Situationen kommt es zum Verlust der Heterogenität der Marktteilnehmer und zum Verlust fraktaler Marktstrukturen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass eine der Gruppen vollständig aus dem Markt ausscheidet: Für die Störung der primären Marktfunktionen reicht es bereits aus, wenn ihr Einfluss auf die Preisbildung unter eine Relevanzgrenze sinkt.

Die *Relevanzgrenze* kann als ein Schwellenwert definiert werden, ab welchem eine Anlegergruppe durch ihre Entscheidungen und Transaktionen eine mess-

⁴¹³ Vgl. Kapitel IV.2.2.2.

⁴¹⁴ Vgl. Kapitel III.2.1.

bare Kursänderung einer Aktie bewirken kann.⁴¹⁵ Die aggregierte Preisänderung stellt dabei eine gewichtete Zusammensetzung der Einflüsse einzelner Gruppen dar. Vermehren sich die Teilnehmer einer Gruppe überproportional oder hat sie keine ausreichende Präsenz auf dem Markt, verringert sich der Einfluss der unterrepräsentierten Gruppe auf die Preisbildung erheblich. Bei Unterschreitung der Relevanzgrenze durch eine Gruppe strebt das Verhältnis des Einflusses der beiden Gruppen zueinander gegen die Unendlichkeit. Die Untersuchung des jeweiligen gruppeninternen Wettbewerbs ist folglich auf das Erkennen und die Beschreibung der Konstellationen dieses Verhältnisses und deren Folgen für den Aktienmarkt ausgerichtet.

3.1.2 Gruppeninterner Wettbewerb kurzfristig orientierter Anleger

Die evolutionären Prozesse innerhalb der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger sind insbesondere seit der Verbreitung der EDV-Systeme deutlich. Dies zeigt sich etwa am rasanten Wachstum der hybriden Software-Agenten.⁴¹⁶ Die zyklische Entwicklung dieser Gruppe, die für einen Evolutionsprozess typisch ist, findet bereits seit der ersten Verbreitung der Methoden der Markttechnischen Analyse Ende der 1920-er Jahre statt.

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts unterlagen die sich auf markttechnischen Informationen stützenden Strategien ständigen Verbesserungen. Sie erreichen aktuell einen hohen Komplexitätsgrad. Noch vor wenigen Jahrzehnten bildeten einfache grafische Muster die Grundlage für Handelsstrategien, die bis heute von den meisten Finanzwissenschaftlern als nicht seriös eingestuft werden.⁴¹⁷ Mittlerweile basieren jedoch hochkomplexe Software-Agenten, die Handelsentscheidungen auf den Aktienmärkten treffen und Transaktionen initiieren, auf theoretisch anerkannten, finanzökonometrischen Modellen, die ihre Wurzeln in diesen Mustern haben.

⁴¹⁵ Die Festlegung dieser Relevanzgrenze ist nicht trivial, kann nur empirisch erfolgen und ist nicht der Bestandteil dieser theoretischen Untersuchung.

⁴¹⁶ Vgl. Kapitel II.2.3.

⁴¹⁷ Vgl. Lo / Hasanhodzic (2010), S. 10f.

In der Geldüberschussphase agieren die Mitglieder der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger besonders aktiv auf dem Markt.⁴¹⁸ Die steigenden Aktienkurse verleiten die Marktteilnehmer dazu, mehr Geldmittel kurzfristig anzulegen. Zudem kommen neue Marktteilnehmer zu dieser Gruppe. Einerseits handelt es sich um bisher auf dem Aktienmarkt nicht präsenten, unerfahrenen Akteure. So fingen z.B. zur Zeit der Dotcom-Blase viele Privatanleger an, in Aktien zu investieren. Andererseits sehen langfristig orientierte Anleger in den dynamisch steigenden Kursen trotz der wachsenden Abweichung von den inneren Werten eine Opportunität, in kurzer Zeit eine hohe Rendite zu erzielen, da die angestrebte Haltedauer der Aktien kürzer ist als die erwartete Phasendauer. Die Menge der Gruppenteilnehmer steigt somit signifikant an.

Auch die Vielfalt der Handelsstrategien vergrößert sich, denn dank der geringen Wettbewerbsintensität und der gestiegenen Risikobereitschaft können die Anleger bisher nicht in der Praxis getestete Strategien einsetzen. Das Informationset Φ_t^h ⁴¹⁹ erlaubt den Marktteilnehmern fast unbegrenzte Möglichkeiten der Datenverarbeitung, da die markttechnischen Daten mit zahlreichen, mehr oder weniger wissenschaftlich fundierten Methoden analysiert werden können. Allerdings ist diese Entwicklung zeitlich stark eingeschränkt. Auf die hohe Wachstumsrate des Evolutionsprozesses folgt eine relativ schnelle Veränderung der Wettbewerbsintensität. Schließlich endet die Geldüberschussphase mit einem steilen Abschwung der Gewinnopportunitäten. Denn sobald die ersten stärkeren Kursrückgänge verzeichnet werden, sichern kurzfristig orientierte Anleger ihre Gewinne gleichzeitig ab.

In der Geldmangelphase kommt es zu einer Spaltung der Teilnehmer der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger: Die erfahrenen, hochspezialisierten Akteure können auch bei fallenden Kursen weiterhin Gewinne erzielen, wogegen der überwiegende Anteil der in der vorherigen Phase hinzugekommenen Anleger ihre Ziele nur bedingt erreichen kann. Ihre Strategien basieren häufig auf einfachen Trendfolgemethoden, die während eines längeren Zeitintervalls stetig

⁴¹⁸ Z.B. gemessen an der Anzahl der durchgeführten Transaktionen.

⁴¹⁹ Vgl. Kapitel III.1.2.

steigender Kurse gut funktionieren, nicht aber wenn der Markt abrupt schrumpft. Diese Akteure orientieren sich wieder zu einem längeren Anlagehorizont hin oder verlassen den Aktienmarkt. Der Anpassungsdruck der übrigbleibenden Anleger ist wiederum nicht überproportional groß, weil ihnen weiterhin Gewinnopportunitäten zur Verfügung stehen.

Der Anpassungsdruck steigt jedoch mit der Zeit an, wenn die Kurse weder steigen noch fallen, also während eines Phasenübergangs. Eine Seitwärtsbewegung der Aktienkurse verursacht nur geringfügige Veränderung des Informationssets Φ_t^h . Dementsprechend bieten sich auf dieser Grundlage nur wenige Gewinnchancen an. Für die Akteure, die ausschließlich auf kurzfristige Aktienkursänderungen setzen, sind Dividenden irrelevant. Somit sind sie gezwungen, innovative Handelsstrategien zu entwickeln oder ihre bisher verwendeten Handelsstrategien soweit zu optimieren, dass sie sogar auf minimale Veränderungen des Informationssets Φ_t^h sensibel reagieren.

Insgesamt ist die Frequenz der Evolutionsphasen in der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger verhältnismäßig hoch. Verglichen mit der Geldmangelphase ist die Geldüberschussphase lang. Dennoch ist die evolutionäre Entwicklung dieser Gruppe von Stimmungsschwankungen aller Marktteilnehmer geprägt, weil Kursänderungen häufig auf Informationen mit niedriger Intensität zurückzuführen sind.⁴²⁰ Das für den kurzen Anlagehorizont übliche hohe Volatilitätsniveau spiegelt sich somit im internen Wettbewerb der Gruppe wider. Auch die Kürze der Investitionsperioden und somit die Möglichkeiten, die Anpassungen ständig zu testen und bei negativen Ergebnissen ohne erhebliche Verluste zu verwerfen, wirken sich verkürzend auf die Dauer der beiden Phasen aus.

Die hohe Geschwindigkeit des Evolutionsprozesses verlangt von den Gruppenteilnehmern eine hohe Anpassungsbereitschaft. Trotz der Gewinnopportunitäten in beiden Phasen müssen sie ihre Strategien und Abläufe einer permanenten Rendite- und Risikokontrolle unterwerfen. Die Rentabilität der Strategien kann sich entsprechend den kurzen Phasenzyklen schnell ändern. Obwohl die Risiken jedes Investments überschaubar sind, können in kurzer Zeit erhebliche

⁴²⁰ Vgl. Kapitel III.2.1.3.

kumulierte Verluste eingefahren werden und somit das Fortbestehen des Anlegers auf dem Markt gefährden.

Ferner hängt die Anpassungsbereitschaft direkt mit dem Grad der Sensibilität gegenüber den Umweltveränderungen der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger zusammen. Einerseits können marginale Veränderungen des Informationssets Φ_t^h kurzfristig hohe Volatilitätsschwankungen hervorrufen. Sie müssen somit bei den Marktteilnehmern zur Neuauswertung der Daten führen. Andererseits müssen die Gruppenmitglieder ihre Strategien fortlaufend an den aktuellen Stand der Forschung und der technologischen Evolution anpassen. Die Teilnehmer der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger fungieren sogar als treibende Kraft des Fortschritts und bringen innovative Konzepte in die Praxis des Aktienhandels. In dieser Hinsicht wirken jedoch gesetzliche Regelungen und börseninterne Richtlinien als hemmender Faktor. Trotzdem müssen kurzfristig orientierte Anleger Umweltveränderungen zeitnah in ihren Entscheidungen berücksichtigen, um auf dem Markt erfolgreich zu agieren.

Die Gewinnopportunitäten in beiden Evolutionsphasen lassen die Wettbewerbsintensität dieser Gruppe auf den ersten Blick gering einschätzen. Werden jedoch weitere Faktoren betrachtet, ist diese Schlussfolgerung zu revidieren. Die hohe Frequenz und die kurze Phasendauer, der große Anpassungsdruck und die geforderte Anpassungsbereitschaft, ständig auf dem neuesten Stand zu sein, um sensibel auf die Umweltveränderungen zu reagieren, führen zu hohen Anforderungen an die Gruppenmitglieder. Nur Akteure mit hoher Lernbereitschaft und effizient funktionierenden Abläufen können dauerhaft in diesem Marktwettbewerb überleben.

Die hohe Wettbewerbsintensität wirkt sich positiv auf die Erfüllung der funktionalen Aufgaben der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger aus. Da die Gruppenteilnehmer tendenziell die Sell-Side vertreten, bestehen diese Aufgaben aus volkswirtschaftlicher Sicht in der Sicherstellung des fortlaufenden Handels.⁴²¹ Die permanente Fähigkeitsverbesserung resultiert im Zeitverlauf in effizienteren Abläufen, rationaleren Entscheidungen und geringerem Verwaltungsaufwand.

⁴²¹ Vgl. Kapitel II.2.3.

Obwohl solche Eigenschaften in den einzelnen Phasen variieren können, führt der evolutionäre Prozess in der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger insgesamt zu einer besseren Ausführung der Market-Maker Funktion. Folglich kommt es dadurch zu sinkenden Transaktionskosten auf der Buy-Side und somit zur Optimierung des gesamten Aktienhandels.

Aus evolutionärer Perspektive variiert allerdings die Anzahl der Gruppenmitglieder im Phasenverlauf erheblich. Grundsätzlich kann jedoch davon ausgegangen werden, dass eine Mindestanzahl der kurzfristig orientierten Akteure ständig Aktienhandel betreibt. Entsprechend den Postulaten der FMH kann der Evolutionsprozess in der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger nicht zur Einschränkung der Marktstabilität beitragen, da es aufgrund fehlender Präsenz der kurzfristig orientierten Akteure nicht zur Homogenität der Marktteilnehmerstruktur kommen kann.

Die Abbildung 23 zeigt einen Wertebereich einer wohldefinierten Funktion mit einem Hysterese-Verlauf⁴²², welche die Entwicklung der Teilnehmerzahl der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger *AKT* im Verhältnis zur aktuellen Evolutionsphase angibt.⁴²³ Die Hysterese-Eigenschaft dieser Funktion leitet sich aus den Überlegungen zum differentiellen Verlauf der Entwicklung der Teilnehmerzahl *AKT* in Abhängigkeit von der Richtung der evolutionärer Entwicklung ab. So wird vermutet, dass die Teilnehmerzahl *AKT* mit zunehmender Verfügbarkeit der Gewinnopportunitäten exponentiell steigt. Die exponentielle Entwicklung der Teilnehmerzahl kurzfristig orientierter Anleger unterstreicht die Flexibilität dieser Gruppe. Sie sind in der Lage, ihre Aktivitäten entsprechend der Marktsituation dynamisch zu erhöhen oder zu verringern.

⁴²² Unter der Hysterese wird die Eigenschaft eines dynamischen Systems in den Natur- aber auch in den Wirtschaftswissenschaften verstanden, welche die Abhängigkeit einer Zustandsänderung vom vorherigen Zustandswert beschreibt. Vgl. z.B. Göcke (1993), S. 8f.

⁴²³ Der in der Abbildung 23 angenommene Wertebereich dient primär einer visuellen Unterstützung der nachfolgenden theoretischen Ausführungen. Für die weiteren Analysezwecke steht die genaue Bestimmung der beschriebenen Funktion nicht im Vordergrund.

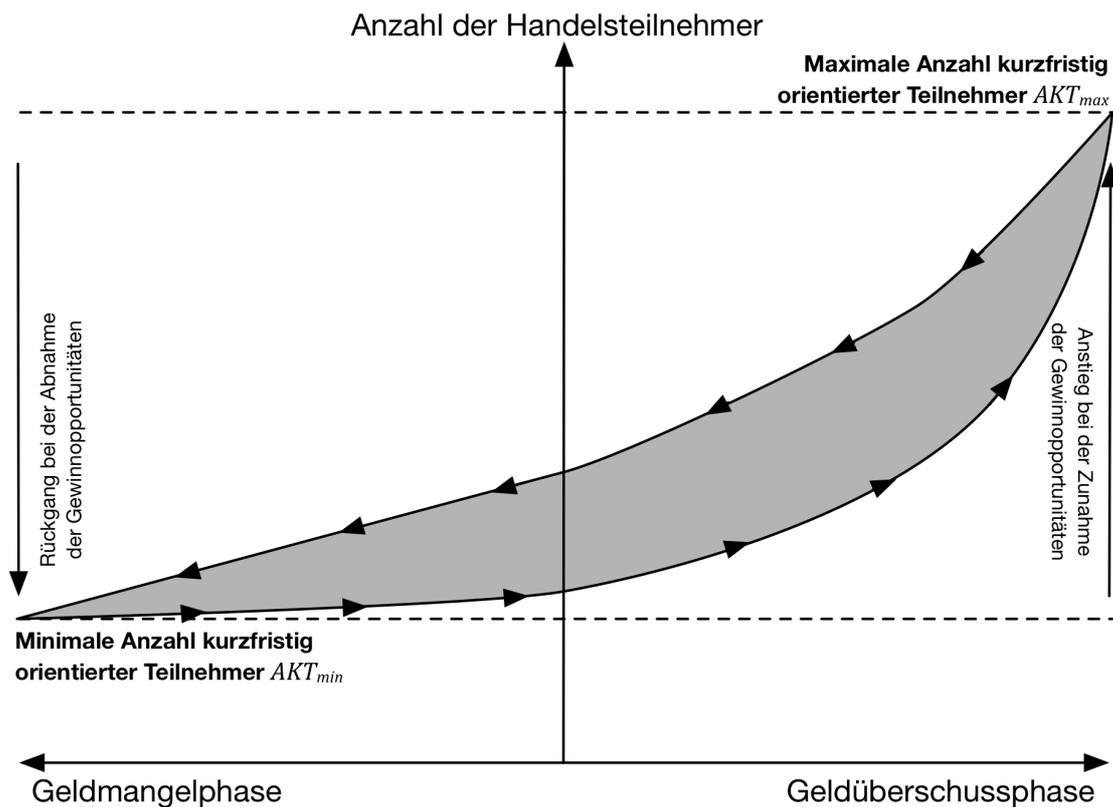


Abbildung 23: Dynamik der Teilnehmerzahl kurzfristig orientierter Anleger⁴²⁴

Mit dem Erreichen der vollen Stärke der Geldüberschussphase nimmt sie jedoch einen endlichen maximalen Wert AKT_{max} ein. Weiterhin erreicht die Realisierung von AKT_{max} einen vergleichsweise hohen Wert zur konkurrierenden Gruppe langfristig orientierter Anleger. Diese Annahme kann grundsätzlich durch die empirische Marktbeobachtung gestützt werden.⁴²⁵ Bei abnehmender Verfügbarkeit der Gewinnopportunitäten wird umgekehrt eine exponentiell fallende Entwicklung der Teilnehmerzahl AKT erwartet.

Die Steigerungsrate ist bei diesem Verlauf deutlich niedriger als bei der Zunahme von Gewinnopportunitäten, da ein Markteintritt mit relativ höheren Hürden im Vergleich zu einem Marktaustritt verbunden ist. Der minimale Wert AKT_{min} wird bei der vollen Stärke der Geldmangelphase realisiert. Er entspricht der minimalen Teilnehmerzahl kurzfristig orientierter Anleger, die eine liquiditätsbereitstellende Funktion (z.B. Market-Maker) ausüben und stets auf dem Aktien-

⁴²⁴ Eigene Darstellung.

⁴²⁵ Vgl. z.B. Ausführungen in Kapitel III.2.2.2.

markt präsent sind.⁴²⁶ Aus dieser Überlegung kann der Wert von AKT_{min} nicht den Wert von *null* erreichen.

3.1.3 Gruppeninterner Wettbewerb langfristig orientierter Anleger

Die evolutionäre Entwicklung innerhalb der Gruppe langfristig orientierter Anleger verläuft vergleichsweise verborgen vor der öffentlichen Wahrnehmung und kann nicht direkt anhand eines Beispiels gezeigt werden. Der Grund hierfür ist die enge Verbundenheit praktischer Methoden der Informationsverarbeitung mit der ökonomischen Theorie. Somit weisen Entscheidungsprozesse dieser Marktteilnehmer geringe Transparenz auf. Die Rückschlüsse über die Entwicklung innerhalb dieser Gruppe können nur indirekt gezogen werden, indem z.B. Studien zu bevorzugten Handelsstrategien ausgewertet werden oder der Stand des theoretischen Diskurses zur Fundamentalen Analyse und zum Portfoliomanagement verfolgt wird.

Die Entwicklung der Wirtschaftstheorie seit Mitte des 20. Jahrhunderts zeigt insbesondere, wie essentiell sich die Entscheidungsgrundlage langfristig orientierter Anleger geändert hat. Die frühere isolierte Bewertung eines Unternehmens nur anhand der kennzahlenbasierten Bilanzanalyse wich der komplexen, in das volkswirtschaftliche Umfeld einbezogenen Analyse einer Investition im Kontext einer übergeordneten, an die individuellen Präferenzen angepassten Anlagestrategie eines Akteurs.

In der Geldüberschussphase agieren die langfristig orientierten Anleger trotz zusätzlicher Gewinnopportunitäten zurückhaltend und ihre Marktaktivitäten beschränken sich auf reaktive Interaktionen. Hierin spiegelt sich ihr phasenübergreifender Investitionshorizont wider, da die phasenbegrenzten Renditechancen nicht mit ihrer langfristigen Handelsstrategie übereinstimmen. Gleichzeitig stellt der phasenübergreifende Anlagehorizont eine Marktzugangsbarriere auf, die den Zufluss neuer Teilnehmer zu dieser Gruppe eindämmt.

⁴²⁶ Vgl. z.B. Schmidt (1988), S. 24.

Für einen neuen, unentschlossenen Anleger geht eine langfristige Renditeperspektive stets mit hoher Bereitschaft zur dauerhaften Kapitalbindung einher. Zudem weisen die auf der Fundamentalen Analyse aufgebauten Strategien hohe Komplexität auf und haben hohe Ressourcenanforderungen. Darum stellen die langzeitorientierten Akteure meist eine geschlossene, professionelle Gruppe dar. Insgesamt ändert sich in der Geldüberschussphase der Umfang der Gruppe langfristig orientierter Anleger nur unwesentlich, indem nur wenige nicht darauf spezialisierte Investoren die zusätzlichen Gewinnopportunitäten nutzen.

Die Abschirmung dieser Gruppe gegenüber neuen Marktteilnehmern sogar während der Geldüberschussphase führt zu einem geringeren Innovationsgrad und zu einer geringeren Vielfalt der eingesetzten Analysemethoden sowie einer niedrigeren Wettbewerbsintensität. Trotz des nominell unendlichen Umfangs des Informationssets Φ_t° ist die Vielfalt seiner Verarbeitung aufgrund der darin enthaltenen qualitativen Elemente limitiert.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit der in der Praxis eingesetzten Bewertungs- und Entscheidungsroutrinen hängt im Wesentlichen von der Anwendbarkeit der innovativen theoretischen Modelle ab. Besonders erschwerend wird ihre Implementierung durch die lange Dauer der benötigten Testdurchläufe. Denn die Wirkung veränderter Parameter oder Verfahren kann häufig nur zu einem dem Anlagehorizont entsprechenden, späteren Zeitpunkt überprüft werden. Weiterhin erlauben große zeitliche Abstände und die divergierenden Rahmenbedingungen des Aktienhandels nur bedingt, die innovativen Analysemethoden ex post zu überprüfen. Die geringere Variation und die niedrige Wettbewerbsintensität innerhalb der Gruppe begründet somit die konservative Haltung der langfristig orientierten Anleger.

In der Geldmangelphase treten die Auswirkungen der in der Gruppe festgestellten Konstellation evolutionsbezogener Eigenschaften verstärkt auf. Die Ähnlichkeit der eingesetzten Methoden resultiert in der Anfälligkeit der Gruppe in Krisenzeiten. Nur wenige Akteure verfügen über innovative Strategien, die auch die geringsten Renditechancen nutzen. Während in der Geldüberschussphase das zurückhaltende Agieren langfristig orientierter Anleger nur eine Verschiebung der Gewinnrealisierung bedeutet, veranlassen die seit dem Beginn der

Geldmangelphase drohenden Teil- oder sogar Totalverluste die Akteure, ihre Strategien anzupassen. Trotz der a priori phasenübergreifenden Strategiedauer erhöhen somit viele Marktteilnehmer ihre Aktivitäten während dieser Phase.

Allerdings führen die niedrige Anpassungsbereitschaft der Anleger und die begrenzte Menge der kurzfristigen Handelsalternativen dazu, dass für die meisten Marktteilnehmer der Rückzug aus ihren langfristigen Investitionsstrategien als subjektiv nächstbeste Lösung erscheint. Folglich verringert sich in dieser Phase die Anzahl der Gruppenteilnehmer signifikant.

Für die Marktstabilität sind aus der Sicht der FMH die Überlegungen der Anleger zu den Exit-Alternativen besonders wichtig. Diejenigen Akteure, die sich vollständig aus dem Aktienmarkt zurückziehen, suchen andere langfristige Anlageopportunitäten, z.B. auf dem Anleihemarkt. Durch die ebenso lange Kapitalbindung in aktienmarktfremden Strategien findet ihr Rückkehr zum Aktienmarkt nicht unmittelbar nach dem Ende der Geldmangelphase statt. Ein anderer Teil der Gruppe setzt zwar die Handelsaktivitäten fort, wechselt jedoch zu einem kurzfristigen Anlagehorizont und kehren schneller zu ihrem ursprünglich präferierten Anlagehorizont zurück. Insgesamt halten sich die Folgen für die Marktteilnehmerstruktur, die entsprechend der FMH einen negativen Einfluss auf die Marktstabilität ausüben, auch bei den vergleichsweise kurzen Geldmangelphasen relativ lange an.

Für die beiden Evolutionsphasen lässt sich also feststellen, dass deren Dauer in der Gruppe langfristig orientierter Anleger deutlich länger ist, als in der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger. Demzufolge erreichen die Teilnehmer nur einen geringen Flexibilitätsgrad. Sie verfügen nicht über eine ausreichende Variation / Vielfalt, um unter den schwierigen Marktbedingungen den eingegangenen Anlagehorizont beizubehalten. Ihre Trägheit spiegelt sich in der geringeren Anpassungsbereitschaft wider. Die Akteure reagieren, wenn überhaupt verzögert, durch die Anpassung ihrer Handelsstrategien auf die Veränderungen des Informationssets $\phi_t^{\ddot{o}}$ und der Rahmenbedingungen oder auf innovative Datenverarbeitungsmethoden.

Bei den Mitgliedern dieser Gruppe fördert der evolutionäre Prozess keine ausgeprägte Sensibilität gegenüber den Umweltveränderungen. Denn mithilfe der Fundamentalen Analyse können ressourcenintensive langfristige Entscheidungen nur dann gewinnbringend generiert werden, wenn sie nicht bei jeder neu eintreffenden Nachricht revidiert werden müssen. Folglich hängt das Überleben eines einzelnen Mitglieds dieser Gruppe auf dem Markt nicht primär davon ab, inwieweit er anpassungsbreit oder sensibel gegenüber den Umweltveränderungen ist. Vielmehr stellt die Beständigkeit der Teilnehmer, die auch in der Geldmangelphase an ihrer phasendauerübergreifenden Strategie festhalten, einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar.

Die niedrige Wettbewerbsintensität steht auch in einer unmittelbaren Beziehung zu funktionalen Aufgaben dieser Gruppe innerhalb des Aktienhandelsprozesses. Durch die Anlegerentscheidungen auf Basis der Fundamentalen Analyse wird der langfristige Preisbildungsprozess und somit die effiziente Geldmittelallokation entscheidend geprägt. Die Marktteilnehmer befinden sich nur dann im direkten Wettbewerb miteinander, wenn für einen überwiegenden Teil der auf dem Aktienmarkt gehandelten Unternehmen keine adäquate Wachstums- und Dividendenperspektive zu erwarten ist. In der überproportional langen Geldüberschussphase treten derartige Konstellationen jedoch selten bis gar nicht auf und die Anleger finden eine ihren Risikopräferenzen entsprechende Investitionsmöglichkeit. Ohne sich gegenseitig zu bekämpfen, haben die Marktteilnehmer ausreichend Zeit, den inneren Wert eines Unternehmens mit einer höheren Genauigkeit zu schätzen.

Die negativen Folgen einer geringen Wettbewerbsintensität lassen sich umso deutlicher während der Geldmangelphase beobachten. Der Rückgang der Teilnehmerzahl führt zur unzureichenden Präsenz langfristig orientierter Akteure auf dem Aktienmarkt. Dementsprechend werden fundamentale Informationen bei der Aktienpreisbildung nur unzureichend berücksichtigt und die mit fraktalen Marktstrukturen konforme Risikoverteilung erheblich gestört.

In der Abbildung 24 ist der unterstellte Wertebereich für die Funktion der Teilnehmerzahl der Gruppe langfristig orientierter Anleger mit dem zugehörigen Hysterese-Verlauf angegeben. Im Gegensatz zur Gruppe kurzfristig orientierter

Anleger ist ihre Flexibilität eingeschränkt und führt zur Begrenzung des exponentiellen Charakters der Funktion bis kurz nach dem Phasenübergang. Anschließend ist eine langsamere Veränderung der Teilnehmerzahl zu erwarten, die sich im logarithmischen Charakter der Kurvenverläufe widerspiegelt.

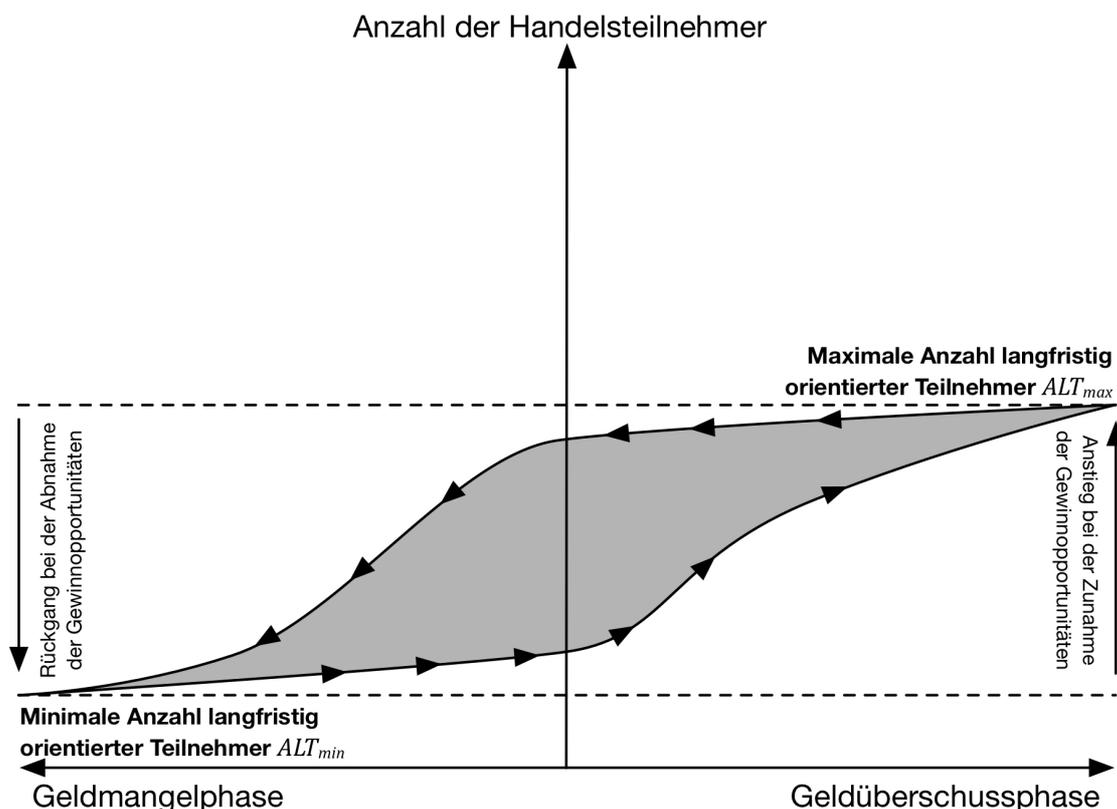


Abbildung 24: Dynamik der Teilnehmerzahl langfristiger orientierter Anleger⁴²⁷

Insbesondere wird der Einfluss der vorangegangenen Geldmangelphase auf die Teilnehmerzahl langfristiger orientierter Anleger ALT in einem langsamen Zuwachs auch während der Geldüberschussphase deutlich. Daneben liegt das bei der höchsten Verfügbarkeit der Gewinnopportunitäten erreichte Maximum ALT_{max} absolut eher im mittleren Bereich. Ursächlich hierfür sind die hohen Markteintrittsbarrieren für einen langfristig orientierten Investor. Beim Rückgang der Gewinnopportunitäten halten sich viele Teilnehmer dieser Gruppe relativ lange an der gewählten Strategie fest, was anfänglich zu einem flachen Verlauf der Kurve in der Nähe von ALT_{max} führt. Auch das bei der vollen Phasenstärke

⁴²⁷ Eigene Darstellung.

der Geldmangelphase entstehende Minimum ALT_{min} wird asymptotisch erreicht. Sein Wert liegt in unmittelbarer Nähe des Wertes von *null*, was sich mit der geringeren Anzahl langfristig orientierter Anleger während der Krisensituationen übereinstimmt.

3.2 Erweiterung der FMH um evolutionären Ansatz

3.2.1 Gruppenkonkurrenz auf fraktalem Aktienmarkt

Der Evolutionsprozess eines Aktienmarktes wird von Unterprozessen einzelner Gruppen beherrscht: So stehen zwar alle Marktteilnehmer im Wettbewerb um die identische Ressource, der individuelle Renditegenerierungsprozess hängt aber im Wesentlichen von den gruppenspezifischen Gewinnopportunitäten ab. Obwohl in der finanzwissenschaftlichen Diskussion häufig der Wettbewerb zwischen den kurzfristig und den langfristig orientierten Anlegern als treibende Kraft für die Börsenentwicklung angesehen wird,⁴²⁸ lässt sich dieser Zusammenhang nach wie vor nur begrenzt empirisch nachweisen.

Die meisten Studien zu diesem Thema verwenden die Profitabilität einzelner Strategien als zentrales Wettbewerbskriterium.⁴²⁹ Trotz teilweise widersprüchliche Ergebnisse kann insgesamt auf wechselnde Profitabilität der Analysemethoden im Zeitverlauf geschlossen werden. Auch diverse praxisbezogene Erfahrungsberichte bestätigen indirekt diese Schlussfolgerung, indem eine zyklischen Dominanz der Markttechnischen gegenüber der Fundamentalen Analyse festgestellt wird, et vice versa.⁴³⁰ Diese Erkenntnis stimmt mit einer phasenspezifischen Entwicklung des Evolutionsprozesses überein, der als Verschmelzung der gruppeninternen Wettbewerbe betrachtet werden muss.

Die Betrachtung von extremen Zustandskombinationen, in welchen die volle Phasenstärke der beiden gruppeninternen Wettbewerbsprozesse erreicht wird,

⁴²⁸ Vgl. z.B. Elschen (2012), S. 206 – 210.

⁴²⁹ Vgl. z.B. Intertek Studien 2003, 2006, 2007 in Fabozzi / Focardi / Jonas (2004, 2007, 2008). Eine detaillierte Übersicht empirischer Studien zur Profitabilität einzelner Handelsstrategien findet sich z.B. bei Park / Irwin (2007).

⁴³⁰ Vgl. z.B. Schwager (1997), S. 20 – 23.

erlaubt eine detaillierte Analyse des gesamten Evolutionsprozesses auf dem Aktienmarkt. Folgende vier Zustandskombinationen sind in diesem Zusammenhang zu definieren:

1. Geldüberschussphase bei langfristig orientierten Anlegern, Geldmangelphase bei kurzfristig orientierten Anlegern,
2. Geldmangelphase in beiden Gruppen,
3. Geldmangelphase bei langfristig orientierten Anlegern, Geldüberschussphase bei kurzfristig orientierten Anlegern,
4. Geldüberschussphase in beiden Gruppen.

Die jeweiligen extremen Zustandskombinationen als integrative Bestandteile des gesamten Evolutionsprozesses führen im Kontext der FMH zu einer schwankenden Marktteilnehmerstruktur, in der auch der Verlust der Heterogenität auftritt. Zur Erweiterung der FMH um Ursachen und spezielle Impulse fehlender Heterogenität der Marktteilnehmer, die zur Marktinstabilität führt, ist es somit notwendig, die einzelnen Zustandskombinationen genauer zu untersuchen. Das daraus abgeleitete Modell soll einen Stabilitätsbereich abgrenzen, in dem das Verhältnis ALT zu AKT den Stabilitätsanforderungen der FMH genügt.

Zunächst soll der Bereich aller möglichen Kombinationen der langfristig und der kurzfristig orientierten Anleger definiert werden. Aufgrund der Minima und Maxima der Teilnehmerzahlen in beiden Gruppen (AKT_{min} , AKT_{max} , ALT_{min} und ALT_{max}) handelt es sich um eine geschlossene Menge. Die vier theoretisch möglichen Zustandskombinationen entsprechen in ihrer stärksten Ausprägung den Kombinationspunkten aus den Minima und Maxima der Teilnehmerzahlen. So kann für die erste Zustandskombination ein Kombinationspunkt K_1 definiert werden, in dem die Teilnehmerzahl langfristig orientierter Akteure ihren Maximum ALT_{max} erreicht und gleichzeitig die Teilnehmerzahl kurzfristig orientierter Anleger auf das Minimum AKT_{min} sinkt: $K_1(AKT_{min}|ALT_{max})$. Analog dazu können drei weitere Kombinationspunkte festgelegt werden: $K_2(AKT_{min}|ALT_{min})$, $K_3(AKT_{max}|ALT_{min})$ und $K_4(AKT_{max}|ALT_{max})$.

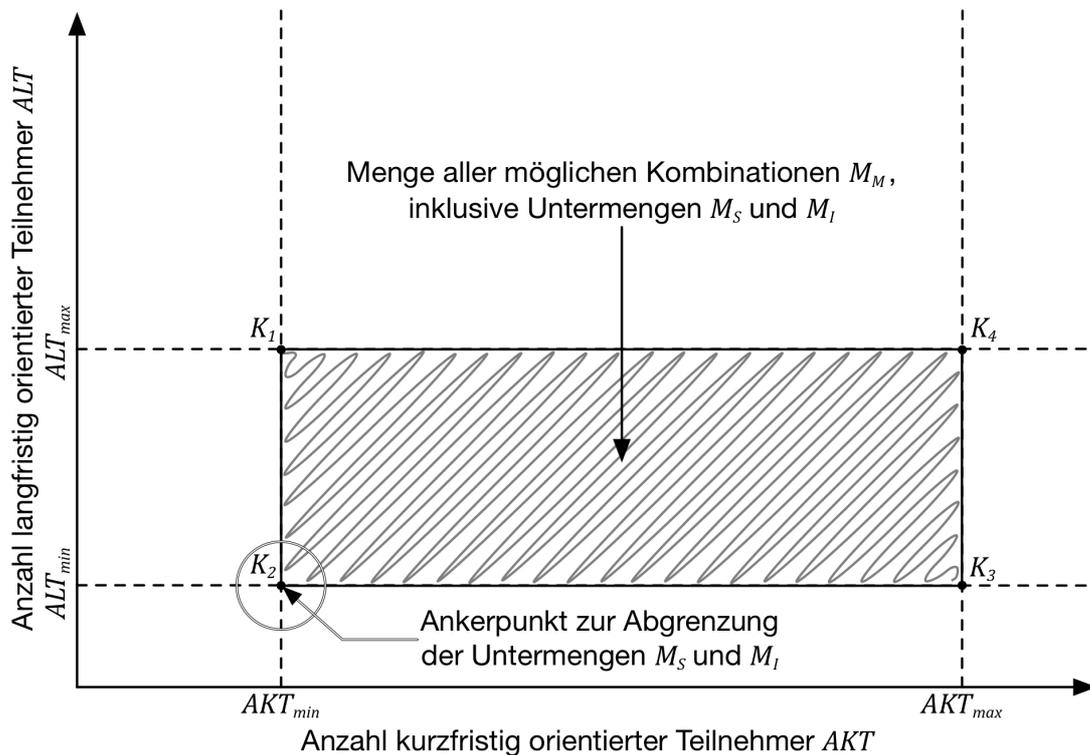


Abbildung 25: Menge aller möglichen Kombinationen der Teilnehmerzahl kurzfristig und langfristig orientierter Anleger⁴³¹

Wie Abbildung 25 zu entnehmen ist, stellen diese vier Kombinationspunkte die Ecken eines Vierecks dar, das die *Menge aller theoretisch möglichen Kombinationen* M_M abgrenzt. Innerhalb dieser Menge liegen alle möglichen Ausprägungen der Kombinationspunkte $K_i(AKT|ALT)$ mit $i = 1, \dots, n$. Die Menge M_M enthält aus Sicht der FMH sowohl die *Kombinationspunkte mit einem stabilen Zustand* als Teilmenge M_S , in welchen die Teilnehmerstruktur heterogen ist, als auch Teilmenge M_I der *Kombinationspunkte mit einem instabilen Zustand*, in welchen aufgrund der Homogenität der Teilnehmerstruktur extreme Volatilitäten zu erwarten sind. Ferner wird deutlich, dass die in der FMH postulierte Forderung der Heterogenität der Marktteilnehmer relativ gesehen werden muss. Aus mathematischer Sicht ist die Menge M_M stets heterogen.⁴³² Daher gilt:

⁴³¹ Eigene Darstellung.

⁴³² Unter Heterogenität der Menge M_M wird hier verstanden, dass sie sowohl Elemente von ALT als auch Elemente von AKT enthält.

$$ALT_{min} > 0, \quad (26)$$

$$AKT_{min} > 0. \quad (27)$$

Werden jedoch die einzelnen Kombinationspunkte aus ökonomischer Perspektive betrachtet, wird die Dominanz der Teilnehmergruppen innerhalb des Preisbildungsprozesses deutlich.

Beispielhaft hierfür ist der Kombinationspunkt K_3 . Die geringe Anzahl der langfristigen Gewinnopportunitäten und die zahlreichen kurzfristigen Gewinnchancen resultieren in einem Preisbildungsprozess, der nur wenige beständige Faktoren auf Basis von fundamentalen Informationen in sich trägt. So ist zwar die Marktteilnehmerstruktur aus mathematischer Sicht nicht homogen, die entstehenden Aktienkursänderungen müssen aber fast ausschließlich auf technische Informationen zurückgeführt werden. Somit gehört der Kombinationspunkt K_3 , der einen instabilen Marktzustand aufweist, zur Teilmenge M_I .

In abgeschwächter Form gilt diese Aussage auch für den Kombinationspunkt K_4 . Die gestiegene Anzahl langfristig orientierter Anleger kann die Dominanz der kurzfristig handelnden Akteure nicht vollständig kompensieren. Die große Menge unerfahrener Anleger, die von steigenden Aktienkursen kurzfristig zu profitieren versuchen, lässt eine Kursfestsetzung in der Nähe des inneren Aktienwertes nicht zu. Abgesehen davon, dass der Kombinationspunkt K_4 aus praktischer Sicht eher eine untergeordnete Rolle spielt, bleibt er in einem instabilen Bereich und ist ein Bestandteil der Teilmenge M_I .

Für einen stabilen Aktienmarkt mit einem geringen Volatilitätsniveau, welches auf Entscheidungen mithilfe Markttechnischer Analyse zurückzuführen ist, erscheint der Kombinationspunkt K_1 als optimal. Die Kursänderungen werden hierbei überwiegend von den langfristig orientierten Anlegern verursacht. Die kurzfristig orientierten Anleger besitzen Gewinnopportunitäten allein durch die Erfüllung ihrer intermediären Funktion. Der Kombinationspunkt K_1 liegt aufgrund der hohen Intensität der hier für die Preisbildung ausschlaggebenden fundamentalen Informationen in einem stabilen Bereich und gehört somit zur Teil-

menge M_S . Befindet sich der Aktienmarkt in einem Zustand mit solcher Marktteilnehmerstruktur, ist er entsprechend der EMH zumindest halbstreng informationseffizient. Ferner zeigt sich hier die eher unzureichende Formulierung und Formalisierung der FMH. Denn aus ihrer Sicht muss ein Markt mit homogener Teilnehmerstruktur in einem instabilen Bereich liegen. Das aber wird durch die vorherigen Überlegungen widerlegt. Vielmehr muss für die Marktstabilität ein Mindestverhältnis von ALT zu AKT erreicht werden. Dagegen kann die Heterogenität der Teilnehmerstruktur nicht als ein ausreichendes Stabilitätskriterium herangezogen werden.

Der Kombinationspunkt K_2 nimmt aus theoretischer Sicht eine besondere Rolle ein. Einerseits ist der Aktienmarkt in diesem Zustand zwar stabil, weil nur so viele kurzfristig orientierte Anleger agieren, wie es für die Aufrechterhaltung des Aktienhandels notwendig ist. Somit fließen keine technischen Informationen in die Aktienkurse ein, die dort exzessive Kursschwankungen verursachen können. Andererseits liegt auch die Anzahl langfristig orientierter Anleger bei einem Minimum, sodass jede zusätzlich einfließende technische Information vom Markt möglicherweise nicht adäquat verarbeitet wird, womit sich die Aktienkurse wiederum von ihren inneren Werten entfernen. Ausgehend von diesen Überlegungen ist der Kombinationspunkt K_2 in der Teilmenge M_S enthalten und muss genau an der Grenze zur Teilmenge M_I liegen. Für die theoretische Abgrenzung des Stabilitätsbereiches des Marktes (Teilmenge M_S) kann folglich der Kombinationspunkt K_2 als *Ankerpunkt* festgelegt werden.

3.2.2 Stabilitätsbereich und Trennfunktion

Die theoretische Abgrenzung der Teilmenge aller Kombinationen mit stabilen Marktzuständen stellt die wesentliche Herausforderung für die Erweiterung der FMH dar. Die äußeren Ränder dieses Bereichs sind durch die Ränder der Menge aller möglichen Kombinationen M_M vordefiniert. Dagegen ist die Trennfunktion der beiden Teilmengen M_S und M_I nicht trivial bestimmbar. Da die Kombinationspunkte K_3 und K_4 der Teilmenge M_I und der Kombinationspunkt K_1 der Teilmenge M_S eindeutig zugeordnet werden können, muss der Trennbereich der zugehörigen Teilmengen zwischen diesen Punkten liegen. Als einziger

Ausgangspunkt zur Eingrenzung des Stabilitätsbereichs kann der Kombinationspunkt K_2 dienen, da er den beiden Teilmengen M_S und M_I zugehört.

In der Realität sind die beiden Teilmengen nicht disjunkt. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass es Kombinationspunkte gibt, in welchen sich der Markt situationsabhängig in einem stabilen oder in einem instabilen Zustand befindet. Diese Trennunschärfe ist für eine Abgrenzung des Stabilitätsbereiches nicht ausschlaggebend, weil die Bestimmung der Teilmengengrenzen durch diese Kombinationspunkte nicht beeinflusst wird. Somit wird im weiteren Verlauf angenommen, dass die Bedingungen der Gleichungen (28) und (29) gelten:

$$M_S \cup M_I = M_M, \quad (28)$$

$$M_S \cap M_I = \emptyset \quad (29)$$

mit:

M_M : Menge aller Kombinationen von ALT und AKT ,

M_S : Teilmenge der Kombinationen mit stabilen Zustand,

M_I : Teilmenge der Kombinationen mit instabilen Zustand.

Der innere Rand der Teilmenge M_S , der unmittelbar an den inneren Rand der Teilmenge M_I angrenzt, besteht aus Kombinationspunkten, in denen der Markt gerade noch stabil ist. Seine formale Definition kann durch eine Trennfunktion erfolgen, die solche Kombinationen abbildet, indem jeder Anzahl kurzfristig orientierter Anleger die für die Stabilität benötigte Mindestanzahl langfristig orientierter Anleger zuordnet wird. Das Mindestverhältnis von ALT zu AKT kann somit durch die Einführung eines *Trennfaktors* τ wiedergegeben werden, der durch folgende wohldefinierte Trennfunktion bestimmt wird:

$$\tau = f(ALT, AKT) \quad (30)$$

mit:

τ : Trennfaktor,

$f(\dots)$: beliebige Funktion.

Eine allgemeingültige Ableitung der Funktion $f(\dots)$ ist wegen der individuellen Zusammensetzung der Märkte nicht möglich. Je nachdem wie die Ausgestaltung der Marktmikrostruktur im Allgemeinen und wie umfangreich die Handelsaktivitäten einzelner Akteure auf dem Markt im Speziellen ausgeprägt sind, können unterschiedliche Funktionsarten in Betracht kommen. Wird jedoch angenommen, dass die Variablen ALT und AKT einen Durchschnittsteilnehmer mit einem durchschnittlichen Handelsvolumen seiner Gruppe repräsentieren, kann ein linearer Verlauf dieser Funktion unterstellt werden. Beachtet man weiterhin, dass z.B. im Falle einer Handelsunterbrechung die Anzahl der sowohl langfristig als auch kurzfristig orientierter Teilnehmer auf *null* zurückgeht, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um eine homogene lineare Funktion handelt. Daraus folgt die Proportionalitätsgleichung (31) für die funktionale Abhängigkeit zwischen ALT und AKT :

$$ALT = \tau \times AKT \quad (31)$$

Da die angenommene Trennfunktion aus der Gleichung (31) auch den Kombinationspunkt K_2 abbilden muss, kann der Trennfaktor τ für die gegebenen Werte ALT_{min} und AKT_{min} eindeutig bestimmt werden. Die Abbildung 26 zeigt einen schematischen Verlauf einer solchen Trennfunktion.

Alle Kombinationspunkte unterhalb der Trennfunktion liegen in einem *instabilen* Bereich. Entsprechend den Postulaten der FMH ist auf dem Markt in solchen Situationen eine nicht ausreichende Anzahl langfristig orientierter Anleger prä-

sent, um die durch kurzfristig orientierte Anleger verursachten Volatilitäten zu neutralisieren. Umgekehrt liegen alle Kombinationspunkte oberhalb der Trennfunktion in einem *stabilen* Bereich. Ein Markt mit einem derartigen Teilnehmerverhältnis ist in der Lage, Entscheidungen zu absorbieren, die ausschließlich auf Basis technischer Informationen getroffen wurden, ohne dass es dabei zu einer signifikanten Entfernung der Aktienkurse von ihren inneren Werten kommt.

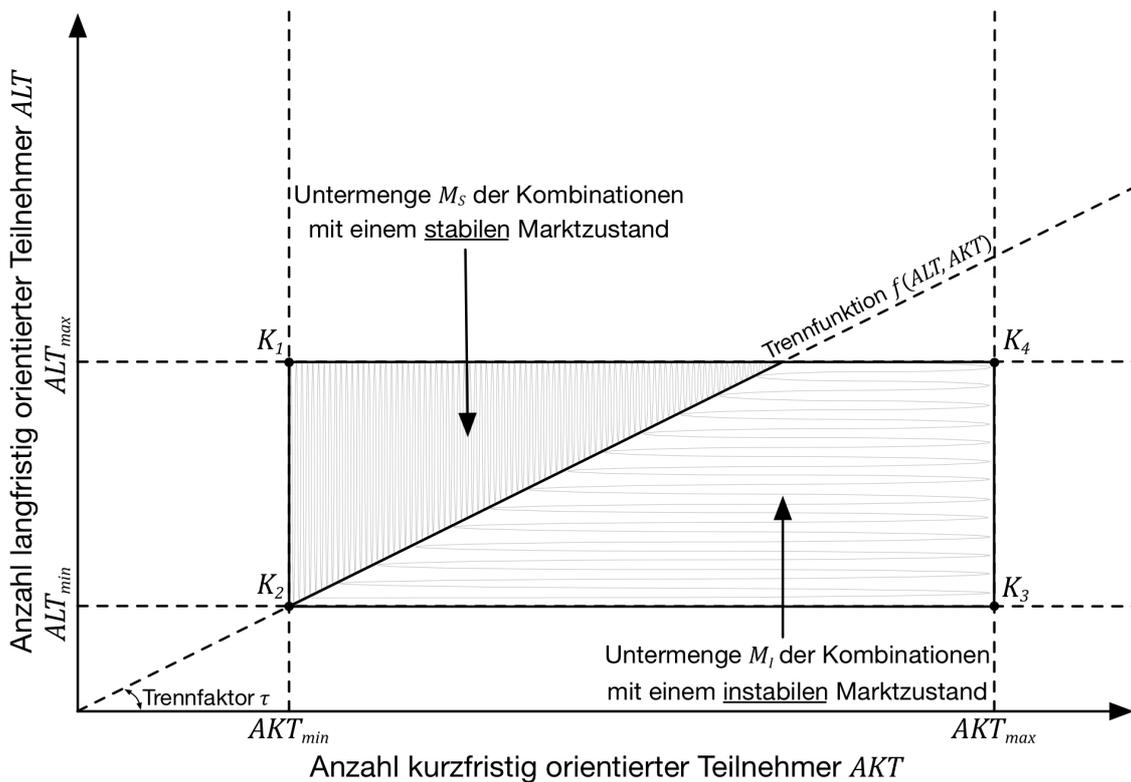


Abbildung 26: Untermengen der Kombinationen mit stabilen und instabilen Marktzuständen⁴³³

Wie in der Abbildung 26 zu sehen ist, schließt die Untermenge M_I einen Großteil aller möglichen Kombinationen aus der Menge M_M ein. Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass instabile Marktzustände häufiger auftreten und somit wahrscheinlicher sind als stabile Marktzustände. Allerdings folgt daraus, dass es mehr theoretisch mögliche instabile Kombinationspunkte gibt als solche mit einem stabilen Zustand. Je grösser der Trennfaktors τ ist desto mehr langfristig orientierte Anleger werden pro einen kurzfristig orientierten Anleger benö-

⁴³³ Eigene Darstellung.

tigt, um einen stabilen Zustand zu erreichen. Somit ist der Markt bei großen Werten von τ tendenziell unflexibel, denn er kann seine fraktale Struktur nur innerhalb eines engen Stabilitätsbereichs behalten. Dagegen ist der Markt bei kleinen Werten von τ tendenziell flexibel, weil er in vielen Kombinationspunkten stabil ist.

Ein unflexibler Markt verlässt häufiger den Stabilitätsbereich bei neuen technischen Informationen, die eine Zunahme der Anzahl kurzfristig orientierter Teilnehmer verursachen. Auf solchem Markt ist die Wahrscheinlichkeit hoch, bewusst herbeigeführte Fehlinterpretationen der Aktienkurse zu erreichen: Die eingepreisten verzerrten technischen Informationen können nur von vielen langfristig orientierten Anlegern kompensiert werden. Auf einem flexiblen Markt sind Fehlfunktionen der Preise nach gezielter Obstruktion⁴³⁴ auch möglich. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit des Marktversagens bei kleinen Werten von τ niedriger.

3.2.3 Implikationen für vollautomatisierte Marktmikrostruktur

Die Einbeziehung evolutionärer Prozesse in die Betrachtung fraktaler Märkte erlaubt somit eine Eingrenzung eines Stabilitätsbereichs, in dem die fraktalen Strukturen eine störungsfreie Funktion eines Aktienmarktes sicherstellen. Die Postulate der FMH behalten zwar auch unter der AFMH weiterhin ihre Gültigkeit.⁴³⁵ Mit der Einführung der formalen Beschreibung der Stabilitätsgrenzen wird es aber möglich, Mikrostrukturen verschiedener Märkte zu vergleichen und zu beurteilen. Die Ausprägung der Mikrostruktur eines einzelnen Aktienmarktes erlaubt es, im zeitlichen Verlauf, sogar Aussagen über die Veränderungen der Marktgüte zu treffen.

Wird ein Aktienmarkt vor und nach der Automatisierung der Mikrostruktur betrachtet, muss zunächst die Entwicklung der Menge aller möglichen Kombinationen M_M untersucht werden. Zu diesem Zweck wird angenommen, dass die Variablen AKT_{min} , AKT_{max} , ALT_{min} und ALT_{max} , die Kombinationspunkte K_1 , K_2 ,

⁴³⁴ Zum Marktversagen nach gezielter Obstruktion vgl. Elschen (2009), S. 351f.

⁴³⁵ Vgl. Kapitel IV.2.1.3.

K_3 und K_4 , die Untermengen M_S und M_I sowie der Trennfaktor τ für einen Markt mit nicht-automatisierter Mikrostruktur gelten. Die Automatisierung im Allgemeinen und die Entstehung der Software-Agenten im Speziellen führen zur signifikanten Veränderung des Evolutionsprozesses und dementsprechend zur Veränderung einzelner Komponenten der Marktmikrostruktur. Folglich werden analog die Variablen AKT'_{min} , AKT'_{max} , ALT'_{min} und ALT'_{max} , die Kombinationspunkte $K'_1(AKT'_{min}|ALT'_{max})$, $K'_2(AKT'_{min}|ALT'_{min})$, $K'_3(AKT'_{max}|ALT'_{min})$ und $K'_4(AKT'_{max}|ALT'_{max})$, die Menge M'_M und die darin enthaltenen Untermengen M'_S und M'_I sowie der Trennfaktor τ' für einen Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur eingeführt.

Ein Teil kurzfristig orientierter Akteure hat eine liquiditätsbereitstellende Funktion (Market-Maker-Funktion), die auf einem Markt mit nicht-automatisierter Mikrostruktur meistens mit einer Verpflichtung zur Sicherung des Handelsfortbestandes verbunden ist. Durch diese Verpflichtung sinkt AKT auch bei der vollen Stärke der Geldmangelphase nicht unter eine Mindestanzahl, die von internen Börsenvorschriften abhängig ist. Folglich liegt AKT_{min} relativ weit vom Nullpunkt entfernt. Auf einem Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur entfällt diese Verpflichtung. Obwohl sich durch den Einsatz von Software-Agenten auch geringste Gewinnopportunitäten abschöpfen lassen, weisen die markttechnisch-basierten Analysen wegen der hohen Komplexität solcher Marktlagen ein hohes Risikoniveau auf. Somit neigen die kurzfristig orientierten Anleger auf einem Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur eher dazu, ihre Handelsaktivitäten während einer Krisensituation einzustellen. Folglich liegt AKT'_{min} näher am Nullpunkt als AKT_{min} und es gilt:

$$AKT_{min} > AKT'_{min}. \quad (32)$$

Während der Geldüberschussphase wirken sich die niedrigen Transaktionskosten eines Marktes mit vollautomatisierter Mikrostruktur fördernd auf die Anzahl kurzfristig orientierter Teilnehmer aus. Auf einem derartigen Markt stehen auch weniger spezialisierten Akteuren standardisierte, teil- oder vollständig fremdentwickelte Software-Agenten zur Verfügung, die bei steigenden Aktienkursen

relativ hohe Gewinnchancen erwarten lassen. Die Teilnehmerstruktur ändert sich insoweit, dass neben den Teilnehmern der Sell-Side zusätzliche Teilnehmer der Buy-Side einen kurzfristigen Anlagehorizont einnehmen. Ein Beispiel hierfür liefert das Konzept und die Verbreitung der hybriden Software-Agenten. Insgesamt steigt AKT'_{max} durch die gesunkenen Markteintrittsbarrieren an und es gilt:

$$AKT_{max} < AKT'_{max}. \quad (33)$$

Die Veränderungen des Minimums und des Maximums der Variable ALT sind nicht so eindeutig wie bei AKT . Ursächlich dafür ist die Mittelbarkeit des Einflusses der Automatisierung der Marktstruktur. Zwar sinken die Transaktions- und Entscheidungsfindungskosten durch den Einsatz von Software-Agenten. Dennoch reicht die Prognosegüte der fundamentalen Analysemethoden zumindest in absehbarer Zukunft nicht aus,⁴³⁶ um langfristige Investitionsentscheidungen vollständig von einem Software-Agenten durchführen zu lassen. Insbesondere in der Geldmangelphase übt die Automatisierung nur einen geringen Einfluss auf die Anzahl langfristig orientierter Anleger aus. So ändert sich ALT'_{min} unwesentlich, weil man davon ausgehen kann, dass z.B. die Akteure mit einem überdurchschnittlich langen Anlagehorizont auch unter vollautomatisierter Mikrostruktur ihre Entscheidungsgrundlage beibehalten werden. Somit gilt:

$$ALT_{min} = ALT'_{min}. \quad (34)$$

Die bisher aufgeführten Veränderungen für die äußeren Ränder der Variablen ALT und AKT wurden zwar ausschließlich für die Transformation eines Marktes mit nicht-automatisierter Mikrostruktur zu einem Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur behandelt. Sie gelten jedoch bereits bei der Erreichung der Stufe

⁴³⁶ Zur grundsätzlichen Problematik der Prognosegüte langfristig orientierter, automatisierter Analysemethoden vgl. Ausführungen in z.B. Silver (2012) und Fabozzi / Focardi / Kolm (2010).

des Marktes mit teilautomatisierter Mikrostruktur, wenngleich die Änderungen dann nicht so massiv ausfallen. Anderes gilt für die maximale Anzahl langfristig orientierter Anleger. So bleibt ALT_{max} auf einem Markt mit teilautomatisierter Mikrostruktur unverändert, da bei Beibehaltung der fundamentalen Informationen als Entscheidungsgrundlage die Voraussetzungen für den Wechsel des Anlagehorizonts⁴³⁷ während der Geldüberschussphase fehlen.

Erst die vollständige Automatisierung des Aktienhandels führt zur signifikanten Änderung der maximalen Anzahl langfristig orientierter Anleger. Durch die Entstehung und Verbreitung der hybriden Software-Agenten erhalten die Marktteilnehmer die Möglichkeit, mithilfe des von ihnen bevorzugten Informationssets $\Phi_t^{\ddot{o}}$ Entscheidungen zu treffen, die jetzt allerdings auf einen kurzfristigen Anlagehorizont ausgerichtet sind. Folglich sinkt die maximale Anzahl der Teilnehmer, die bereit sind, bei vorhandenen Gewinnopportunitäten aufgrund von fundamentalen Informationen langfristige Investitionen zu tätigen. Dann gilt:

$$ALT_{max} > ALT'_{max}. \quad (35)$$

Insgesamt verändert sich die Menge aller möglichen Kombinationen von M_M zu M'_M durch Verschiebung der äußeren Ränder. Dies erfolgt abhängig von der Marktmikrostruktur. Generell lässt sich jedoch eine Reduktion der Höhe und eine Zunahme der Breite des Rechtecks feststellen, das die Menge M_M aller möglichen Kombinationen der Marktzustände umschließt (vgl. dazu Abbildung 27).

Die durch die Verschiebung der Kombinationspunkte neu entstandene Menge aller möglichen Kombinationen der Marktzustände für einen Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur M'_M weist eine divergierende Trennfunktion zu M_M auf. So rückt der Ankerpunkt K'_2 , der die Abgrenzung der Untermengen M'_S und M'_I bestimmt, näher zum Nullpunkt, wodurch der Trennfaktor τ' ansteigt.

⁴³⁷ Vgl. Kapitel II.2.3, S. 25f.

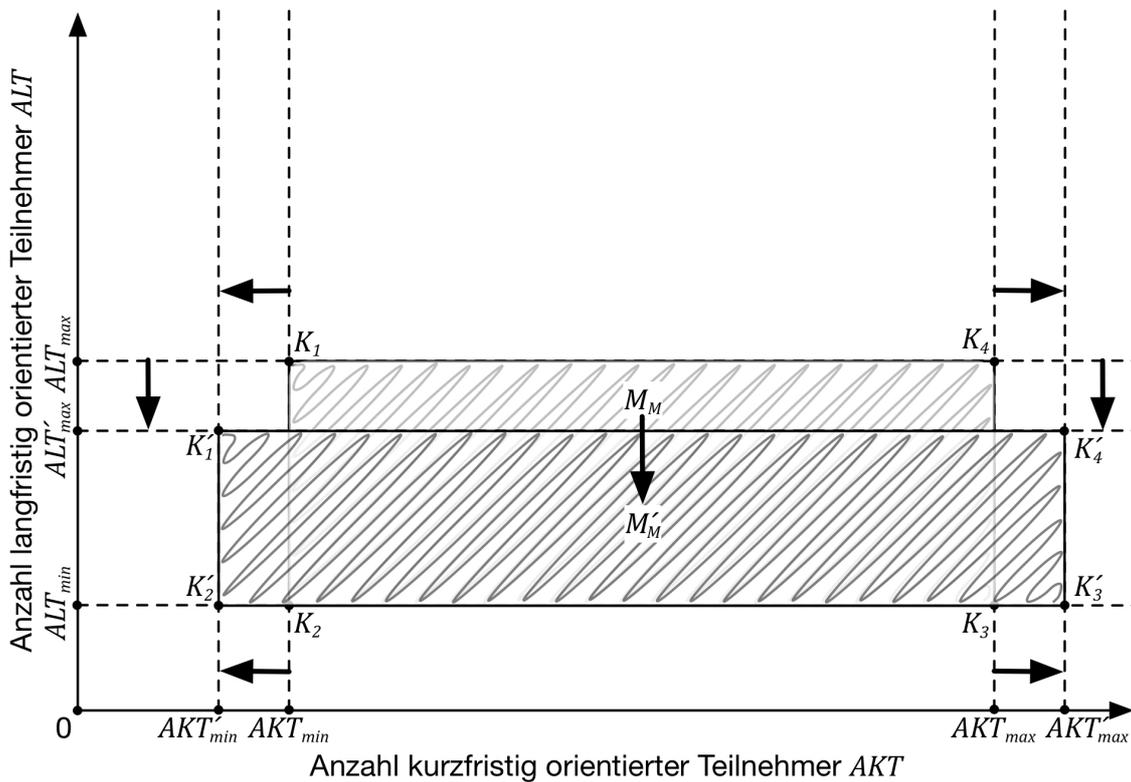


Abbildung 27: Verschiebung der Menge möglicher Kombinationen der Marktzustände vor und nach der Automatisierung der Mikrostruktur⁴³⁸

Daher gilt:

$$\tau < \tau'. \quad (36)$$

Wie Abbildung 28 zeigt, verkleinert sich der Stabilitätsbereich auf einem Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur, der durch die Untermenge M'_S eingegrenzt wird. Diese Veränderung wird primär durch den Anstieg des Trennfaktors τ und sekundär durch die Verringerung der maximalen Anzahl langfristig orientierter Anleger ALT_{max} hervorgerufen. Eine eindeutige Aussage bezüglich der Größenänderung der Untermenge mit Kombinationen instabiler Marktzustände M_I ist jedoch nicht möglich, da dafür die absoluten Werte für die Verschiebungen $ALT_{max} \Rightarrow ALT'_{max}$ und $AKT_{max} \Rightarrow AKT'_{max}$ vorliegen müssen.

⁴³⁸ Eigene Darstellung.

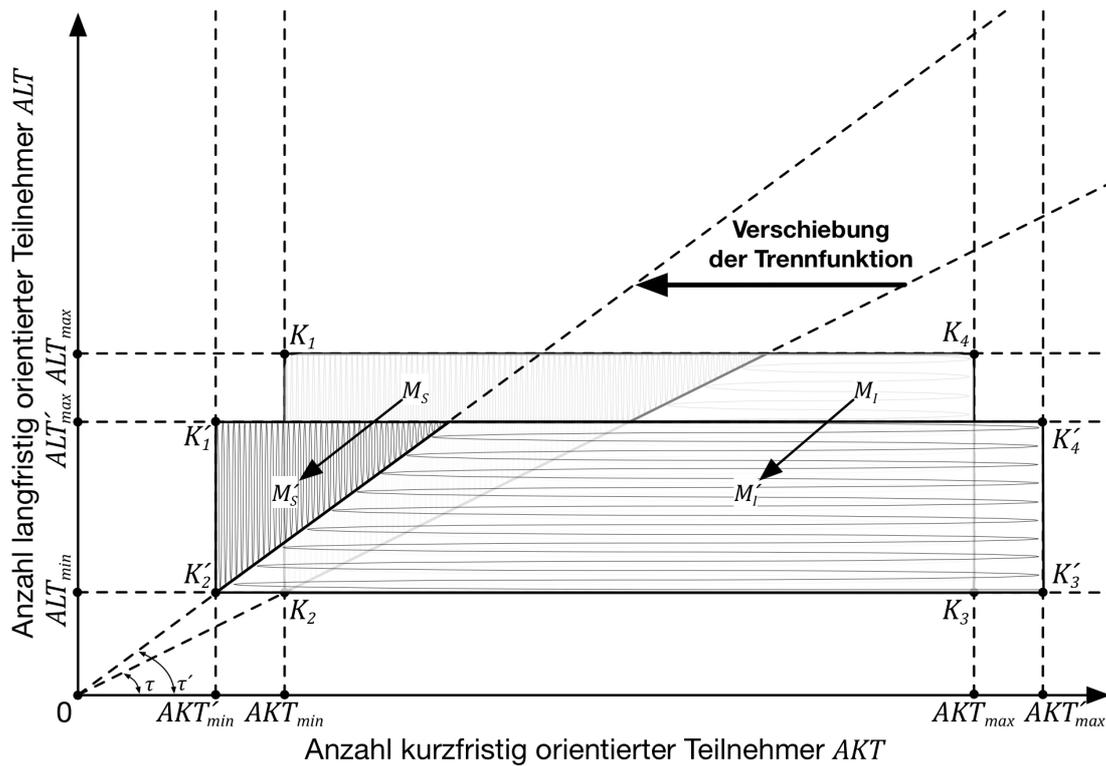


Abbildung 28: Verschiebung der Trennfunktion vor und nach der Automatisierung der Marktstruktur⁴³⁹

Zur Beurteilung des Einflusses der Automatisierung der Mikrostruktur auf die Marktstabilität reicht es jedoch aus, die Änderung der Proportionen der beiden Untermengen theoretisch abzuleiten: Das Verhältnis M'_S zu M'_I verändert sich nachteilig für den Stabilitätsbereich dadurch, dass die Menge M'_M deutlicher von Kombinationen mit instabilen Marktzuständen dominiert wird.

Insgesamt gelten unter Berücksichtigung der Bedingungen aus den Formeln (33) – (36) folgende Zusammenhänge:

$$M'_S < M_S, \quad (37)$$

$$\frac{M'_S}{M'_I} < \frac{M_S}{M_I}. \quad (38)$$

⁴³⁹ Eigene Darstellung.

Die in den Formeln (37) und (38) festgehaltenen Verhältnisse zeigen die Veränderungen des Stabilitätsbereichs bei Erreichung der Marktstufe mit vollautomatisierter Mikrostruktur. Die ökonomische Interpretation dieser Ergebnisse erlaubt die Beurteilung, inwieweit sich die Automatisierung der Mikrostruktur auf die Marktstabilität auswirkt. Offensichtlich verkleinert sich der Stabilitätsbereich auf einem derartigen Markt. Das Risiko steigt, dass der Markt sich in einer instabilen Kombination befinden wird. Zuvor als stabil geltende Kombinationen verschieben sich in den Bereich mit instabilen Kombinationen.

Diese Überlegungen lassen den Schluss zu, dass ein Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur volatiler sein muss als ein Markt mit nicht-automatisierter oder teilautomatisierter Mikrostruktur. Dies gilt insbesondere für die Kombinationen mit einer durchschnittlichen Anzahl sowohl kurzfristig als auch langfristig orientierter Anleger, die auf dem modernen Aktienmarkt mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Nur wenn die Geldmangelphase in der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger sich der vollen Stärke nähert, ist mit einem relativ stabilen Markt zu rechnen.

Dies deckt sich mit der bereits festgestellten Steigerung der Effizienz der Methoden der Markttechnischen Analyse durch den Einsatz von Software-Agenten.⁴⁴⁰ Auch Marktversagen nach unbewusster⁴⁴¹ sowie gezielter⁴⁴² Obstruktion wird auf Märkten mit vollautomatisierter Mikrostruktur wahrscheinlicher. Die für den Erhalt der Marktstabilität erforderliche Verarbeitung technischer Informationen kann auf einem Markt mit vollautomatisierter Mikrostruktur von einer geringeren Anzahl kurzfristig orientierter Teilnehmer durchgeführt werden. Jeder weitere kurzfristig orientierte Marktakteur wird verzerrende technische Informationen (Noise) erzeugen, welche die Aktienkurse von ihren inneren Werten entfernen, ohne einen Beitrag zur Marktstabilität zu leisten.

In diesem Marktmodell entscheidet die Zahl der Gruppenteilnehmer, nicht deren Aktivitätsumfang. Somit kann es vorkommen, dass die Bewahrung der Markt-

⁴⁴⁰ Vgl. Kapitel III.2.1.3.

⁴⁴¹ Vgl. dazu Elschen (2012), S. 207f.

⁴⁴² Vgl. dazu Elschen (2009), S. 352.

Stabilität auch eine Zunahme von Handelsaktivitäten fordern kann. Allerdings muss sich dies auf eine begrenzte Anzahl kurzfristig orientierter Anleger verteilen, um den Markt nicht in einen instabilen Zustand zu versetzen. Umgekehrt kann eine Vielzahl kleiner kurzfristig orientierter Teilnehmer den Markt in einen instabilen Zustand bringen, ohne dabei einen hohen individuellen Handelsumsatz aufweisen zu müssen.

Insgesamt leitet sich aus der AFMH bei vollautomatisierter Mikrostruktur eine nachhaltige Veränderung der Bedingungen für die Stabilität eines Marktes ab. Diese Schlussfolgerung widerspricht nicht empirischen Beobachtungen, die unter den normalen Marktbedingungen eine Verringerung der kurzfristigen Volatilitäten belegen. Denn zugleich lässt sich die Zunahme der kurzen, aber vom Umfang her starken Volatilitätsausbrüche nachweisen. Diese können mit der Verschiebung des Stabilitätsbereichs erklärt werden: Kombinationen mit instabilen Marktzuständen werden signifikant schneller erreicht als auf einem Markt mit nicht-automatisierter Mikrostruktur. Ein sonst stabiler Markt kann ohne ersichtliche Gründe eine abrupte Aktienkursänderung aufzeigen, wie z.B. während des Flash Crashes. Somit kann die AFMH die Ursachen für diese typischen Erscheinungen der Aktienpreisblasen und der exzessiven Volatilität auf vollautomatisierten Aktienmärkten erklären.

V Zusammenfassung

Seit den letzten zwei Jahrzehnten unterliegen Aktienmärkte weltweit einem Wandel, der nicht nur die internen Handelsprozesse beeinflusst, sondern auch die Preisbildung neugestaltet. Diese Veränderungen erfordern in der Finanzwissenschaft neben der Auseinandersetzung mit der Mikrostruktur eines modernen Aktienmarktes auch die Entwicklung innovativer Konzepte für die Erklärung des Marktgeschehens. Vor diesem Hintergrund befasst sich diese Arbeit mit der Frage, inwieweit die Automatisierung des Aktienhandels einen Einfluss auf die Preisbildung, die Informationsverarbeitung und die Effizienz eines Marktes ausübt.

Bereits der Vergleich des bis auf wenige Ausnahmen nicht mehr existierenden Parketthandels mit der aktuell global dominierenden Mikrostruktur einer Computerbörse zeigt konzeptionelle Unterschiede, die auf erhebliche Differenzen schließen lassen. Die gesunkenen Transaktionskosten, die automatisierten Entscheidungsprozesse mit der Einbeziehung hochkomplexer Aktienbewertungsmethoden und die Verschmelzung der Buy-Side mit der Sell-Side führen zu einem Preisbildungsprozess, in dem sich die Prioritäten der Marktteilnehmer innerhalb der Informationsverarbeitungskette verschieben. Als treibender Faktor dieser Veränderung gilt die Weiterentwicklung und Verbreitung der Software-Agenten. Daraus resultiert die Einordnung des modernen Aktienmarktes in die Marktstufe mit vollautomatisierter Mikrostruktur.

Für die Beurteilung dieser Entwicklung wird eine funktionale Betrachtungsweise gewählt: Ein Aktienmarkt trägt dann zur gesellschaftlichen Wohlstandsteigerung bei und erfüllt somit seine volkswirtschaftliche Funktion, wenn seine Allokationsfunktion einen hohen Effizienzgrad aufweist. Andere Marktfunktionen, wie die Transformationsfunktion und die Informationsfunktion, haben unterstützenden Charakter, um die effiziente Verteilung der Investitionsmittel zu erreichen.

In der neoklassischen Kapitalmarkttheorie wird die Informationsfunktion als das zentrale Beurteilungskriterium der Markteffizienz angesehen. Die Grundlage dafür liefert die in der EMH angenommene unbegrenzte Rationalität der Marktteilnehmer als Bestandteil des vollkommenen Kapitalmarktes. Dieser Erklä-

rungsansatz basiert auf der Annahme eines Random-Walk-Prozesses für die Aktienkursentwicklung. Zahlreiche empirische Studien kommen nach der Überprüfung dieser These zu dem Schluss, dass auf Aktienmärkten zumindest die schwache Form der Informationseffizienz vorliegt. Daraus wird die Gültigkeit der EMH abgeleitet.

Die Widerspruchsfreiheit der EMH fußt auf strengen Annahmen hinsichtlich homogener Präferenzen der Marktteilnehmer, wodurch die Transformationsfunktion des Marktes ausgeblendet wird. Die Analyse der Erwartungsbildungsmethoden der Marktteilnehmer lässt die Legitimität dieser Annahmen in der Realität anzweifeln. Es zeigen sich heterogene Anlagehorizonte, die eng mit unterschiedlichen Risikopräferenzen der Akteure verbunden sind. Auch die Art der verarbeiteten Informationen (technische oder fundamentale Informationen) hängt im Wesentlichen von den Risikopräferenzen ab. Neben der theoretischen Inkonsistenz widerlegen auch Feststellungen von exzessiver Volatilität und Aktienpreisblasen die Schlussfolgerungen der EMH.

Im Gegensatz zur EMH nimmt die Behavioral Finance die begrenzte Rationalität der menschlichen Marktteilnehmer an. Ihre kognitiven und emotionalen Heuristiken werden als Ursache für Marktverwerfungen angeführt. Trotz vieler empirischer Bestätigungen konnte bisher kein ganzheitlicher Rahmen für einen verhaltensbasierten Ansatz der Preisbildung formuliert werden. Für die Zielsetzung der Arbeit ist aber ein weiterer Kritikpunkt ausschlaggebend: Die Behavioral Finance erlaubt *ceteris paribus* keine Aussagen über den Einfluss einer automatisierten Mikrostruktur.

Vielmehr kann die Effizienzsteigerung bei Verarbeitung quantitativer Informationen und damit verbunden einem hohen Einfluss der Software-Agenten nicht in der Behavioral Finance untersucht werden. Diese Faktoren prägen allerdings die Preisbildung auf modernen Aktienmärkten und führen zu einem gestiegenen Anteil technischer Informationen in den Aktienkursen. Somit kann die erste ergänzende Forschungsfrage beantwortet werden: Weder die EMH noch die Behavioral Finance können die Preisbildung auf Aktienmärkten mit automatisierter Mikrostruktur erklären.

Als ein moderner Ansatz zur Erklärung der Aktienmärkte vereint die AMH unterschiedliche Perspektiven. Die Einbeziehung soziobiologischer Aspekte ermöglicht die Auseinandersetzung mit dem mikro- und makrostrukturellen Aufbau des Aktienmarktes vor dem Hintergrund der Evolutionstheorie. Die Entwicklung der Aktienkurse folgt demnach den Postulaten der EMH in langen Zeitperioden, wogegen die behavioristischen Faktoren kurzfristig die Preisbildung dominieren. Während die Stärken der AMH in einer zeithorizontbezogenen Differenzierung der Preisbildung liegen, übernimmt sie die Schwächen der zugrundeliegenden Theorien. Insbesondere die fehlende Anwendbarkeit auf Märkte mit automatisierter Mikrostruktur schränkt die Aussagekraft der AMH ein.

Auch die FMH bietet eine zeitperiodenabhängige Betrachtungsweise der Aktienmärkte. Im Gegensatz zur AMH werden für die unterschiedlichen Prozessabläufe auf kurzen und langen Zeitintervallen nicht verhaltensbasierte Faktoren als Ursache genannt, sondern die Selbstähnlichkeit in den Zeitreihen der Aktienkurse. Die empirische Feststellung von fraktalen Strukturen auf Aktienmärkten fordert eine Analyse der Vorgehensweisen bei der Informationsverarbeitung durch Marktteilnehmer: Die Gruppe kurzfristig orientierter Anleger verarbeitet technische Informationen, während die Gruppe langfristig orientierter Anleger fundamentale Informationen einpreist.

Aus Sicht der FMH wird die effiziente Erfüllung der Informationsfunktion nicht durch vollständige, sondern durch ausgewogene Informationsverarbeitung sichergestellt. Folglich muss auf jedem Zeithorizont eine ausreichende Teilnehmerzahl die Aggregation von Informationen gewährleisten. Diese fraktale Marktstruktur liegt nur dann vor, wenn ein bestimmtes Teilnehmerverhältnis beider Gruppen vorliegt. Erst dann können Marktteilnehmer ihre anlagehorizontspezifischen Risiken begrenzen.

Die abgeleitete Forderung nach Marktstabilität verlangt eine effiziente Erfüllung der Transformationsfunktion des Aktienmarktes. Die Schwäche der FMH besteht in den fehlenden Kriterien für ein Teilnehmerverhältnis, um einen Markt anhand einer mikrostrukturellen Zusammensetzung auf Stabilität zu überprüfen. Ein deskriptives Modell des Teilnehmerverhältnisses würde es erlauben, Märkte

mit unterschiedlichen Mikrostrukturen auf Basis der FMH zu vergleichen. Damit wird die zweite ergänzende Forschungsfrage beantwortet.

Die Entwicklung der Marktteilnehmerstruktur spiegelt Wettbewerbsprozesse wider und hängt von ihrer Umwelt ab. Zu ihrer Beschreibung eignen sich die Grundprinzipien soziobiologischer Ansätze, weil sie auf Wettbewerbsprozesse innerhalb einzelner Gruppen fokussiert sind. Dadurch werden die unterschiedlichen Voraussetzungen und Präferenzen dieser Gruppen berücksichtigt. Die gruppeninternen Wettbewerbe zeichnen sich durch den Wechsel zwischen der Geldmangelphase und der Geldüberschussphase aus. Je nach Phasenstärke und Umweltbedingungen schwanken die Phasendauer und ihre Frequenz, die Vielfalt / die Variation der Methoden sowie die Anpassungsbereitschaft und die Sensibilität der einzelnen Gruppen gegenüber Umweltbedingungen. Auch ihre Wettbewerbsintensität hängt unmittelbar von diesen Parametern ab.

Die Einbindung soziobiologischer Ansätze in die FMH definiert die AFMH. Sie verbindet die quantitativ-ökonomische Sicht auf die fraktalen Marktstrukturen mit der qualitativ-soziobiologischen Beschreibung des gruppeninternen Wettbewerbs. Die Anwendungsbreite der AFMH wird durch die Ausprägungen eines Teilnehmertyps (Software-Agent, Mensch, Institution) nicht eingeschränkt, da die Gruppenabgrenzung anhand der Anlagehorizonte vorgenommen wird. Zur Beantwortung der dritten ergänzenden Forschungsfrage wird daher die AFMH als Erklärungsansatz für Aktienmärkte mit unterschiedlichen Mikrostrukturen vorgeschlagen.

Die qualitative Analyse des gruppeninternen Wettbewerbs mithilfe der AFMH zeigt Unterschiede sowohl in der Geldmangelphase als auch in der Geldüberschussphase. Zum einen wird die Divergenz von Minima und Maxima der Teilnehmerzahl festgestellt, die bei der vollen Stärke beider Evolutionsphasen erreicht werden. Zum anderen werden Rückschlüsse auf die Paarvergleiche der Extrema zweier Gruppen gezogen. Die minimale Teilnehmerzahl der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger ist signifikant kleiner als die der Gruppe langfristig orientierter Teilnehmer. Umgekehrt ist die maximale Teilnehmerzahl der Gruppe kurzfristig orientierter Anleger signifikant größer als die der Gruppe langfristig orientierter Teilnehmer.

Durch diesen Vergleich kann die Menge aller möglichen Kombinationen der Teilnehmerzahl definiert werden. Zur Identifizierung der in dieser Menge enthaltenen Kombinationen mit stabilen und instabilen Marktzuständen wird das Teilnehmerverhältnis als Maßstab verwendet. Für die Separation in homogene Teilmengen wird eine Trennfunktion eingeführt. Die Trennfunktion ermöglicht eine formale Definition der Teilmengen aller Kombinationen mit stabilen und instabilen Marktzuständen. Es ergibt sich ein Marktmodell, das die Marktstabilität abhängig vom Teilnehmerverhältnis abbildet.

Dieses Modell erlaubt, Aktienmärkte mit unterschiedlichen Automatisierungsstufen zu vergleichen. Bei der Gegenüberstellung von Märkten mit nicht-automatisierter und vollautomatisierter Mikrostruktur entsteht eine Verschiebung der Menge aller möglichen Kombinationen sowie der Trennfunktion. Dabei verkleinert sich der Stabilitätsbereich, während die Teilmenge der Kombinationen mit instabilen Marktzuständen wächst.

Die ökonomische Interpretation dieser Ergebnisse zeigt eine Übereinstimmung der Verkleinerung des Stabilitätsbereichs mit dem Anstieg kurzfristiger Volatilitätsausbrüche. Nach der AFMH ist die Verengung des Stabilitätsbereichs aufgrund der Automatisierung der Mikrostruktur hierfür ursächlich. Dies spiegelt die stärker gestiegene Effizienz der Markttechnischen Analyse gegenüber der Fundamentalen Analyse wider. Ein Teil der Kombinationen, die bei nicht-automatisierter Mikrostruktur im Stabilitätsbereich liegen, besitzt ein unzureichendes Teilnehmerverhältnis für die Marktstabilität.

Daraus ergeben sich die Antworten auf die Forschungsfragen:

1. Automatisierung des Aktienhandels führt zur effizienteren Verarbeitung quantitativer Informationen und folglich zu einem höheren Anteil technischer Informationen in Aktienkursen.
2. Aktienmärkte mit automatisierter Mikrostruktur weisen aufgrund des häufigeren Verlustes ihrer fraktalen Marktstruktur Effizienzeinschränkungen auf: Das Risiko des Marktversagens steigt.

Trotz mikrostruktureller Vorteile der Automatisierung des Aktienhandels ergeben sich daher Nachteile für die effiziente Erfüllung volkswirtschaftlicher Funkti-

onen der Aktienmärkte. Die Gegenüberstellung dieser Vor- und Nachteile muss die Zielsetzung weiterer Untersuchungen auf diesem Forschungsfeld bilden.

Literaturverzeichnis

- ALDRIDGE, IRENE (2013): High-Frequency Trading, 2. Aufl., Hoboken, 2013
- ALLEN, FRANKLIN / GALE, DOUGLAS (2007): Understanding Financial Crises, Oxford, 2007
- ANDERSON, NICOLA / NOSS, JOSEPH (2013): The Fractal Market Hypothesis and Its Implications for the Stability of Financial Markets, Bank of England Financial Stability Paper, Nr. 23, 2013
- ASCHINGER, GERHARD (1995): Börsenkrach und Spekulation, München, 1995
- ASSENMACHER, WALTER (2002): Einführung in die Ökonometrie, 6. Aufl., München / Wien, 2002
- BACHELIER, LOUIS (1900): Theory of Speculation, in: Paul Cootner (Hrsg.), The Random Character of Stock Market Prices, Cambridge, 1964, S. 17 – 78
- BAKER, KENT H. / NOFSINGER, JOHN R. (2010): Behavioral Finance – Investors, Corporations and Markets, Hoboken (NJ), 2010
- BARBERIS, NICHOLAS / SHLEIFER, ANDREI / VISHNY, ROBERT W. (2005): A Model of Investment Sentiment, in: Richard H. Thaler (Hrsg.), Advances in Behavioral Finance, Bd. II, Princeton / New York (NY), 2005, S. 423 – 459
- BARNESLEY, MICHAEL F. (2012): Fractals Everywhere, 2. Aufl., Mineola / New York (NY), 2012
- BECHT, DOMINIQUE M. (1999): Effizienz und Nichtlinearität auf den Aktienmärkten. Eine theoretische und empirische Synopsis der neueren Kapitalmarktfor- schung, Basel, 1999
- BECK, HANNO (2014): Behavioral Economics: Eine Einführung, Wiesbaden, 2014
- BEHRENDTS, EHRHARD (1994): Fraktale und Mathematik – eine elementare Ein- führung, in: Eugen Eichhorn / Ernst-Jochen Thiele (Hrsg.), Vorlesungen zum Gedenken an Felix Hausdorff, Berlin, 1994, S. 191 – 206

- BERGOLD, UWE / MAYER, BERNT (2005): Markt und Meinung, München, 2005
- BIENERT, HORST (1996): Der Marktprozess an Aktienbörsen: Bewertungseffizienz und Umverteilung, Wiesbaden, 1996
- BLACK, FISHER (1986): Noise, in: Journal of Finance, Bd. 41, 1986, S. 529 – 543
- BLACKLEDGE, JONATHAN (2008): Application of the Fractal Market Hypothesis for Modelling Macroeconomic Time Series, in: ISAST Transactions on Electronics and Signal Processing, Bd. 1, Nr. 2, 2008, S. 89 – 110
- BLOSS, MICHAEL / ERNST, DIETMAR / HÄCKER, JOACHIM / EIL, NADINE (2009): Von der Wall Street zur Main Street: Die Weltwirtschaft nach der Finanzkrise, München, 2009
- BROWN, CLIFFORD T. / LIEBOVITCH, LARRY S. (2010): Fractal Analysis, Los Angeles u.a., 2010
- BRUNNERMEIER, MARKUS K. / NAGEL, STEFAN (2004): Hedge Fonds and the Technology Bubble, in: Journal of Finance, Bd. 59, Nr. 5, 2004, S. 2013 – 2040
- BRUNS, CHRISTOPH (1994): Bubbles und Excess Volatility auf dem deutschen Aktienmarkt, Wiesbaden, 1994
- BURTON, EDWIN T. / SHAH, SUNIT N. (2013): Behavioral Finance: Understanding the Social, Cognitive, and Economic Debates, Hoboken (NJ), 2013
- CANTOR, GEORG (1883): Grundlagen einer allgemeinen Mannichfältigkeitslehre, in: Mathematische Annalen, Bd. 21, 1883, S. 545 – 591
- CARRION, ALLEN (2013): Very Fast Money: High-Frequency Trading on the NASDAQ, in: Journal of Financial Markets, Bd. 16, Nr. 4, 2013, S. 680 – 711
- CASEY, JEAN-PIERRE / LANNOO, KAREL (2009): The MiFID Revolution, Cambridge u.a., 2009
- CHANDE, TUSHAR S. (2001): Beyond Technical Analysis, 2. Aufl., New York (NY), 2001

CHINCARINI, LUDWIG B. / KIM, DAEHWAN (2006): Quantitative Equity Portfolio Management. An Active Approach to Portfolio Construction and Management, New York (NY), 2006

COLE, BRITTANY / VAN NESS, BONNIE (2013): Decimalization and Discreteness, in: H. Kent Baker / Halil Kiyamaz (Hrsg.), Market Microstructure in Emerging and Developed Markets: Price Discovery, Information Flows, and Transaction Costs, Hoboken, 2013, S. 137 – 158

COMMERTON-FORDE, CAROLE (2013): Current Issues in Market Design, in: H. Kent Baker / Halil Kiyamaz (Hrsg.), Market Microstructure in Emerging and Developed Markets: Price Discovery, Information Flows, and Transaction Costs, Hoboken, 2013, S. 177 – 198

CUTLER, DAVID M. / POTERBA, JAMES M. / SUMMERS, LAWRENCE H. (1989): What Moves Stock Prices?, in: Journal of Portfolio Management, Bd. 15, Nr. 2, 1989, S. 4 – 12

DANIEL, KENT / HIRSHLEIFER, DAVID / SUBRAHMANYAM, AVANIDHAR (2005): Investor Psychology and Security Market Under- and Overreaction, in: Richard H. Thaler (Hrsg.), Advances in Behavioral Finance, Bd. II, Princeton / New York (NY), 2005, S. 460 – 501

DAR, ARIF BILLAH / BHANJA, NIYATI / TIWARI, AVIRAL KUMAR (2016): Do Global Financial Crises Validate Assertions of Fractal Market Hypothesis, in: International Economics and Economic Policy, Bd. 13, Nr. 2, 2016, S. 1 – 11

DAXHAMMER, ROLF J. / FACSAR, MÁTÉ (2012): Behavioral Finance, Konstanz / München, 2012

DE LONG, J. BRADFORD / SHLEIFER, ANDREI / SUMMERS, LAWRENCE H. / WALDMANN, ROBERT J. (1990): Noise Trader Risk in Financial Markets, in: Journal of Political Economy, Bd. 98, Nr. 4, 1990, S. 703 – 738

DEMOS, TELIS (2012): US Bourses to Fine HFT Data-Cloggers, in: Financial Times, 07. März 2012, abgerufen am 10.04.2015 unter: http://im.media.ft.com/content/images/354ca2f6-6722-11e1-9d4e-00144feabdc0.img?width=854&hight=693&title=&desc=High-Frequency_trading_graphic

DIBA, BEHZAD T. / GROSSMAN, HERSCHEL L. (1987): On the Inception of Rational Bubbles, in: The Quarterly Journal of Economics, Bd. 102, Nr. 3, 1987, S. 697 – 700

DOMOWITZ, IAN (1992): Automating the Price Discovery Process: Some International Comparisons and Regulatory Implications, in: Journal of Financial Services Research, Bd. 6, 1992, S. 305 – 326

DOMOWITZ, IAN / YEGERMAN, HENRY (2005): The Cost of Algorithmic Trading – A First Look at Comparative Performance, in: Brian R. Bruce (Hrsg.), Algorithmic Trading: Precision, Control, Execution, New York (NY), 2005, S. 30 – 40

EILENBERGER, GUIDO (2012): Bankbetriebswirtschaftslehre: Grundlagen – Internationale Bankleistungen – Bank-Management, München, 2012

ELSCHEN, RAINER (1994): Institutionale oder personale Besteuerung von Unternehmensgewinnen?, 2. Aufl., Hamburg, 1994

ELSCHEN, RAINER (2009): Krisen im System oder Krise des Systems, in: Rainer Elschen / Theo Lieven (Hrsg.), Der Werdegang der Krise – Von der Subprime- zur Systemkrise, Wiesbaden, 2009, S. 335 – 364

ELSCHEN, RAINER (2012): μ , σ und die Bedeutung fundamentaler Kapitalmarktinformationen, in: Hendrik Schröder / Volker Clausen / Andreas Behr (Hrsg.): Essener Beiträge zur empirischen Wirtschaftsforschung, Festschrift für Prof. Dr. Walter Assenmacher, Wiesbaden, 2012, S. 199 – 216

ELSCHEN, RAINER / HÜCHTEBROCK, MICHAEL (1983): Steuerneutralität in Finanzwissenschaft und Betriebswirtschaftslehre – Diskrepanzen und Konsequenzen, in: Finanzarchiv N.F., Bd. 41, 1983, S. 253 – 280

EVERTSZ, CARL J. G. / HENDRYCH, RALF / SINGER, PETER / PEITGEN, HANS-OTTO (1999): Fraktale Geometrie von Börsenzeitreihen: Neue Perspektiven ökonomischer Zeitreihenanalysen, in: Klaus Mainzer (Hrsg.), Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft – Komplexitätsforschung in Deutschland auf dem Weg ins nächste Jahrhundert, Berlin / Heidelberg, 1999, S. 400 – 422

EYMAN, TORSTEN (2000): AVALANCHE – Ein agentenbasierter dezentraler Koordinationsmechanismus für elektronische Märkte, Freiburg, 2000

EYMAN, TORSTEN (2003): Digitale Geschäftsagenten, Berlin / Heidelberg / New York (NY), 2003

FABOZZI, FRANK J. / FOCARDI, SERGIO M. / JONAS, CAROLINE L. (2004): Trends in Quantitative Asset Management in Europa, in: Journal of Portfolio Management, Bd. 31, Nr. 4, 2004, S. 125 – 132

FABOZZI, FRANK J. / FOCARDI, SERGIO M. / JONAS, CAROLINE L. (2007): Trends in Quantitative Asset Management: Survey Results, in: Quantitative Finance, Bd. 7, Nr. 2, 2007, S. 115 – 122

FABOZZI, FRANK J. / FOCARDI, SERGIO M. / JONAS, CAROLINE L. (2008): On the Challenges in Quantitative Equity Management, in: Quantitative Finance, Bd. 8, Nr. 7, 2008, S. 649 – 655

FABOZZI, FRANK J. / FOCARDI, SERGIO M. / KOLM, PETER N. (2010): Quantitative Equity Investing, Hoboken (NJ), 2010

FAIR, RAY (2002): The Events that Shook the Market, in: Journal of Business, Bd. 75, Nr. 4, 2002, S. 713 – 731

FAMA, EUGENE F. (1965): The Behaviour of Stock Market Prices, in: Journal of Business, Bd. 38, 1965, S. 34 – 105

FAMA, EUGENE F. (1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, in: Journal of Finance, Bd. 25, 1970, S. 383 – 417

FAMA, EUGENE F. (1991): Efficient Capital Markets II, in: Journal of Finance, Bd. 46, 1991, S. 1575 – 1617

FAMA, EUGENE F. (1998): Market Efficiency, Long-term Returns, and Behavioral Finance, in: Journal of Financial Economics, Bd. 49, 1998, S. 283 – 306

FARMER, J. DOYNE (2002): Market Force, Ecology and Evolution, in: Industrial and Corporate Change, Bd. 11, 2002, S. 895 – 953

FARMER, J. DOYNE / LO, ANDREW (1999): Frontiers of Finance: Evolution and Efficient Markets, in: Proceedings of the National Academy of Sciences, Bd. 96, 1999, S. 9991 - 9992

FCA – FINANCIAL CONDUCT AUTHORITY (2014): Price Spike in HSBC Shares, in: Market Watch, Nr. 46, 2014, S. 1 – 3

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1981): Statistiques 1980, Paris, 1981

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1982): Statistiques 1981, Paris, 1982

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1983): Statistiques 1982, Paris, 1983

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1984): Statistiques 1983, Paris, 1984

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1985): Statistiques 1984, Paris, 1985

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1986): Statistiques 1985, Paris, 1986

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1987): Statistiques 1986, Paris, 1987

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1988): Statistiques 1987, Paris, 1988

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1989): Statistiques 1988, Paris, 1989

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1990): Statistiques 1989, Paris, 1990

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1991): Statistiques 1990, Paris, 1991

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1992): Statistiques 1991, Paris, 1992

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1993): Statistiques 1992, Paris, 1993

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1994): Annual Report and Statistics 1993, Paris, 1994

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1995): Annual Report and Statistics 1994, Paris, 1995

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1996): Annual Report and Statistics 1995, Paris, 1996

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1997): Annual Report and Statistics 1996, Paris, 1997

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1998): Annual Report and Statistics 1997, Paris, 1998

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (1999): Annual Report and Statistics 1998, Paris, 1999

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (2000): Annual Report and Statistics 1999, Paris, 2000

FIBV – FEDERATION INTERNATIONALE DES BOURSES DE VALEURS (2001): Annual Report and Statistics 2000, Paris, 2001

FISCHER, CHRISTOPH / RUDOLPH, BERND (2000): Nationale und internationale Finanzsysteme. Grundformen von Finanzsystemen, in: Jürgen von Hagen / Johann Heinrich von Stein (Hrsg.), *Obst / Hinter: Geld-, Bank- und Börsenwesen*, 40. Aufl., Stuttgart, 2000, S. 371 – 446

FISHER, IRVING (1930): *The Theory of Interest*, New York, 1930

FORESIGHT PROJECT (2012): *The Future of Computer Trading in Financial Markets (Foresight Project)*, UK Government Office for Science (Hrsg.), London, 2012

FRANKE, GÜNTER / HAX, HERBERT (2009): *Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt*, 6. Aufl., Berlin / Heidelberg, 2009

FRIEDMAN, MILTON (1953): *Essays in Positive Economics*, Chicago, 1953

GABAIX, XAVIER / GOPIKRISHNAN, PARAMESWARAN / PLEROU, VASILIKI / STANLEY, H. EUGENE (2003): A Theory of Power-law Distributions in Financial Market Fluctuations, in: *Nature*, Bd. 423, 2003, S. 267 – 270

GARMAN, MARK (1976): Market Microstructure, in: *Journal of Financial Economics*, Bd. 3, 1976, S. 257 – 275

GEBERT, THOMAS / HÜSGEN, PAUL (2004): *Candlestick-Charttechnik*, 4. Aufl., Ulm, 2004

GERNER, THOMAS (2010): *Denken und Handeln an Finanzmärkten: Zwischen Angst und Gier – Experten beziehen Position*, Wiesbaden, 2010

GÖCKE, MATTHIAS (1993): *Starke Hysterese im Außenhandel*, Heidelberg, 1993

GOLDBERG, JOACHIM / NITZSCH, RÜDIGER VON (2004): *Behavioral Finance*, 4. Aufl., München, 2004

GOMBER, PETER (2000): *Elektronische Handelssysteme – Innovative Konzepte und Technologien im Wertpapierhandel*, Heidelberg, 2000

GOMBER, PETER / ARNDT, BJÖRN / LUTAT, MARCO / UHLE, TIM (2011): *High Frequency Trading*, Frankfurt am Main, 2011

GOMBER, PETER / GSELL, MARKUS (2006): Catching up with Technology – The Impact of Regulatory Changes on ECNs / MTFs and the Trading Venue Landscape in Europe, in: Competition and Regulation in Network Industries, Bd. 1, Nr. 4, Special Issue on The Future of Alternative Trading Systems and ECNs in Global Financial Markets, 2006, S. 535 – 557

GOMBER, PETER / ZIMMERMANN, KAI (2013): Wertpapierhandel im Kontext des technologischen Wandels – der algorithmische Handel, in: Oliver Everling / Robert Lempka (Hrsg.), Finanzdienstleister der nächsten Generation, Frankfurt am Main, 2013, S. 363 – 381

GOMOLKA, JOHANNES (2011): Algorithmic Trading: Analyse von computergesteuerten Prozessen im Wertpapierhandel unter Verwendung der Multifaktorenregression, Potsdam, 2011

GORHAM, MICHAEL / SINGH, NIDHI (2009): Electronic Exchanges. The Global Transformation from Pits to Bits, Amsterdam et al., 2009

GRAHAM, JOHN R. (1999): Herding among Investment Newsletters: Theory and Evidence, in: Journal of Finance, Bd. 54, Nr. 1, 1999, S. 237 – 268

GRAHAM, JOHN R. / HARVEY, CAMPBELL R. (2001): The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from Field, in: Journal of Financial Economics, Bd. 60, Nr. 2-3, 2001, S. 187 – 243

GRANGER, CLIVE W. J. / MORGENSTERN, OSKAR (1970): Predictability of Stock Market Prices, Lexington, 1970

GRESSER, UWE (2016): Praxishandbuch Hochfrequenzhandel – BASIC: Analysen, Strategien, Bd. 1, Wiesbaden, 2016

GRESSER, UWE / LISTING, STEFAN (2008): Automatisierte Handelssysteme – Erfolgreich investieren mit Gresser K9, München, 2008

GRIFFIN, JOHN M. / Ji, XIUQING / MARTIN, J. SPENCER (2003): Momentum Investing and Business Cycle Risk: Evidence from Pole to Pole, in: Journal of Finance, Bd. 58, Nr. 6, 2003, S. 2515 – 2547

GRINOLD, RICHARD C. / KAHN, RONALD N. (2000): Active Portfolio Management: A Quantitative Approach for Providing Superior Returns and Controlling Risk, New York (NY) u.a., 2000

GROSSMAN, SANFORD J. (1976): On the Efficiency of Competitive Stock Markets Where Trades Have Diverse Information, in: Journal of Finance, Bd. 31, 1976, S. 573- 585

GROSSMAN, SANFORD J. / STIGLITZ, JOSEPH E. (1980): On the Impossibility of Informationally Efficient Markets, in: American Economic Review, Bd. 70, 1980, S. 393 – 418

GSELL, MARKUS (2010): Essays on Algorithmic Trading, Stuttgart, 2010

GSELL, MARKUS / GOMBER, PETER (2010): The Behavior of Algorithmic Traders in Equity Markets – Empirical Evidence from Xetra, in: Markus Gsell (Hrsg.), Essays on Algorithmic Trading, Stuttgart, 2010, S. 121 – 154

GÜTTLER, PETER O. (2003): Sozialpsychologie: Soziale Einstellungen, Vorurteile, Einstellungsänderungen, 4. Aufl., München, 2003

HACKL, HARALD (2013): CAPM und Behavioral Finance - Versuch einer Synthese, Kassel, 2013

HÄUSER, KARL / ROSENSTOCK, ADOLF (1997): Börse und Kapitalmarkt, 5. Aufl., Upper Saddle River, 1997

HALDANE, ANDREW G. (2012): The Race to Zero, in: Franklin Allen / Masahiko Aoki / Nobuhiro Kiyotaki / Roger Gordon / Joseph E. Stiglitz / Jean-Paul Fitoussi (Hrsg.), The Global Macro Economy and Finance, Basingstoke / New York (NY), 2012, S. 245 – 270

HARRIS, LAWRENCE (2003): Trading and Exchanges, Market Microstructure for Practitioners, Oxford, 2003

HARTMUTH, ARMIN J. (2004): Institutioneller Wandel von Börsen – Eine evolutionsökonomische Analyse, Wiesbaden, 2004

HASBROUCK, JOEL (2007): Empirical Market Microstructure. The Institutions, Economics, and Econometrics of Securities Trading, New York (NY), 2007

HASLER, PETER THILO (2011): Aktien richtig bewerten: Theoretische Grundlagen praktisch erklärt, Berlin / Heidelberg, 2011

HAYEK, FRIEDRICH AUGUST VON (1945): The Use of Knowledge in Society, in: American Economic Review, Bd. 35, 1945, S. 519 – 530

HEESE, VIKTOR / RIEDEL, CHRISTIAN (2016): Fundamentalanalyse versus Chartanalyse: Methoden der Aktienbewertung im Vergleich, Wiesbaden, 2016

HELLWIG, MARTIN (2000): Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Finanzsystems, in: Jürgen von Hagen / Johann Heinrich von Stein (Hrsg.), Obst / Hinter: Geld-, Bank- und Börsenwesen, 40. Aufl., Stuttgart, 2000, S. 3 – 37

HENSE, ANDREAS (2008): Handelsregeln bei Preisschwankungen an Börsen, Berlin, 2008

HERSCHBERG, MIGUEL (2012): Limits to Arbitrage: An Introduction to Behavioral Finance and a Literature Review, in: Palermo Business Review, Nr. 7, 2012, S. 7 – 21

HEUSER, UWE JEAN (2008): HUMANOMICS: Die Entdeckung des Menschen in der Wirtschaft, Frankfurt am Main, 2008

HILBERT, DAVID (1891): Über die stetige Abbildung einer Linie auf ein Flächenstück, in: Mathematische Annalen, Bd. 38, 1891, S. 459 – 460

HOFMANN, ULRICH (2001): Netzwerk-Ökonomie, Heidelberg, 2001

HOLTFORT, THOMAS (2013): Moderne Finanzanalyse: Von der Fundamentalanalyse zur Biofinance, 2. Aufl., Lohmar, 2013

HOLTRUP, HANS-JÜRGEN (2006): Stock Markets as Evolving Complex Systems. Simulations and Statistical Inferences, Essen, 2006

HUDSON, RICHARD L. (2009): Einleitung: Einführung eines wissenschaftlichen Außenseiters in den Wissenschaftsbetrieb, in: Benoit B. Mandelbrot / Richard L. Hudson (Hrsg.), *Fraktale und Finanzen – Märkte zwischen Risiko, Rendite und Ruin*, 3. Aufl., München, 2009, S. 11 – 22

IMPEKOVEN, CHRISTOPH (2013): *Software-Entwicklung für dynamische Portfolioallokation und Risikomanagement*, Wiesbaden, 2013

IRVINE, PAUL J. (2013): Liquidity beyond the Inside Spread: The Price Impact of Trading, in: H. Kent Baker / Halil Kiyamaz (Hrsg.), *Market Microstructure in Emerging and Developed Markets: Price Discovery, Information Flows, and Transaction Costs*, Hoboken, 2013, S. 269 – 284

ITO, MIKIO / NODA, AKIHIKO / WADA, TATSUMA (2016): The Evolution of Stock Market Efficiency in the US: A Non-Bayesian Time-varying Model Approach, in: *Applied Economics*, Bd. 48, Nr. 7, 2016, S. 621 – 635

ITO, MIKIO / SUGIYAMA, SHUNSUKE (2009): Measuring the Degree of Time Varying Market Inefficiency, in: *Economics Letters*, Bd. 103, Nr. 1, 2009, S. 62 – 64

JONES, FRANK J. / FABOZZI, FRANK J. (2008): The U.S. Equity Market, in: Frank J. Fabozzi (Hrsg.), *Handbook of Finance*, Bd. 1, Hoboken (NJ), 2008, S. 125 – 150

KAHNEMAN, DANIEL / TVERSKY, AMOS (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, in: *Econometrica*, Bd. 47, Nr. 2, 1979, S. 263 – 292

KAHNEMAN, DANIEL / TVERSKY, AMOS (1992): Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty, in: *Journal of Risk and Uncertainty*, Nr. 5, 1992, S. 297 – 323

KAHNEMAN, DANIEL / TVERSKY, AMOS (2000): Choices, Values, and Frames, in: Daniel Kahneman / Amos Tversky (Hrsg.), *Choices, Values, and Frames*, Cambridge / New York (NY), 2000, S. 1 – 16

- KAIZOJI, TAISEI / SORNETTE, DIDIER (2010): Bubbles and Crashes, in: Rama Cont (Hrsg.), Encyclopedia of Quantitative Finance, Hoboken (NJ), 2010, S. 217 – 230
- KAUFMANN, PERRY J. (2013): Trading Systems and Methods, 5. Aufl., Hoboken (NJ), 2013
- KEARNS, MICHAEL / NEVMYVAKA, YURIY (2013): Machine Learning for Market Microstructure and High-Frequency Trading, in: David Easley / Marcos López de Prado / Maureen O'Hara (Hrsg.), High-Frequency Trading: New Realities for Traders, Markets and Regulators, London, 2013, S. 91 – 124
- KERLING, MATTHIAS (1998): Moderne Konzepte der Finanzanalyse: Markthypothesen, Renditegenerierungsprozesse und Modellierungswerkzeuge, Freiburg / Bad Soden, 1998
- KHANNA, AYESHA (2008): Straight Through Processing for Financial Services, Burlington / San Diego / London, 2008
- KIM, JAE H. / SHAMSUDDIN, ABUL / LIM, KIAN-PING (2011): Stock Return Predictability and the Adaptive Markets Hypothesis: Evidence from Century-Long U.S. Data, in: Journal of Empirical Finance, Bd. 18, Nr. 5, 2011, S. 868 – 879
- KINDLEBERGER, CHARLES P. / ALIBER ROBERT Z. (2011): Manias, Panics and Crashes. A History of Financial Crises, 6. Aufl., London / New York (NY), 2011
- KITZMANN, ARNOLD (2009): Massenpsychologie der Börse, Wiesbaden, 2009
- KNIGHT, TIMOTHY (2014): Panic, Prosperity and Progress – Five Centuries of History and the Markets, Hoboken (NJ), 2014
- KNOGLER, CHRISTIAN / LINSMAIER, MICHAEL (2008): Product Management Systems in Financial Services Software Architectures, in: Detlef Seese / Christof Weinhardt / Frank Schlottmann (Hrsg.), Handbook on Information Technology in Finance, Berlin / Heidelberg, 2008, S. 51 – 72

KOCH, HELGE VON (1905): „Une méthode géométrique élémentaire pour l'étude de certaines questions de la théorie des courbes planes, in: Acta Mathematica, Bd. 30, 1905, S. 145 – 174

KÖDDERMANN, RALF (1993): Chartisten, Bubbles und Handelsvolumen. Drei Essays zur Kapitalmarkttheorie, Münster, 1993

KÖNIG, HANS-JÜRGEN (1994): Ökonomische Datenhaltung in der Unternehmung: Föderierte Architekturen als Integrationsplattform wettbewerbsorientierter Systeme, Wiesbaden, 1994

KOLLMANN, TOBIAS (2016): E-Business: Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse in der Digitalen Wirtschaft, 6. Aufl., Wiesbaden, 2016

KRISTOUFEK, LADISLAV (2012): Fractal Markets Hypothesis ant the Global Financial Crisis: Scaling, Investment Horizons and Liquidity, in: Advances of Complex Systems, Bd. 15, Nr. 6, 2012

KUGLER, FRIEDRICH (1994): Preisbildung auf spekulativen Märkten – Ansätze für eine sozioökonomische Formalisierung, Heidelberg, 1994

KUHN, THOMAS (1962): The Structure of Scientific Revolutions, 2. Aufl., Chicago, 1962

KYLE, ALBERT S. (1985): Continuous Auctions and Insider Trading, in: Econometrica, Bd. 53, Nr. 6, 1985, S. 1315 – 1336

LANGE, AXEL (2012): Darwins Erbe im Umbau – Die Säulen der Erweiterten Synthese in der Evolutionstheorie, Würzburg, 2012

LEONI, WOLFGANG (1990): Möglichkeiten der Wechselkursprognose: Empirische Untersuchung zur Informationseffizienz des Devisenmarktes, Gießen, 1990

LEROY, STEPHEN F. (1989): Efficient Capital Markets und Martingales, in: Journal of Economic Literature, Bd. 27, 1989, S. 1583 – 1621

LEROY, STEPHEN F. / PORTER, RICHARD D. (1981): The Present-Value Relation: Tests Based on Implied Variance Bounds, in: *Econometrica*, Nr. 49, 1981, S. 555 – 574

LIM, KIAN-PING / BROOKS, ROBERT D. (2006): *The Evolving and Relative Efficiencies of Stock Markets: Empirical Evidence from Rolling Bicorrelation Tests Statistics*, Kuala Lumpur / Queensland, 2006

LIM, KIAN-PING / LUO, WEIWEI / KIM, JAE H. (2013): Are US Stock Index Returns Predictable? Evidence from Automatic Autocorrelation-Based Tests, in: *Applied Economics*, Bd. 45, Nr. 8, 2013, S. 953 – 962

LINTNER, JOHN (1965A): Security Prices, Risk, and Maximal Gains from Diversification, in: *Journal of Finance*, Bd. 20, Nr. 4, 1965, S. 587 – 615

LINTNER, JOHN (1965B): The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets, in: *The Review of Economics and Statistics* Bd. 47, Nr. 1, 1965, S. 13 – 37

LINTON, OLIVER / O'HARA, MAUREEN / ZIGRAND, J. P. (2013): The Regulatory Challenge of High-Frequency Markets, in: David Easley / Marcos López de Prado / Maureen O'Hara (Hrsg.), *High-Frequency Trading: New Realities for Traders, Markets and Regulators*, London, 2013, S. 207 – 230

LO, ANDREW W. (2004): The Adaptive Market Hypothesis: Market Efficiency from an Evolutionary Perspective, in: *Journal of Portfolio Management*, Bd. 30, 2004, S. 15 – 29

LO, ANDREW W. (2005): Reconciling Efficient Markets with Behavioral Hypothesis, in: *Journal of Investment Consulting*, Bd. 7, Nr. 2, 2005, S. 21 – 44

LO, ANDREW W. (2012): Adaptive Markets and the New World Order, in: *Financial Analysts Journal*, Bd.68, Nr. 2, 2012, S. 18 – 29

LO, ANDREW W. / HASANHODZIC, JASMINA (2010): *The Evolution of Technical Analysis – Financial Prediction from Babylonian Tablets to Bloomberg Terminals*, Hoboken (NJ), 2010

- LO, ANDREW W. / MACKINLAY, A. CRAIG (1988): Stock Market Prices do not Follow Random Walk: Evidence from a Simple Specification Test, in: The Review of Financial Studies, Bd. 1, Nr. 1, 1988, S. 41 – 66
- LO, ANDREW W. / MACKINLAY, A. CRAIG (1999): A Non-Random Walk Down Wall Street, Princeton, 1999
- LO, ANDREW W. / MAMAYSKY, HARRY / WANG, JIANG (2000): Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation, in: Journal of Finance, Bd. LV, Nr. 4, 2000, S. 1705 – 1765
- LOISTL, OTTO (1994): Kapitalmarkttheorie, 3. Aufl., München, 1994
- LOISTL, OTTO / ROSENTHAL, HARALD (1982): Dynamische Portfolioplanung unter Berücksichtigung der Informationsverarbeitung, in: Wolfgang Bühler / Bernd, Fleischmann / Karl-Peter, Schuster / Lothar, Streitferdt / Helmut Zander (Hrsg.), Operations Research Proceedings 1982, Vorträge der 11. Jahrestagung, Berlin / Heidelberg, 1983
- LUCAS, ROBERT E. (1972): Expectations an the Neutrality of Money, in: Journal of Economic Theorie, Bd. 4, 1972, S. 103 – 124
- LÜCKERATH, EVELIN (2003): Elektronisierung des Wertpapierhandels und Informationseffizienz, Köln, 2003
- LUX, THOMAS (2013): Effizienz und Stabilität von Finanzmärkten: Stehen wir vor einem Paradigmenwechsel?, in: Wirtschaftsdienst, Bd. 93, Nr. 13, 2013, S. 16 – 22
- MACKENZIE, DONALD (2014): A Sociology of Algorithms: High-Frequency Trading and the Shaping of Markets, School of Social and Political Science, University of Edinburgh, Working Paper, Edinburgh, 2014
- MADHAVAN, ANANTH (2000): Market Microstructure: A Survey, in: Journal of Financial Markets, 3:3, 2000, S. 205 – 258
- MAES, PATTIE (1995): Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents, in: Communications of the ACM, Bd. 38, Nr. 11, 1995, S. 108 – 114

MALKIEL, BURTON G. (1987): Efficient Market Hypothesis, London, 1987

MALKIEL, BURTON G. / TAYLOR, PATRICIA A. / MEI, JIANPING / YANG, RUI (2008): Von der Wall Street zur Chinesischen Mauer: wie Anleger von Chinas Boom profitieren können, München, 2008

MALTZAN, BERND-ALBRECHT VON (2000): Finanzmarktanalyse, in: Jürgen von Hagen / Johann Heinrich von Stein (Hrsg.), Obst / Hinter: Geld-, Bank- und Börsenwesen, 40. Aufl., Stuttgart, 2000, S. 861 – 871

MANDELBROT, BENOIT B. (1962): The Variation of Certain Speculative Prices, IBM Research Report NC-87, New York (NY), 1962

MANDELBROT, BENOIT B. (1963): The Variation of Certain Speculative Prices, in: Journal of Business, Bd. 36, 1963, S. 394 – 419

MANDELBROT, BENOIT B. (1965): Une classe de processus stochastiques homogénéiques à soi; application à la loi climatologique de H. E. Hurst, in: Comptes Rendus (Paris), Bd. 260, 1965, S. 3274 – 3277, Übersetzung: Kapitel H9 in Mandelbrot (2002)

MANDELBROT, BENOIT B. (1966): Forecasts of Future Prices, Unbiased Markets, and Martingale Models, in: Journal of Business, Bd. 39, 1966, S. 242 – 255

MANDELBROT, BENOIT B. (1967): The Variation of Some Other Speculative Prices, in: Journal of Business, Bd. 40, 1967, S. 393 – 413

MANDELBROT, BENOIT B. (1968): Some Aspects of the Random-Walk Model of Stock Market Prices: Comment, in: International Economic Review, Bd. 9, 1968, S. 258 – 259

MANDELBROT, BENOIT B. (1969): Long-Run Linearity, Locally Gaussian Processes, H-Spectra and Infinite Variances, in: International Economic Review, Bd. 10, 1969, S. 82 – 111

MANDELBROT, BENOIT B. (1970): Long-Run Interdependence in Price Records and Other Economic Time Series, in: Econometrica, Bd. 38, 1970, S. 122 – 133

- MANDELBROT, BENOIT B. (1977): *Fractals: Form, Chance, and Dimension*, San Francisco, 1977
- MANDELBROT, BENOIT B. (1982): *The Fractal Geometry of Nature*, New York (NY), 1982
- MANDELBROT, BENOIT, B. (1987): *Die fraktale Geometrie der Natur*, Basel / Boston, 1987
- MANDELBROT, BENOIT B. (2002): *Gaussian Self-Affinity and Fractals: Globality, the Earth, 1/f Noise, and R/S*, New York (NY), 2002
- MANDELBROT, BENOIT B. (2004): *Fractals and Chaos: The Mandelbrot Set and Beyond*, Berlin, 2004
- MANDELBROT, BENOIT B. / HUDSON, RICHARD L. (2009): *Fraktale und Finanzen – Märkte zwischen Risiko, Rendite und Ruin*, 3. Aufl., München, 2009
- MANDELBROT, BENOIT B. / TAYLOR, HOWARD M. (1967): *On the Distribution of Stock Price Differences*, in: *Operations Research*, Bd. 15, 1967, S. 1057 – 1062
- MARKOWITZ, HARRY (1952): *Portfolio Selection*, in: *Journal of Finance*, Bd. 7, Nr. 1, 1952, S. 77 – 91
- MARZO, MASSIMILIANO (2013): *Market Architecture. A Conceptual Framework and Real-World Systems*, in: H. Kent Baker / Halil Kiyamaz (Hrsg.), *Market Microstructure in Emerging and Developed Markets: Price Discovery, Information Flows, and Transaction Costs*, Hoboken, 2013, S. 137 – 158
- MEYER, DAVID R. / GUEMSEY, GEORGE (2015): *Global Exchanges in the HFT Nexus*, in: Greg N. Gregoriou (Hrsg.), *Handbook of High Frequency Trading*, London u.a., 2015, S. 171 – 194
- MICHLER, ALBRECHT F. (1999): *Erwartungsbildung auf Finanzmärkten*, in: Karl-Hans Hartwig / H. Jörg Thieme (Hrsg.), *Finanzmärkte: Funktionsweise, Integrationseffekte und ordnungspolitische Konsequenzen*, Stuttgart, 1999, S. 107 – 156

- MOLLAH, SABUR / HASSAN, ABUL (2013): Market Microstructure in African Equity Markets, in: H. Kent Baker / Halil Kiyamaz (Hrsg.), Market Microstructure in Emerging and Developed Markets: Price Discovery, Information Flows, and Transaction Costs, Hoboken, 2013, S. 463 – 481
- MOSSIN, JAN (1966): Equilibrium in a Capital Asset Market, in: *Econometrica*, Nr. 34, 1966, S. 768 – 783
- MÜHLBRADT, FRANK W. (1978): Chancen und Risiken der Aktienanlage, Köln, 1978
- MURPHY, JOHN J. (2004): Technische Analyse der Finanzmärkte – Grundlagen, Methoden, Strategien, Anwendungen, 3. Aufl., München, 2004
- MUTH, JOHN F. (1961): Rational Expectations and the Theory of Price Movements, in: *Econometrica*, Bd. 29, Nr.3, 1961, S. 315 – 335
- NAGEL, JOACHIM / ZAJONZ, RAFAEL (2012): High Frequency Trading. Kosten und Nutzen im Wertpapierhandel und Notwendigkeit der Marktregulierung. Hochfrequenzhandel – Eine Einschätzung aus Notenbanksicht, in: *Wirtschaftsinformatik*, Nr. 2, 2012, S. 98 – 100
- NARANG, RISHI K. (2009): Inside the Black Box, Hoboken NJ, 2009
- NEMTSEV, SERGUEI (2006): Skalierungsmodelle für das Risiko am Aktienmarkt – eine ökonomische Analyse, Karlsruhe, 2006
- OFEK, ELI / RICHARDSON, MATTHEW (2003): DotCom Mania: The Rise and Fall of Internet Stock Prices, in: *Journal of Finance*, Bd. LVIII, Nr. 3, 2003, S. 1113 – 1137
- O'HARA, MAUREEN (1995): Market Microstructure Theory, Oxford, 1995
- OTTO, ALEXANDER (2013): Homo Digitalis – Mensch & Maschine im Zeitalter der digitalen Revolution, North Charleston, 2013

PANAS, EPAMINONDAS / NINNI, VASSILIA (2010): The Distribution of London Metal Exchange Prices: A Test of the Fractal Market Hypothesis, in: European Research Studies, Bd. 13, Nr. 2, 2010, S. 193 – 210

PARK, CHEOL-HO / IRWIN, SCOTT H. (2007): What Do We Know About the Profitability of Technical Analysis, in: Journal of Economic Surveys, Bd. 21, Nr. 4, 2007, S. 786 – 826

PEANO, GIUSEPPE (1890): Sur une courbe, qui remplit une aire plane, in: Mathematische Annalen, Bd. 36, 1890, S. 157 – 160

PEITGEN, HANS-OTTO / JÜRGENS, HARTMUT / SAUPE, DIETMAR (1992): Bausteine des Chaos – Fraktale, Berlin, 1992

PERRIDON, LOUIS / STEINER, MANFRED / RATHGEBER, ANDREAS W. (2012): Finanzwirtschaft der Unternehmung, 16. Aufl., München, 2012
PICOT, ARNOLD / BORTENLÄNGER, CHRISTINE / RÖHRL, HEINER (1996): Börsen in Wandel, Frankfurt am Main, 1996

PETERS, EDGAR E. (1991): Chaos and Order in the Capital Markets, New York (NY), 1991

PETERS, EDGAR E. (1994): Fractal Market Analysis, New York (NY), 1994

PLASCHKO, PETER / BROD, KLAUS (1995): Nichtlineare Dynamik, Bifurkation und Chaotische Systeme, Braunschweig / Wiesbaden, 1995

PROSAD, JAYA M. / KAPOOR, SUJATA / SENGUPTA, JHUMUR (2015): Theory of Behavioral Finance, in: Zeynep Copur (Hrsg.), Handbook of Research on Behavioral Finance and Investment Strategies: Decision Making in the Financial Industry, Hershey, 2015, S. 1 – 24

QUANG, TRAN VAN (2005): The Fractal Market Analysis and Its Application on Czech Conditions, in: Acta Oeconomica Pragensia, Bd. 13, Nr. 1, 2005, S. 101 – 110

- RAU, RAGHAVENDRA (2010): Market Inefficiency, in: H. Kent Baker / John R. Nofsinger (Hrsg.), Behavioral Finance – Investors, Corporations, and Markets, Hoboken (NJ), 2010
- REICHERT, RAMÓN (2009): Das Wissen der Börse: Medien und Praktiken des Finanzmarktes, Bielefeld, 2009
- RICCIARDI, VICTOR (2008): The Psychology of Risk: The Behavioral Finance Perspective, in: Frank J. Fabozzi (Hrsg.), Handbook of Finance, Bd. 2, Hoboken (NJ), 2008, S. 85 – 112
- RIORDAN, RYAN JOSEPH (2012): High Frequency Trading. Kosten und Nutzen im Wertpapierhandel und Notwendigkeit der Marktregulierung. High Frequency Trading – Ein neuer Intermediär, in: Wirtschaftsinformatik, Nr. 2, 2012, S. 94 – 95
- ROBBINS, STEPHEN P./ JUDGE, TIMOTHY A. / MILLETT, BRUCE / BOYLE, MAREE (2014): Organisational Behaviour, 7. Aufl., Frenchs Forest NSW, 2014
- RÖCKEMANN, CHRISTIAN (1995): Börsendienste und Anlegerverhalten – Ein empirischer Beitrag zum Noise Trading, Wiesbaden, 1995
- ROLL, RICHARD R. (1988): R^2 , in: Journal of Finance, Bd. 43, Nr. 2, 1988, S. 541 – 566
- ROMBACH, TOBIAS (2011): Preisblasen auf Wohnimmobilienmärkten: Eine theoretische und empirische Analyse der internationalen Märkte, Lohmar / Köln, 2011
- ROSS, STEPHEN (1976): The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing, in: Journal of Economic Theory, Bd. 13, Nr. 3, 1976, S. 341 – 360
- ROßBACH, PETER (2001): Behavioral Finance – Eine Alternative zur vorherrschenden Kapitalmarkttheorie?, Frankfurt am Main, 2001
- RUDOLPH, BERND (1992): Effekten- und Wertpapierbörsen, Finanztermin- und Devisenbörsen seit 1945, in: Gabriele Jachmich (Hrsg.), Deutsche Börsengeschichte, Frankfurt am Main, 1992, S. 293 – 362

RUDOW, BERND (2014): Betriebliche Informationssysteme in der Automobilproduktion als soziotechnische Systeme – psychologische Aspekte, in: Bernd Rudow / Hans-Christian Heidecke, Betriebliche Informationssysteme in der Automobilproduktion, München, 2014, S. 57 – 94

SACKMANN, STEFAN (2003): Bilaterale Preisverhandlungen von Software-Agenten. Ein Modell und System zur Analyse des marktplatzspezifischen Verhandlungsspielraumes, Wiesbaden, 2003

SAMUELSON, PAUL A. (1965): Proof That Property Anticipated Prices Fluctuate Randomly, in: Industrial Management Review, Bd. 6, 1965, S. 41 – 49

SAPUSEK, ANNEMARIE (1998): Informationseffizienz auf Kapitalmärkten: Konzepte und empirische Ergebnisse, Wiesbaden, 1998

SCHENK, NORMAN (1997): Informationstechnologie und Börsensysteme, Wiesbaden, 1997

SCHIERECK, DIRK (1995): Internationale Börsenplatzentscheidungen institutioneller Investoren, Wiesbaden, 1995

SCHMIDT, ANDREAS (2014): Umbruch der Börsenlandschaft folgt vier Trends, in: Börsen-Zeitung, Nr. 89, 2014, S. B 3

SCHMIDT, HARTMUT (1988): Wertpapierbörsen – Strukturprinzip, Organisation, Kassa- und Terminmärkte, München, 1988

SCHNELLE, PASCAL (2009): Asset Pricing bei heterogenen Erwartungen – Analyse der Auswirkungen von heterogenen Erwartungen auf Wertpapierpreise und Wertpapierpreisbewegungen, Köln, 2009

SCHÖRNER, PETER (1991): Gesetzliches Insiderhandelsverbot – Eine ordnungspolitische Analyse, Wiesbaden, 1991

SCHUSTER, STEPHAN / RUDOLF, STEFAN (2001): Europäische Börsenlandschaft in Wandel, in: Detlev Hummel / Rolf-E. Breuer (Hrsg.), Handbuch Europäischer Kapitalmarkt, Wiesbaden, 2001, S. 371 – 396

- SCHWAGER, JACK D. (1997): Fundamentale Analyse, München, 1997
- SCHWAGER, JACK D. (2005): Technische Analyse, 5. Aufl., München, 2005
- SCHWANFELDER, WERNER (2008): Börsenwissen für erfolgreiche Investments: Analyse, Strategie, Timing, Frankfurt am Main, 2008
- SCHWARTING, RENA (2015): Hochfrequenzhandel zwischen Entscheidungsautomation und Entscheidungsautonomie, in: Maja Apelt / Konstanze Senge (Hrsg.), Organisation und Unsicherheit, Wiesbaden, 2015, S. 159 – 173
- SEC – U.S. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (2010A): Concept Release on Equity Market Structure (Release No. 34-61358; File No. S7-02-10), Washington, 13. Januar 2010
- SEC – U.S. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (2010B): Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010 – Report of the Staffs of the CFTC and SEC to the Joint Advisory Committee on Emerging Regulatory Issues, Washington, 30. September 2010
- SEC – U.S. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (2010C): Testimony Concerning the Severe Market Disruption on May 6, 2010, Washington, 11. Mai 2010
- SEC – U.S. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (2013): Administrative Proceeding in the Matter of Knight Capital Americas LLC, Release No. 70694, File No. 3-15570, Washington, 16. Oktober 2013
- SEITZ, FRANZ (2015): Geldpolitik und Behavioral Finance, in: Christian Müller / Nils Otter (Hrsg.), Behavioral Economics und Wirtschaftspolitik, Stuttgart, 2015, S. 157 – 174
- SEWELL, MARTIN (2010): Behavioral Finance, Cambridge, 2010
- SHABBIR, TAYYEB (2015): High-Frequency Trading: Implications for Market Efficiency and Fairness, in: Greg N. Gregoriou (Hrsg.), Handbook of High Frequency Trading, London u.a., 2015, S. 113 – 122

SHARPE, WILLIAM F. (1964): Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk, in: Journal of Finance, Bd. 19, Nr. 3, 1964, S. 425 – 442

SHEFRIN, HERSH (2000): Beyond Greed and Fear: Understanding Behavioral Finance and the Psychology of Investing, Oxford / New York (NY), 2002

SHILLER, ROBERT J. (1978): Rational Expectations and the Dynamic Structure of Macroeconomic Models, in: Journal of Monetary Economics, Bd. 4, 1978, S. 1 – 44

SHILLER, ROBERT J. (1979): The Volatility of Long-Term Interest Rates and Expectations Models of the Term Structure, in: Journal of Political Economy, Bd. 87, 1979, S. 1190 – 1219.

SHILLER, ROBERT J. (1981A): Do Stock Prices Move Too Much to Be Justified by Subsequent Changes in Dividends?, in: American Economic Review, Bd. 71, 1981, S. 421 – 436

SHILLER, ROBERT J. (1981B): The Use of Volatility Measures in Assessing Market Efficiency, in: Journal of Finance, Bd. 36, 1981, S. 291 – 304

SHILLER, ROBERT J. (2003): From Efficient Markets Theory to Behavioral Finance, in: Journal of Economic Perspectives, Bd. 17, Nr. 1, 2003, S. 83 – 104

SHILLER, ROBERT J. (2013): Nobel Prize Lecture: Speculative Asset Prices, in: Robert J. Shiller (Hrsg.), Irrational Exuberance, 3. Aufl., Princeton (NJ), 2015, S. 239 – 280

SHILLER, ROBERT J. (2015): Irrational Exuberance, 3. Aufl., Princeton (NJ), 2015

SHLEIFER, ANDREI (2000): Inefficient Markets, Oxford, 2000

SHLEIFER, ANDREI / VISHNY, ROBERT W. (1997): The Limits of Arbitrage, in: Journal of Finance, Bd. 52, Nr. 1, 1997, S. 35 – 55

SIERPIŃSKI, WACŁAW (1915): Sur une courbe dont tout point est un point de ramification, in: Comptes Rendus (Paris), Bd. 160, 1915, S. 302

SILVER, NATE (2012): The Signal and the Noise: Why So Many Predictions Fail-but Some Don't, New York (NY), 2012

SIMON, HERBERT (1955): Das Verwaltungshandeln. Eine Untersuchung der Entscheidungsvorgänge in Behörden und privaten Unternehmen, Stuttgart, 1955

SIMONITE, TOM (2014): Laser-Radio Links Upgrade the Internet, in: MIT Technology Review, abgerufen am 14.03.2014 unter: <http://www.technologyreview.com/news/532346/laser-radio-links-upgrade-the-internet/>

SMITH, GRAHAM (2012): The Changing and Relative Efficiency of European Emerging Stock Markets, in: European Journal of Finance, Bd. 18, Nr. 8, 2012, S. 689 – 708

SPREMANN, KLAUS (2010): Finance, 4. Aufl., München, 2010

STEINER, MANFRED / BRUNS, CHRISTOPH / STÖCKL, STEFAN (2012): Wertpapiermanagement. Professionelle Wertpapieranalyse und Portfoliostrukturierung, 10. Aufl., Stuttgart, 2012

STÖTTNER, RAINER (1989): Zur Instabilität von Finanzmärkten aus finanztechnologischer und theoretischer Sicht, in: Wirtschaftliche Dynamik und technischer Wandel, Tycho Seitz (Hrsg.), Festschrift für Alfred E. Ott, Stuttgart / New York (NY), 1989, S. 145 – 161

STOLL, HANS R. (2003): Market Microstructure, in: George M. Constantinides / Milton Harris / René M. Stulz (Hrsg.), Handbook of the Economics of Finance, Bd. 1, Amsterdam, 2003, S. 553 – 604

STÜFE, KARIN (1999): Das Informationsverhalten deutscher Privatanleger, Wiesbaden, 1999

STÜRMER, RALF / SCHMIDT, JENNIFER (2014): Erfolgreiches Marketing durch Emotionsforschung: Messung, Analyse, Best Practice, Freiburg, 2014

THALER, RICHARD H. / BARBERIS, NICHOLAS (2002): A Survey of Behavioral Finance, National Bureau of Economic Research (Hrsg.), Handbook of the Economics of Finance, London, 2002, S. 1051 – 1121

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES (2002): Foundations of Behavioral and Experimental Economics: Daniel Kahneman and Vernon Smith, Advanced Information on the Prize in Economic Sciences, Stockholm, 2002

TOBIN, JAMES (1958): Liquidity Preference as a Behavior towards Risk, in: Review of Economic Studies, Bd. 25, Nr. 2, 1958, S. 65 – 86

TODEA, ALEXANDRU / ULICI, MARIA / SILAGHI, SIMONA (2009): Adaptive Markets Hypothesis: Evidence from Asia-Pacific Financial Markets, in: The Review of Finance and Banking, Bd. 1, Nr. 1, 2009, S. 7 – 13

TYRELL, MARCEL (2003): Kapitalmärkte und Banken: Formen der Informationsverarbeitung als konstitutives Merkmal, Wiesbaden, 2003

URQUHART, ANDREW (2013): An Empirical Analysis of the Adaptive Market Hypothesis and Investor Sentiment in Extreme Circumstances, Newcastle, 2013

URQUHART, ANDREW / MCGROATY (2015): The Adaptive Market Hypothesis and Stock Return Predictability: Evidence from Major Stock Indices, Southampton, 2015

VÁCHA, LUKÁŠ / VOŠVRDA, MILOSLAV S. (2005): Dynamical Agents' Strategies and the Fractal Market Hypothesis, in: Prague Economic Papers, Nr. 2, 2005, S. 163 – 170

VARGAS, MAURICIO (2012): Bedeutung der finanziellen Entwicklung im Aufholprozess von Entwicklungs- und Schwellenländern: eine vergleichende Analyse der chilenischen und mexikanischen Erfahrungen, Stuttgart, 2012

VERHEYDEN, TIM / DE MOOR, LIEVEN / VANPEE, ROSANNE (2015): Mutual Fund Performance: A Market Efficiency Perspective, in: Investment Analysts Journal, Bd. 45, Nr. 4, 2016, S. 1 – 15

VOLAND, ECKART (2013): Soziobiologie: Die Evolution von Kooperation und Konkurrenz, 4. Aufl., Berlin / Heidelberg, 2013

VOLLMER, GERHARD (1995): Biophilosophie, Stuttgart, 1995

- WALDROP, M. MITCHELL (1987): Computers Amplify Black Monday, in: Science, Bd. 238, Nr. 4827, 1987, S. 602 – 604
- WEIL, PHILIPPE (1990): On the Possibility of Price Decreasing Bubbles, in: Econometrica, Bd. 58, Nr. 6, 1990, S. 1467 – 1474
- WERON, ALEKSANDER / WERON, RAFAL (2000): Fractal Market Hypothesis and Two Power-Laws, in: Chaos, Solitons and Fractals, Bd. 11, 2000, S. 289 – 296
- WEST, KENNETH D. (1988): Bubbles, Fads and Stock Price Volatility Tests: A Partial Evaluation, in Journal of Finance, Bd. 43, Nr. 3, 1988, 639 – 656
- WESTBROOK, IAN (2014): Strategic Financial and Investor Communication: The Stock Price Story, Abingdon / New York (NY), 2014
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2002): Annual Reports & Statistics 2001, Paris, 2002
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2003): Annual Reports & Statistics 2002, Paris, 2003
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2004): Annual Reports & Statistics 2003, Paris, 2004
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2005): Annual Reports & Statistics 2004, Paris, 2005
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2006): Annual Reports & Statistics 2005, Paris, 2006
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2007): Annual Reports & Statistics 2006, Paris, 2007
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2008): Annual Reports & Statistics 2007, Paris, 2008
- WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2009): Annual Reports & Statistics 2008, Paris, 2009

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2010): Annual Reports & Statistics 2009, Paris, 2010

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2011): Annual Reports & Statistics 2010, Paris, 2011

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2012): Annual Reports & Statistics 2011, Paris, 2012

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2013): Annual Reports & Statistics 2012, Paris, 2013

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2014): Annual Reports & Statistics 2013, Paris, 2014

WFE – WORLD FEDERATION OF EXCHANGES (2015): Annual Reports & Statistics 2014, Paris, 2015

WILLIAMS, GEORGE C. (1966): Natural Selection, the Costs of Reproduction, and a Refinement of Lack's Principle, in: American Naturalist, Bd. 100, 1966, S. 687 – 690

WILSON, EDWIN O. (1975): Sociobiology: The New Synthesis, Cambridge, 1975

WISSNER-GROSS, ALEXANDER D. / FREER, CAMERON E. (2010): Relativistic Statistical Arbitrage, in: Physical Review E, Bd. 82, Nr. 5, 2010, S. 056104-1 – 056104-7

WITTMANN, ULI (1985): Das Konzept rationaler Erwartungen, Berlin u.a, 1985

WOOLDRIDGE, MICHAEL J. (2013): Intelligent Agents, in: Gerhard Weiss (Hrsg.), Multiagent Systems. Intelligent Robotics and Autonomous Agents, 2. Aufl., Cambridge / Massachusetts / London, 2013, S. 3 – 50

WOOLDRIDGE, MICHAEL J. / JENNINGS, NICHOLAS R. (1995): Intelligent Agents: Theory and Practice. In: The Knowledge Engineering Review, Bd. 10, Nr. 2, 1995, S. 115 – 152

ZRZAVÝ, JAN / BURDA, HYNEK / STORCH, DAVID / BEGALL, SABINE / MIHULKA, STANISLAV (2013): Evolution, 2. Aufl., Berlin / Heidelberg, 2013

ZUBULAKE, PAUL / LEE, SANG (2011): The High Frequency Game Changer, Hoboken (NJ), 2011

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig ohne unzulässige Hilfe Dritter verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Arbeit keiner anderen Stelle zu Prüfungszwecken vorgelegt habe.“