
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
School of Management and Law

MESSUNG DER MARKTLIQUIDITÄT AM
BEISPIEL DES SCHWEIZERISCHEN
AKTIENMARKTS

Banking & Finance-Arbeitspapier Nr. 1

Herausgeber: Dr. Christoph Kley

Autoren:

SIMON BÜNZLI (CAND. MSC. ZFH IN BANKING AND FINANCE)

ALEXANDER EICHENBERGER (CAND. MSC. ZFH IN BANKING AND FINANCE)

MATTHIAS GANTENBEIN (CAND. MSC. ZFH IN BANKING AND FINANCE)

CHRISTOPH KLEY (ZHAW ABT. BANKING, FINANCE, INSURANCE)

Stand: 15. Dezember 2013

Kontaktadresse: Dr. Christoph Kley (kley [at] zhaw.ch)
ZHAW School of Management and Law
Abteilung Banking, Finance, Insurance
Postfach, Technoparkstrasse 2
CH-8401 Winterthur, Schweiz

Banking & Finance-Arbeitspapiere sollen die fachliche Diskussion voranbringen. Sie zeigen typischerweise einen vorläufigen Forschungsstand. Dies ist bei allen Referenzen auf diese Arbeit zu berücksichtigen. Eine spätere Publikation des Arbeitspapiers in anderer Form ist ausdrücklich vorbehalten. Das Arbeitspapier gibt nur die Meinung der Autoren wieder, nicht die Meinung der ZHAW School of Management and Law oder anderer genannter Institutionen.

Abstract

Marktliquidität ist eine Grundvoraussetzung für die Funktion der Finanz- und Kapitalmärkte. War bis vor kurzem das Vertrauen in die Märkte ungebrochen, so sind spätestens seit Beginn der globalen Finanzkrise (im Besonderen die Situation nach der Lehman-Insolvenz am 15. Sept. 2008) Zweifel aufgekommen. Das vorliegende Arbeitspapier analysiert verschiedene Liquiditäts-Messkonzepte anhand von Daten von Aktienkursen des Swiss Market Index (SMI). Es werden sowohl Tagesendkurse und als minuten-genaue Kurse untersucht. Neben einer heuristischen Analyse, inwiefern „marktbekannte“ Ereignisse sich in den Marktliquiditätskennzahlen erkennen lassen und sich mit diesem Massstab die Eignung der Kennzahlen ableiten lässt, wird eine Heatmap konzipiert. Mit Hilfe dieser Heatmap wird analysiert, ob die untersuchten Liquiditätskennzahlen zu den gleichen Zeiten ausschlagen (relative Analyse). Die Heatmap ist ein innovatives Konzept zur Visualisierung der Marktliquidität mit multiplen Kennzahlen. In einer zusätzlichen Analyse wird zudem gezeigt, dass das Konzept der bedingten Volatilität ebenfalls geeignet ist, die Marktliquidität zu messen. Dazu wird ein GARCH-Modell konzipiert und auf Basis von empirischen Daten geschätzt.

Keywords: liquidity ratio, market liquidity, GARCH, Heatmap, Marktliquidität, SMI

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Zielsetzung/Forschungsfragestellungen	1
1.3 Methodik	2
1.4 Gang der Arbeit.....	3
2 Definitionen von Liquidität	4
2.1 Definition Liquidität.....	4
2.2 Mehrdimensionalität der Liquidität.....	4
2.3 Marktmikrostruktur	7
3 Literaturreview über Liquiditätsmesskonzepte	8
3.1 Transaktionskostenkennzahlen.....	8
3.1.1 Bid-Ask-Spread.....	9
3.2 Volumenbasierte Kennzahlen	9
3.2.1 Turnover Ratio [TR].....	10
3.2.2 The Index of MARTIN (1975) [MLI _T].....	10
3.2.3 HUI-HEUBEL Liquidity Ratio [LR _{HH}]	11
3.2.4 AMIHUDD Illiquidity Ratio ILLIQ.....	12
3.2.5 Conventional Liquidity Ratio [LR _{it}].....	12
3.3 Preisbasierte Kennzahlen	13
3.3.1 Liquidity Ratio von MARSH/ROCK	13
3.3.2 Variance Ratio oder Market Efficiency Coefficient [MEC]	14
3.4 Ein Ansatz aus der Praxis.....	14
4 Datengrundlage	16
4.1 Verwendete Daten und Quellen	16

4.2	Exception Handling und Spezifikationen.....	16
4.3	SMI-8	17
4.3.1	SMI-8 Statistische Analyse der Datenbasis.....	20
4.3.2	Autokorrelation in den Daten	22
5	Analyse	23
5.1	Anwendung der Liquiditätskennzahlen auf Tagesenddaten: Grundlage der Analyse.	23
5.2	Evaluation der Entwicklung einzelnen Liquiditätskennzahlen bei Tagesenddaten.....	25
5.2.1	Bid-Ask-Spread	25
5.2.2	Turnover Ratio	26
5.2.3	The Index of MARTIN.....	27
5.2.4	HUI-HEUBEL Liquidity Ratio	28
5.2.5	AMIHU illiquidity Ratio ILLIQ.....	29
5.2.6	Conventional Liquidity Ratio.....	30
5.2.7	Liquidity Ratio von MARSH/ROCK	30
5.2.8	Market Efficiency Coefficient.....	32
5.3	Konklusion	34
5.3.1	Exkurs zur Liquidität von nicht-SMI-Titeln.....	34
5.4	Übereinstimmung der Kennzahlen.....	35
5.4.1	Heatmap	35
5.4.2	Korrelationsmatrix Tagesdaten	37
5.4.3	Konklusion	38
5.5	Analyse einer Extremperiode	39
5.6	Intraday-Analyse	40
5.6.1	Heatmap Intraday	40
5.6.2	Korrelationsmatrix Intraday	42
5.6.3	Konklusion	42
5.7	GARCH-Modell als Liquiditätsmass	43
5.7.1	Konklusion	47
6	Schlussfolgerungen.....	48
	Literaturverzeichnis.....	i

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Dimensionen der Liquidität anhand eines statischen Auftragsbuchs (RANALDO 2001, S. 312 – Figure 1)	5
Abbildung 2: Entwicklung des Orderbuchs über die Zeit (VON WYSS 2004, S. 8)	6
Abbildung 3: SMI-8 vs. SMI auf Tagesdaten	19
Abbildung 4: SMI-8 vs. SMI Intraday	19
Abbildung 5: Verteilung der Returns SMI-8.....	20
Abbildung 6: Q-Q Plots SMI-8	21
Abbildung 7: Autokorrelation Intradaydaten	22
Abbildung 8: Marktereignisse und Verlauf SMI zwischen 2001 und 2013	23
Abbildung 9: Bid-Ask-Spread.....	25
Abbildung 10: Turnover Ratio	26
Abbildung 11: MLI	27
Abbildung 12: HUI-HEUBEL Liquidity Ratio	28
Abbildung 13: ILLIQ	29
Abbildung 14: Conventional Liquidity Ratio.....	30
Abbildung 15: MR	31
Abbildung 16: MEC.....	32
Abbildung 17: MEC-Vergleich.....	33
Abbildung 18: Heatmap Tagesenddaten 2001-2012	36
Abbildung 19: Heatmap Tagesenddaten 23.06. - 09.12.2009	39
Abbildung 20: Heatmap Intraday	41
Abbildung 21: LiqGARCH	45
Abbildung 22: LiqGARCH Heatmap Tagesenddaten.....	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Aktienliste für die empirische Analyse (SIX SWISS EXCHANGE 2013c)	18
Tabelle 2: Statistische Momente SMI-8.....	20
Tabelle 3: Definierte Markt Ereignisse und die erwarteten Auswirkungen auf die Liquidität	24
Tabelle 4: Farbkodierung in der Heatmap.....	35
Tabelle 5: Korrelationsmatrix Tagesdaten	37
Tabelle 6: Korrelationsmatrix Intraday	42
Tabelle 7: Korrelationsmatrix inkl. LiqGARCH Tagesdaten	44

Abkürzungsverzeichnis

ARMA	Auto-Regressive-Moving Average
GARCH	Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity
HFT	High-Frequency Trading
LR_{HH}	Liquidity Ratio von HUI/HEUBEL
LR_{it}	Conventional Liquidity Ratio
LR_{MR}^i / MR	The liquidity ratio of MARSH/ROCK
MEC	Market Efficiency Coefficient
MLI_T	MARTIN Liquiditäts-Index
SIX	Swiss Infrastructure and Exchange
SMI	Swiss Market Index
TR	Turnover Ratio
XLM(V)	Exchange Liquidity Measure

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Marktliquidität ist das Lebenselixier der Märkte, wie es häufig heisst (z.B. FERNANDEZ 1999). Der 15. Sept. 2008 – die Lehman-Insolvenz – und die Wochen danach waren eine Zäsur. Auf einmal verschwand auf die Liquidität auf vielen Märkten, wie Marktteilnehmer berichteten.

Die Bedeutung der Liquidität ist in letzten Jahrzehnten weiter gestiegen. Dafür gibt es vielfältige Gründe:

- Für das Pricing von Derivaten werden häufig Arbitrage-Argumente verwendet. Voraussetzung ist aber, dass man eine beliebige Menge zu jedem Zeitpunkt handeln kann.
- Risikomanagementsysteme wie Value at Risk nehmen Liquidationsperioden an (typischerweise 1 bis 10 Tage). Liquidationen sollen auch in „gestressten“ Zeiten möglich sein.
- Die Verwendung von Fair-Value-Accounting nimmt zu (m-t-m, mark-to-market). Fair Value-Konzepte nutzen Marktinformationen, um Positionen auf der eigenen Bilanz zu bewerten. Dieses „Free-riding“ auf der Informationsproduktion des Marktes setzt aber voraus, dass der Markt zum Bewertungszeitpunkt auch funktioniert.

In der vorliegenden Arbeit werden Messkonzepte für Marktliquidität und die Entwicklung der Marktliquidität empirisch untersucht. Als Untersuchungsobjekt wird der Schweizer Aktienmarkt ausgewählt (SMI). Dazu werden Daten unterschiedlicher Frequenz (Tagesendkurse und Minutenkurse Intraday) beschafft und ausgewertet. Die Grundannahme ist, dass es sich bei SMI-Aktien um relativ liquide Titel handelt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, wenn Liquiditätsprobleme nachgewiesen werden, dann ist anzunehmen, dass Aktien mit geringerer Marktkapitalisierung tendenziell sogar stärker betroffen sein werden.

1.2 Zielsetzung/Forschungsfragestellungen

Liquide Märkte sind eine Grundannahme für die ökonomische Analyse. Die praktische Erfahrung zeigt aber, dass verschiedene Märkte unterschiedlich liquide sind und die Liquidität auch im Zeitablauf schwanken kann. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf den Zeitraum 2001 – 2013. Die folgenden Fragen werden in der Arbeit diskutiert:

1. a) Welche Liquiditätskennzahlen sind in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben?
b) Lässt sich aus der Literatur die aussagekräftigste Kennzahl eruieren?

2. a) Die in 1a) beschriebenen Liquiditätskennzahlen werden empirisch für einen sich über 11 Jahre erstreckenden Datensatz mit Tagesendkursen gerechnet. Es werden Marktereignisse definiert und untersucht, ob diese mit allfälligen Ausschlägen korrespondieren (heuristische Analyse)?
 - b) Schlagen die Kennzahlen zu unterschiedlichen oder gleichen Zeitpunkten aus? Wie hoch ist die Übereinstimmung der Kennzahlen? (relative Analyse)
 - c) Wie verhalten sich die Kennzahlen auf Intradaydaten angewendet? Lassen sich Unterschiede zu den Tagesend-Daten feststellen?
3. Kann die bedingte Volatilität (GARCH-Modell) als Liquiditätsmass verwendet werden? Wie verhält sie sich im Verhältnis zu den getesteten Messmethoden?

1.3 Methodik

Die Arbeit ist grob in zwei Teile gegliedert. Zuerst wird die Literatur zur Marktliquidität aufbereitet. Die diversen Messkonzepte werden inklusive ihren Vor- und Nachteilen diskutiert. Damit ist die Basis für den zweiten Teil, der empirischen Untersuchung, geschaffen. Für die empirische Analyse werden zwei Datenreihen erstellt: Tagesendkurse von 2001 – 2012 und Minutenkurse über einen Zeitraum von einem halben Jahr. Auf die einzelnen Tick-Daten des Orderbuchs wird nicht eingegangen. Für diese Daten werden die aus der Literatur bekannten Liquiditätskennzahlen berechnet und im Zeitablauf verglichen.

Die heuristische Analyse beinhaltet zuerst die Definition von „marktbekanntem“ Ereignissen, die zu Veränderungen der Liquidität geführt haben. Dann wird die Entwicklung der einzelnen Kennzahlen analysiert: Grundannahme ist, dass die genannten Ereignisse richtig sind. Wir nennen dies die heuristische Analyse, da sie auf einer heuristischen Einschätzung aufbaut, die selber nicht überprüft werden kann.

Das grundlegende Problem bei der Evaluation der Marktliquidität ist jedoch, dass der Bewertungsmaßstab arbiträr ist: Ab welcher Messmarke ist ein Markt liquide? Ein Immobilienprojektentwickler hat z.B. ein ganz anderes Verständnis als ein High-Frequency-Trader für Dow-Jones-Aktien. In der folgenden Arbeit wird dieses Problem umgegangen, indem verschiedene Liquiditätskennzahlen miteinander verglichen werden und gemeinsame „Ausschläge“ (definiert als seltene Extremereignisse der Zeitreihe der Messgröße) gesucht werden. Statt eines absoluten Maßstabs wird so ein relativer Maßstab im Vergleich verwendet. Dazu kommt eine neu konzipierte „Heatmap“ zum Einsatz, die diese gemeinsamen Ausschläge von unterschiedlichen Liquiditätskennzahlen anzeigen soll. Diese relative Analyse umgeht das Problem einer arbiträren Maßstabes.

1.4 Gang der Arbeit

In dieser Arbeit wird in einem ersten Teil die Theorie der Liquidität und der verschiedenen Dimensionen aufgezeigt. Anschliessend wird ein umfassender Überblick über die bestehenden Messgrössen gewonnen. Die Auswahl der Modelle wurde aufgrund einer umfangreichen Literaturrecherche erstellt. Zugleich wird durch diese Erkenntnisse das nötige Verständnis für den empirischen Teil der Arbeit geschaffen. Dieser befasst sich mit einer umfangreichen Analyse der verschiedenen Liquiditätsmesskonzepte anhand des Schweizer Aktienmarktes. Die empirische Untersuchung basiert auf zwei Datensätzen. Damit wird die Liquiditätsthematik veranschaulicht und das Liquiditätsverhalten bei SMI-Aktien über eine lang- und kurzfristige Periode am SMI untersucht. Anschliessend wird die Übereinstimmung der Liquiditätskennzahlen evaluiert. Abschliessend werden die Antworten zu den Forschungsfragen zusammengefasst und ein Ausblick gegeben.

2 Definitionen von Liquidität

In diesem Kapitel wird der Begriff Liquidität in seiner Mehrdimensionalität insb. im Hinblick auf das Auftragsbuch erläutert.

2.1 Definition Liquidität

Gemäss VON WYSS (2004) ist Liquidität nicht einfach zu definieren. Es sei keine eindeutige Begriffsbestimmung vorhanden. Eine Definition wie z.B. als die Fähigkeit, problemlos den Fluss von Kauf- und Verkaufsaufträgen zu absorbieren, ist zu wenig konkret. Das Phänomen Liquidität ist nicht eine eindimensionale Variable, sondern umfasst mehrere Dimensionen.

Die Marktliquidität ermöglicht den Handel für jede Volumengrösse, sofort und ohne Kursauswirkung (RANALDO 2001, S. 309). Als einen weiteren erschwerenden Faktor nennt RANALDO die enge Beziehung zwischen Marktliquidität und -effizienz. Ein liquider Markt zeichnet sich dadurch aus, dass Trades keinen Einfluss auf den gestellten Preis haben. Jedoch erfordert ein effizienter Markt auch eine unmittelbare Reaktion auf Neuigkeiten, was wiederum Preissprünge zur Folge haben kann.

2.2 Mehrdimensionalität der Liquidität

Normalerweise werden folgende vier Dimensionen verwendet, um die Handelbarkeit eines Wertpapiers zu beschreiben (VON WYSS 2004, S. 5 – 9, ähnlich RANALDO 2011, S. 311):

1. **Trading Time/Handelszeit:** Ist die Fähigkeit, einen Trade sofort bei vorherrschendem Preis auszuführen. Die Wartezeit oder die Anzahl Trades pro Einheit kann als Messgrösse verwendet werden.
2. **Tightness/Dichte:** Bezieht sich insb. auf die Transaktionskosten gleichzustellen. Die Kosten werden anhand verschiedener Versionen des Bid-Ask-Spreads gemessen. Die Dichte ist die Fähigkeit, Vermögenswerte zu annähernd demselben Preis, zur selben Zeit zu kaufen und zu verkaufen.
3. **Depth/Tiefe sowie Breath/Breite:** Ist die Fähigkeit, bestimmte Volumina ohne Einfluss auf den Preis zu handeln. Mit der Tiefe ist also eine grosse Anzahl pender Aufträge gemeint, deren Kursziele sich unter oder über dem aktuellen Handelskurs befinden. Breadth/Breite zielt in eine ähnliche Richtung. Hier bleiben die Preiseinflüsse minimal, wenn eine beträchtliche Menge an Orders mit grossen Volumen vorhanden ist.

4. **Resiliency/Elastizität:** Ist die Fähigkeit des Marktes schnell auf Ungleichgewichte im Auftragsbuch mit neuen Aufträgen antworten zu können (SARR/LYBEK 2002, S. 5). Die Varianz-Ratio und Liquiditäts-Ratio sind Messgrößen welche diesen Effekt messen.

Figure 1: The Representation of the Limit Order Book

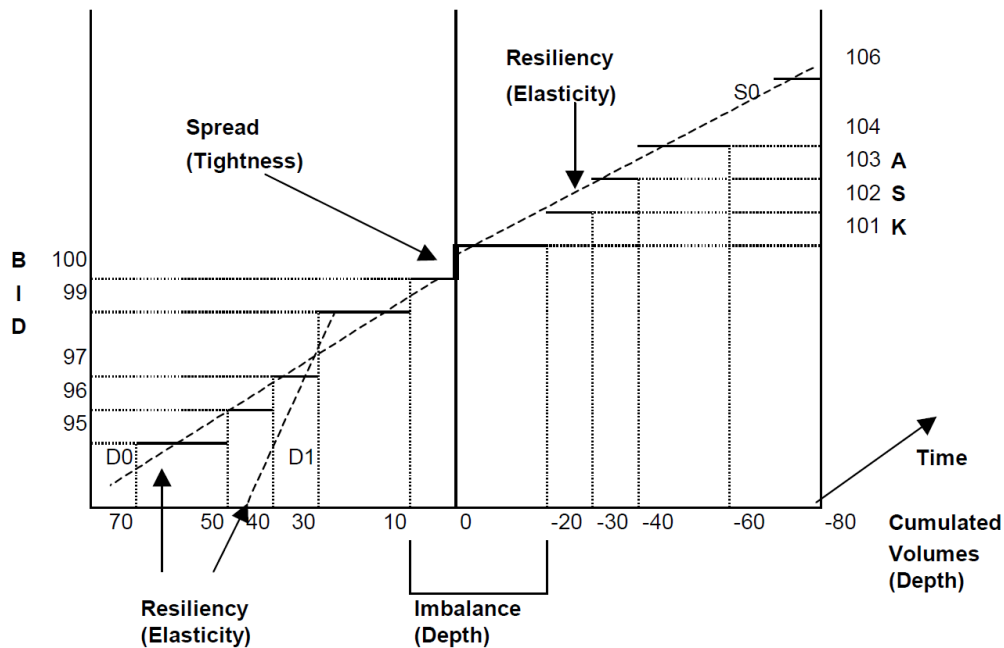


Abbildung 1: Verschiedene Dimensionen der Liquidität anhand eines statischen Auftragsbuchs (RANALDO 2001, S. 312 – Figure 1)

Abbildung 1 zeigt ein statisches Bild des Orderbuchs. Auf der horizontalen Achse sind die Geld- beziehungsweise Brief-Volumina abgebildet. Diese zwei Volumina können voneinander abweichen (Ungleichgewicht im Auftragsbuch). Die Summe davon ist eine Kennzahl zur Messung der Markttiefe (depth). Auf der vertikalen Achse ist der Preis einer Aktie dargestellt. Natürlich existieren zwei verschiedene Seiten. Der Ask-Preis zeigt, zu welchem Kurs die Aktie angeboten und der Bid-Preis welcher nachgefragt wird. Den Unterschied zwischen dem tiefsten Ask- und dem höchsten Bid-Kurs bezeichnet man als Bid-Ask-Spread (tightness). Durch die Kombination dieser Preis- und Volumendimension erhält man die Elastizität (resiliency). Bei einem sehr liquiden Vermögenswert würde der Markt zusätzliches Handelsvolumen ohne Preisnachlass oder Aufschlag bereitstellen.

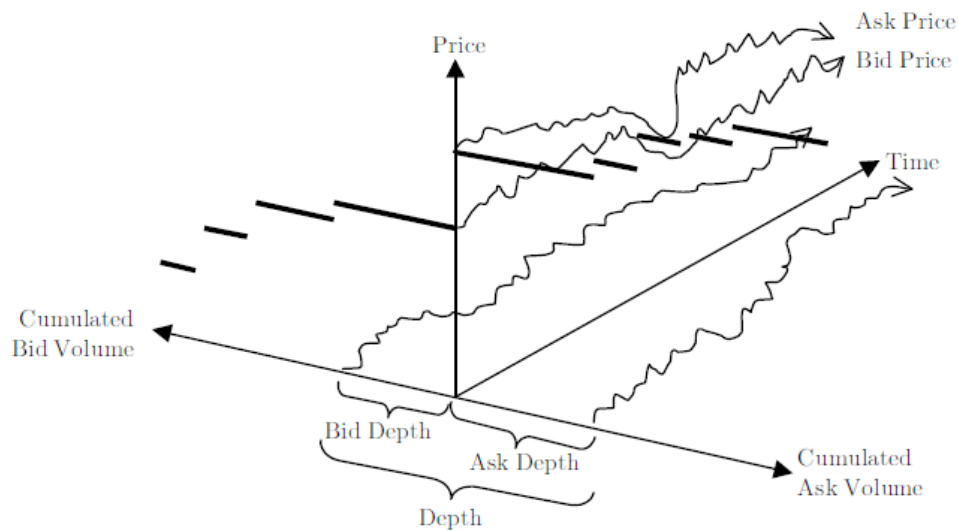


Abbildung 2: Entwicklung des Orderbuchs über die Zeit (VON WYSS 2004, S. 8)

Die statische Abbildung 1 verändert sich jedoch bei jeder eingehenden Order. Abbildung 2 zeigt das gleiche Bild inklusive der Zeitdimension. Die Geld-Brief-Spanne und das Volumen ändern sich mit jedem neuen Kauf/Verkauf, der eingestellt wird. Die genannten Aspekte der Liquidität können zusammengefasst werden, um fünf verschiedene Ebenen von Liquidität anzuzeigen (VON WYSS 2004, S. 7f.):

1. Die Fähigkeit, überhaupt zu handeln. Wenn es keine Liquidität auf dem Markt gibt, kann offensichtlich kein Handel stattfinden. In einem liquiden Markt gibt es mindestens ein Ask- und ein Bid-Gebot.
2. Die Möglichkeit, eine bestimmte Menge mit Einfluss auf den gestellten Preis zu kaufen oder zu verkaufen. Ein Handel ist möglich, jedoch ist die Stärke des Effekts zu klären. Umso liquider der Markt, desto kleiner die Auswirkung.
3. Die Fähigkeit, ein Geschäft zu tätigen, ohne den Preis zu beeinflussen. Wenn die Liquidität steigt, wird eventuell ein Punkt erreicht, wo das getätigte Geschäft keinen Preissprung mehr verursacht.
4. Die Möglichkeit, einen Titel mit demselben Preis, zur selben Zeit, zu kaufen und zu verkaufen.
5. Die Fähigkeit, eine Transaktion sofort auszuführen.

Diese Punkte verdeutlichen den Vorteil, multiple Modelle zu verwenden, da nur so die verschiedenen Aspekte der Liquidität in der Mikrostruktur berücksichtigt werden können (O'HARA 1995, S. 215ff.).

2.3 Marktmikrostruktur

Die Marktmikrostruktur hat entscheidende Einflussnahme auf die Liquidität. Die Forschung auf diesem Gebiet versucht herauszufinden, wie Börsenkurse zustande kommen bzw. wie sich bestimmte Regeln auf diesen Prozess auswirken (O'HARA 1995, S. 1). In der vorliegenden Arbeit steht die Schweizer Börse SIX SIS im Fokus. Sie stellt die Kurse nach dem „order-driven“ System (SIX SWISS EXCHANGE 2013a und 2013b). Dies bedeutet, dass das ganze Angebot und die Nachfrage nur von den Anlegern, welche entsprechende Aufträge eingereicht haben, bestimmt wird. In einem quote-driven Modell würde ein Kursmakler angehalten, einen ständigen Handel zu gewährleisten. Diese zwei verschiedenen Mechanismen unterscheiden sich hauptsächlich in der Preistransparenz. Für das erstgenannte Modell können alle Bid- und Ask-Kurse eingesehen werden. Diese Transparenz fehlt jedoch im quote-driven System. Hier werden nur die Preise des Kursmaklers publiziert (PRISTAS 2008, S. 12). Dieser Input sollte bei einer Liquiditätsanalyse in Betracht gezogen werden, damit die Beobachtungen korrekt interpretiert werden. Die Handelsvorschriften der Schweizer Börse sind beiden Datensätzen zu berücksichtigen, seien es die Handelszeiten oder die Regelungen über Tick-Size und Trading-Stops. Diese Regeln vermögen, die Liquidität stark zu beeinflussen und verhindern in gewissen Fällen, dass Anleger ihre Positionen sofort veräußern können (PRISTAS 2008, S. 14).

3 Literaturreview über Liquiditätsmesskonzepte

Der Literaturreview zeigt, dass unzählige verschiedene Messkonzepte vorhanden sind. Nach VON WYSS lassen sich alle Modelle in ein- oder mehrdimensionale Indices einordnen (VON WYSS 2004, S. 9). In dieser Arbeit wird jedoch ein anderer Ansatz gewählt, damit die verschiedenen Dimensionen der Liquidität ersichtlich werden. Erstens sind dies die Transaktionskennzahlen, welche primär die Dichte messen und so die direkten Kosten des Handels. Zweitens, die volumenbasierten Kennzahlen, welche das gehandelte Volumen der Preisveränderungen gegenüberstellen und so die Tiefe (Breite) messen. Drittens, die preisbasierten Kennzahlen, welche die Preisbewegungen untersuchen und so die Elastizität sichtbar machen (SARR/ LÜBECK 2002, S. 8). Ein kombiniertes Mass, das alle Dimensionen berücksichtigt, ist bis jetzt noch nicht überzeugend beschrieben worden. Dies liegt auch daran, dass die notwendige Datenmenge, um jeden Tick zu verfolgen, sehr gross ist und zumindest die früheren Analysemöglichkeiten überstieg. Auch heute werden ganze Orderbücher nur über eine kurze Zeit gespeichert, was eine Intraday-Analyse erheblich erschwert. Dies widerspiegelt sich in den verschiedenen Kennzahlen, welche sich hauptsächlich auf Tagesendkurse fokussieren. Ein Konsens über das „richtige“ Mass zur Messung konnte nicht entdeckt werden, nur schon darum nicht, weil keine einheitliche Definition der Liquidität existiert. Zu beachten ist auch, dass sich die beschriebenen Liquiditätskennzahlen für eine Risikoanalyse eignen und nicht unbedingt für das High-Frequency-Trading. Hierfür würde das komplette Orderbuch inklusive aller Tickdaten benötigt.

Nachstehend werden die verschiedenen Kennzahlen erklärt und auf deren Vor- und Nachteile hingewiesen.

3.1 Transaktionskostenkennzahlen

Unter Transaktionskosten verstehen wir zwei verschiedene Arten von Kosten. Erstens die expliziten Kosten, welche aus den Courtagen, Gebühren und Steuern bestehen. Sie geben keinen Einblick in die Thematik der Liquidität. Anders die impliziten Kosten, welche aus der Differenz zwischen dem theoretisch richtigen Gleichgewichtspreis (Mitte des Bid-Ask-Spreads) und dem tatsächlich erlangten Preis bestehen. So muss ein Anleger davon ausgehen, dass bei einem Kauf mehr als der theoretische Marktwert (Midpoint) bezahlt werden muss und bei einem Verkauf der Anlage ein tieferer Wert erreicht wird. Je enger diese Spanne zu liegen kommt, desto liquider der Markt, desto tiefer die impliziten Kosten (GABRIELSEN/MARZO/ZAGAGLIA 2011, S. 19). Aufgrund dieser Tatsache gehören die Bid-Ask-Spread Kennzahlen zu den meist verwendeten Indikatoren für Liquidität in der Literatur.

3.1.1 Bid-Ask-Spread

Gemäss GABRIELEN/MARZO/ZAGAGLIA (2011, S. 20) stellt das Markt-Bid den höchsten Preis, zu dem ein Händler bereit ist, eine Aktie zu kaufen und zu dem ein Anleger beabsichtigt, seine Anteile zu veräussern. Die Marktnachfrage ist der niedrigste Preis, zu dem der Händler bereit ist, die Aktie zu verkaufen. Der höchste Preis steht für das beste Marktangebot. Die Geld-Brief-Spanne kann als Preis, den der Markt für die Dienstleistung „Liquidität“ durch den Händler angeboten zahlt, interpretiert werden. So kann der absolute Spread als Differenz zwischen dem höchsten Kauf- und dem niedrigsten Verkaufskurs im Markt berechnet werden.

Der absolute Bid-Ask-Spread ist definiert als:

$$S_t = A_t - B_t$$

Hier steht A_t für den derzeit quotierten Ask-Kurs und B_t für den gestellten Bid-Kurs. Die Differenz ergibt die absolute Spanne. Ein liquiderer Markt generiert einen kleineren Spread. Dies unterstreicht die Existenz eines negativen Zusammenhangs zwischen der Spanne und den Aktienpreisen (AMIHU/MENDELSON 1991). Der Nachteil dieser Berechnung liegt darin, dass ein Vergleich verschiedener Wertpapiere aufgrund ihrer ungleichen Kurse nicht einander gegenübergestellt werden können. Darum wird diese einfache Messung um den Midpoint $M_t = (A_t + B_t) / 2$ erweitert:

$$pS_t = \frac{A_t - B_t}{M_t}$$

Der Spread an sich stellt vielmehr ein Mass für Transaktionskosten dar und nicht ein Liquiditäts-Index i.e.S.. Aber wie oben schon erwähnt, werden hohe Kosten mit tiefer Liquidität assoziiert. Diese relative Grösse ermöglicht nun einen Vergleich verschiedener Aktien. Wenn nun aber grosse Volumina gehandelt werden, verliert dieses Mass an Aussagekraft. Die eingestellten Order ausserhalb des Spreads werden nicht berücksichtigt.

3.2 Volumenbasierte Kennzahlen

In diesem Abschnitt werden Liquiditäts-Indizes vorgeschlagen, welche zum Teil schon in der Anfangsphase der Marktmikrostruktur Literatur erwähnt werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Beziehung zwischen Preis und Menge eines Vermögenswertes. Diese Massnahmen bewerten inwieweit, sich Transaktionen einer spezifischen Grösse auf den Preis auswirken. Sie stellen also eine weitere Möglichkeit dar, die Liquidität am Markt zu messen. Dabei wird ein hohes Handelsvolumen mit einer hohen Liquidität verbunden. Allgemein wird vermutet, dass hinter dem Volumen die Liquiditätsdimensionen Tiefe und Breite zu finden sind (BRUNNER 1996, S. 15 - 18). Die Tatsache, dass diese Kennzahlen einen starken Vergangenheitsbezug aufweisen,

erschwert die Beurteilung der gegenwärtigen Illiquidität beziehungsweise Liquidität. Hauptsächlich aber besteht der Nachteil in der Tatsache, dass Volumen Indices berechnet auf Tagesendkursen, nicht den Effekt grosser Block-Trades oder unerwartet auftretenden Orders berücksichtigen. Jedoch repräsentieren diese Messungen einen nützlichen Startpunkt für weiterführende Analysen.

3.2.1 Turnover Ratio [TR]

Die Turnover Ratio für einen Titel i zum Zeitpunkt t wird wie folgt definiert:

$$TR_t^i = \frac{Sh_t^i}{NSh_t^i}$$

Wobei Sh_t^i die Anzahl gehandelter Papiere zum Zeitpunkt t für eine Aktie i und NSh_t^i das Total sich im Umlauf befindenden Anteile darstellt (DEVAY 2003, S. 14). Im Gegensatz zum Handelsvolumen bezieht der Turnover die zusätzliche Komponente, Anzahl ausstehender Aktien, mit ein. Sie werden zueinander ins Verhältnis gesetzt. So gilt, je kleiner die Kennzahl, desto illiquider der Titel (CHAN/HONG/SUBRAHAMANYAM 2006, S. 12). Das Handelsvolumen wird hier relativ dargestellt. Somit lassen sich gemäss STAHEL (2004, S. 20) die unterschiedlichen Wertschriften besser miteinander vergleichen. Anderer Meinung ist BRUNNER (1996, S. 17): Das Verhältnis zwischen gehandelten und sich im Umlauf befindenden Wertpapieren sei aus Anlegersicht nicht entscheidend, sondern vielmehr das effektiv gehandelte Volumen. Insbesondere verweist sie auf die Tatsache, dass die Marktliquidität von Papieren kleinerer Unternehmen gegenüber Grossfirmen als zu hoch eingeschätzt wird.

3.2.2 The Index of MARTIN (1975) [MLI_T]

MARTIN (1975) schlägt einen Liquiditäts-Index vor, welcher eine stationäre Verteilung von Preisänderungen annimmt und diese durchgehend konstant sein wird.

Der analytische Ausdruck für den MLI_T hat die Form:

$$MLI_t = \sum_i^N \frac{(P_{it} - P_{it-1})^2}{V_{it}}$$

P_{it} bezeichnet den Schlusskurs und V_{it} das gehandelte Volumen. MLI_T ist ein geeigneter Index um den Markt als Ganzes zu betrachten, während sich die Liquiditäts-Ratio am besten für die Analyse einzelner Vermögenswerte eignet. Ein höherer Wert des MLI_T bedeutet eine geringere Liquidität aufgrund des Einflusses der Preisstreuung. Eine andere Interpretation des Index ist die folgende: Je höher das Verhältnis, desto höher die Preisstreuung bezogen auf das gehandelte Volumen und desto geringer ist die Liquidität des Marktes. So können Änderungen von Infor-

mationen und Ereignissen visualisiert werden, welche nicht unbedingt mit dem Tradingprozess an sich zu tun haben. MARTINS Liquiditätskennzahl erbringt somit aussagekräftige Ergebnisse für den Gesamtmarkt.

3.2.3 HUI-HEUBEL Liquidity Ratio [LR_{HH}]

HUI/HEUBEL (1984) führten ein Mass ein, welches die Liquidität für den Handel mit einzelnen Titeln anzeigt. Als solche kann die Kennzahl nicht direkt auf einen ganzen Markt angewendet werden. In der Praxis baut dieser Index ein Verhältnis zwischen der grössten Preisänderung und dem gehandelten Volumen der Marktkapitalisierung auf. Mit dem LR_{HH} wird versucht, die Dimensionen Breite und Elastizität zu erfassen. Die Kennzahl wird für einen bestimmten Zeitraum bestimmt und kann auf zwei verschiedene Arten berechnet werden. Entweder wird die Basis eines 5-Tagesdurchschnitts herangezogen (i.e. somit eine Glättung der Volatilität vorgenommen) oder die Kennzahl wird mit Tagesdaten kalkuliert. Es besteht auch die Möglichkeit, den Mindest- und Höchstpreis mit der Geld-Brief-Spanne zu ersetzen. Hierbei ergibt sich das Problem, dass die Analyse der Liquidität nach unten verzerrt wird, da die Spreads typischerweise weniger volatil sind als die Preise.

Mathematisch kann die Kennzahl wie folgt beschrieben werden:

$$LR_{HH} = \frac{\frac{(P_{max} - P_{min})}{P_{min}}}{\frac{V}{(S \cdot \bar{P})}}$$

P_{max} steht für den höchsten erzielten Preis der letzten fünf Tage. P_{min} bestimmt den Tiefstpreis für denselben Zeitraum. Unter V versteht sich das Handelsvolumen. Die Anzahl ausstehender Aktien werden mit S markiert und \bar{P} stellt den durchschnittlichen Schlusskurs der 5-Tagesperiode dar. Die Logik hinter diesem Index ähnelt derjenigen des MLI_T . Ein höherer Wert für den Index LR_{HH} impliziert eine niedrigere Liquidität. Somit weist eine Aktie mit einer breiten Struktur eine tiefe LR_{HH} auf.

Gemäss der bestehenden Literatur leidet die LR_{HH} an zwei Nachteilen (GABRIELEN/MARZO/ZAGAGLIA 2011, S. 7f.). Der erste Nachteil entsteht, wenn aufgrund ungenügender Datenqualität die Geld-Brief-Spanne herangezogen werden muss und so wie oben beschrieben die Schätzung verzerrt wird. Zweitens scheint das für die Glättung verwendete Zeitintervall von 5 Tagen zu lange zu sein, um kurzfristige Anomalien zu identifizieren (GABRIELEN/MARZO/ZAGAGLIA 2011, S. 8).

3.2.4 AMIHUO Illiquidity Ratio ILLIQ

Mit dem ILLIQ schlägt AMIHUO (2002, S. 32) ein weiteres, mehrdimensionales Mass zu Messung der Marktliquidität dar. GABRIELEN/MARZO/ZAGAGLIA (2011, S. 10) klassifizieren es als volumenbasiertes Mass, während es FRIEDERICH/KRAUS/ZAGST (2012, S. 186) als preisbasiertes Mass klassifizieren. Schaut man sich die Formel an, wird offensichtlich, dass beide Dimensionen darin berücksichtigt werden und eine eindeutige Einordnung nicht möglich ist:

$$ILLIQ_T^i = \frac{1}{D_T} \sum_{t=1}^{D_T} \frac{|R_{t,T}^i|}{V_{t,T}^i}$$

Der ILLIQ beinhaltet die Summe der absoluten täglichen Rendite $R_{t,T}^i$, geteilt durch die täglichen Handelsvolumina in Geldeinheiten $V_{t,T}^i$. Die Summen werden durch Anzahl Handelstage geteilt $\frac{1}{D_T}$. Der ILLIQ kann als Preisreaktion auf das tägliche Handelsvolumen interpretiert werden. Grosse Handelsvolumen im Nenner verringern den ILLIQ-Wert. Sind diese jedoch gering und der Preis ändert sich (Zähler), resultiert ein grosser Wert. Dies heisst, je grösser der ILLIQ-Wert, desto illiquider ist eine Aktie. In seiner Arbeit weist AMIHUO jedoch darauf hin, dass es akkuratere Kennzahlen zur Messung von Illiquidität gäbe, namentlich den Bid-Ask-Spread, den market impact jeder einzelnen Transaktion oder die Wahrscheinlichkeit von information based trading. Diese Kennzahlen benötigen aber Orderbuchinformationen, die einerseits schwer zugänglich und andererseits oft auch nicht lange gespeichert bleiben (AMIHUO 2002, S. 32).

3.2.5 Conventional Liquidity Ratio [LR_{it}]

Die Liquiditätsratio ist auch unter dem Namen Conventional Liquidity Ratio bekannt. Gemäss GABRIELEN/MARZO/ZAGAGLIA (2011, S. 6) ist sie eine der meist verwendeten Kennziffern in der empirischen Analyse. Dieser Index gibt an, wie viel Handelsvolumen notwendig ist, um eine Preisänderung von einem Prozent herbeizuführen.

Die Gleichung zur Berechnung der Liquidität für einen Vermögenswert i wird wie folgt dargestellt:

$$LR_{it} = \frac{\sum_{t=1}^T P_{it} V_{it}}{\sum_{t=1}^T |PC_{it}|}$$

P_{it} ist der Preis eines Assets am Tag t . V_{it} zeigt das gehandelte Volumen. $|PC_{it}|$ ist die absolute, prozentuale Preisänderung über ein festes Zeitintervall, gegeben durch $P_{it} - P_{it-1}$. Das konventionelle Liquiditätsmass wird in der Regel für eine Reihe von Vermögenswerten mit ähnlichen Merkmalen berechnet und aggregiert. In der Praxis wird meist ein monatliches Zeitintervall

gewählt. Je höher LR_{it} , desto höher die Liquidität des Vermögenswertes. Dies bedeutet, dass grosse Mengen an Geschäften nur wenig Einfluss auf den Preis haben. Durch die Gleichung wird offensichtlich, dass diese Kennzahl Ratio sich mehr auf die Preiskomponente statt auf den Zeitaspekt oder die vorhandenen Ausführungskosten konzentriert.

3.3 Preisbasierte Kennzahlen

Gemäss BRUNNER (1996) zielen die preisbasierten Kennzahlen darauf ab, den Gleichgewichtspreis in Betracht zu ziehen. Im besten Falle gelingt es ihnen, Veränderungen aufgrund neuer Informationen von denjenigen differenzieren zu können, welche wirklich nur auf Basis mangelnder Liquidität verursacht werden. So entstehen vorübergehende Kursänderungen aufgrund reduzierter Marktliquidität bzw. ungleicher Verteilung im Auftragsbuch. Eine permanente Kursänderung erklärt sich durch die Berücksichtigung neuer Marktinformationen. Es werden zwei Kennzahlen vorgestellt.

3.3.1 Liquidity Ratio von MARSH/ROCK

MARSH/ROCK stellen in ihrer Arbeit (1986) eine weitere Messgrösse vor. Sie basiert auf der Annahme, dass Preisänderungen unabhängig vom Handelsvolumen sind, ausser es handelt sich um grosse gehandelte Tranchen.

$$LR_{MR}^i = \frac{1}{M^i} \sum_{m=1}^{M^i} \left| \frac{P_m^i - P_{m-1}^i}{P_{m-1}^i} \right| \cdot 100$$

Bei MARSH/ROCK ist nicht wie bei vielen anderen Kennzahlen das Handelsvolumen die skalierende Grösse, sondern die Anzahl Transaktionen einer Zeitperiode i , in der Formel als M^i abgekürzt. P_m^i und P_{m-1}^i stehen für den Preis der untersuchten Wertschrift zum Zeitpunkt t und $t-1$. Man kann somit sagen, dass LR_{MR}^i die durchschnittliche, prozentuale Preisveränderung pro Transaktion während einer bestimmten Zeitperiode misst. Folglich ist das MR-Mass wie folgt zu interpretieren: Je kleiner der errechnete Wert, desto liquider ist die untersuchte Wertschrift. Die Grundidee der Autoren lässt sich an einem Beispiel illustrieren. Angenommen, Aktie A und B haben über einen Tag beide die gleiche Preisveränderung und beide ein Handelsvolumen von 1 Mio. CHF. Während A nur eine einzige Transaktion aufweist, setzt sich das Volumen bei B aus zehn Geschäften zusammen. Intuitiv würde man B als die liquidere von beiden Aktien bezeichnen. Würde man die Liquidität der beiden Aktien z.B. mit dem Index of Martin (siehe 3.2.2) oder dem Conventional Liquidity Ratio (siehe 3.2.5) messen, käme man für beide Titel aber auf dasselbe Resultat. Dies aber nicht bei der Methode von MARSH/ROCK.

GABRIELSEN/MARZO/ZAGAGLIA (2011, S. 13) weisen aber auf ein typisches Problem solcher Messmethoden hin: Die Länge der Zeitperiode wird nicht bestimmt. Es ist offensichtlich, dass

sich die Werte in Abhängigkeit der Zeitperiode deutlich verändern können. Ihrer Meinung nach lässt sich die Methode am besten auf kurze Fristen anwenden.

3.3.2 Variance Ratio oder Market Efficiency Coefficient [MEC]

Da die Hauptkomponente dieses Masses die Volatilität der Preise ist, wird der MEC zu den preisbasierten Kennzahlen gezählt werden. Dem MEC liegt die Annahme zu Grunde, dass eine Order nicht nur die vom Broker erhobenen expliziten Gebühren kostet, sondern eben auch „execution costs“, sogenannte „implizite Kosten“ verursacht. Damit ist der Spread gemeint, den der Verkäufer verliert, wenn er seine Position veräussern will. HASBROUK/SCHWARTZ nennen dafür die Ticket-Size, die oft grösser ist als der höchste Bid-Kurs als einen der Hauptgründe (HASBROUK/SCHWARTZ 1988, S. 10). Diese Kosten äussern sich dadurch, dass theoretisch jede Order eine Preisänderung und somit im ganz kurzen Zeitraum auch eine Veränderung der Preisvolatilität verursacht. Wäre ein Markt perfekt liquide, würden bei der Ausführung eines Trades auch keine impliziten Kosten verursacht. Somit wäre die langfristige Volatilität exakt gleich der kurzfristigen Volatilität. Oder im Umkehrschluss, je ungleicher die Volatilitäten sind, desto illiquider ist ein Titel.

$$VR^i = \frac{\text{var}(R_T^i)}{T \cdot \text{var}(Z_T^i)}$$

In der Formel steht $\text{var}(R_T^i)$ für die langfristige Varianz, und $\text{var}(Z_T^i)$ für die kurzfristige Varianz. Damit die kurzfristige Varianz mit der langfristigen verglichen werden kann, muss sie mit dem Faktor T in die gleiche Zeiteinheit wie die langfristige Varianz hochgerechnet werden. HASBROUK/SCHWARTZ definieren in ihrer Arbeit verschieden lange Fenster als Vergleichspare. Sie vergleichen die Preisvarianz von zwei Tagen versus einer halben Stunde, eines Tages zu einer Stunde oder zweier Tage gegen einen Tag. Resultiert $VR^i < 1$, sprechen sie von einem illiquiden Markt. Je kleiner der MEC wird, umso illiquider der Titel. Das Mass kommt häufig in der Literatur zur Anwendung. Die Autoren GABRIELSEN/MARZO/ZAGAGLIA geben aber zu bedenken, dass der MEC eine ausgeprägte Schwäche habe. Je nach gewählten Zeitintervallen können die Resultate sehr unterschiedlich ausfallen oder sogar voneinander divergieren (GABRIELSEN/MARZO/ZAGAGLIA 2011, S. 16).

3.4 Ein Ansatz aus der Praxis

Wie geht die Praxis mit der Analyse von Marktliquidität um? Im Folgenden soll eine bekannte Kennzahl vorgestellt werden: Das Exchange Liquidity Measure oder Xetra Liquidity Measure [XLM(V)] wird von der Deutschen Börse AG berechnet und veröffentlicht. Nebst normalen Limit-Orders können Marktteilnehmer sogenannte Hidden-Orders stellen. Diese Aufträge haben einen sichtbaren und unsichtbaren Teil, letzterer ist auf den Handelsbildschirmen nicht ersicht-

lich. Wenn der ersichtliche Trade ausgeführt ist, wird dieser durch einen in der Grösse identischen Trade des versteckten Parts ersetzt. Diese Prozedur wird wiederholt, bis der verborgene Anteil ausgeschöpft ist. Dieses Liquiditätsmass wird als Erweiterung des klassischen Bid-Ask-Spreads angesehen. Gemäss GOMBER/SCHWEICKERT/THEISSEN (2004, S. 6) verwendet die Kennzahl alle Informationen der eingegebenen Aufträge, um den gewichteten Durchschnittspreis, zu dem eine Order gegebener Grösse sofort ausgeführt werden könnte, zu berechnen. Wir bezeichnen diese Preise mit $P_{B,t}(V)$ und $P_{S,t}(V)$, wobei der Index (B, S) die Käufer, bzw. Verkäufer initiierte Transaktion darstellt. V steht für die Ordergrösse. Des Weiteren sei MQ_t der Mittelpunkt zum Zeitpunkt t . Die Ausführungskosten für einen Kauf- und Verkauforder, in Basispunkten gemessen, sind gegeben durch:

$$XLM_{B,t}(V) = 10'000 \frac{P_{B,t}(V) - MQ_t}{P_{B,t}(V)}$$

$$XLM_{S,t}(V) = 10'000 \frac{MQ_t - P_{S,t}(V)}{P_{S,t}(V)}$$

Sie werden addiert, um das Exchange Liquidity Mass zu erhalten. Dieses drückt in einer einzigen Zahl aus, wie hoch die Kosten für eine bestimmte Transaktionsgrösse bei einem Roundtrip, das heisst bei einem gleichzeitigen Kauf und Verkauf, anfallen würden:

$$XLM_t(V) = XLM_{B,t}(V) + XLM_{S,t}(V)$$

Hier gilt, je grösser die Kennzahl, desto geringer die Marktliquidität. Durch das in Betracht ziehen aller Volumen und den pendenten limitierten Aufträgen hinter den gestellten Preisen, erweist sich dieser Index als ausgezeichnetes Messinstrument. Bedauerlicherweise wird dieses Mass nur für einige auserwählte Märkte angeboten. Ansonsten könnte es verwendet werden, um verschiedene Märkte über die Zeit zu vergleichen und so zum Beispiel mit einem Value-at-Risk zu versehen. Die Dimension Elastizität, welche nicht durch die Kennzahl selbst abgedeckt wird, kann durch eine Beobachtung über die Zeit eruiert werden.

Alle beschriebenen Kennzahlen berücksichtigen keine detaillierten Orderbuchdaten. Die nötige Mehrdimensionalität der Kennzahlen fehlt. So bleiben wichtige Einblicke in die Liquidität verwehrt. Die Kennzahl $XLM(V)$ informiert hingegen in aggregierter Form über das gesamte Orderbook, das nicht öffentlich zugänglich ist.

4 Datengrundlage

Im vierten Kapitel wird die Datengrundlage der Untersuchung erläutert.

4.1 Verwendete Daten und Quellen

Die Untersuchung basiert auf zwei unterschiedlichen Datensätzen. Über einen Zeitraum von 2001 bis 2012 standen Tagesenddaten für all jene Titel zur Verfügung, die am Ende 2012 zum SMI gehörten. Diese sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Der zweite Datensatz beinhaltet dieselben Titel, jedoch nur für ein halbes Jahr (Oktober 2012 bis März 2013). Dafür enthält er alle Datenpunkte auf Minutenbasis. Beide Datenpools basieren auf Downloads, die über eine Bloomberg Station gemacht wurden. Sie enthalten für jeden observierten Zeitpunkt den zuletzt bezahlten Preis, Bid- und Ask Preis, das Handelsvolumen, die Anzahl abgeschlossener Trades sowie das Free Float Volumen. Im Minutendatensatz sind zusätzlich auch für den besten Bid- und Ask Kurs das gestellte Volumen sowie die Anzahl Aufträge dahinter ersichtlich.

Für die Information der Anzahl Trades pro Tag sowie des Free Floats je Titel weist die Bloomberg Datenbank Lücken auf. Weiter als das Jahr 2005 lassen sich diese Informationen nicht herunterladen. Die Schweizer Börse SIX veröffentlicht diese Werte in monatlichen Excel Files für jeden Titel auf ihrer Homepage. Die Angaben in diesen Files zum Free Float gehen zurück bis Oktober 2001. Durch die Fusion der Daten ab diesem Zeitpunkt konnte ein Datenpool generiert werden, mit welchem alle, ausser dem XLM(V), beschriebenen Liquiditätskennzahlen gerechnet werden konnten.

Um aus den einzelnen Aktien Aussagen über die Marktliquidität machen zu können, wird für das Experiment jede vorhandene Datenreihe in einem Index, dem SMI-8, zusammengeführt. Siehe dazu Punkt 4.3.

4.2 Exception Handling und Spezifikationen

Die Analyse der Daten förderte Datenlücken zu Tage. Fehlte bspw. ein Tagesendkurs bei einem Titel, wurde dieser Tag bei allen anderen Titeln, die zur Berechnung des SMI-8 verwendet werden, ebenfalls herausgelöscht, da sonst fehlende Angaben bei den Liquiditätskennzahlen unberechtigte Ausschläge generieren. Falls Ausreisser beim Handelskurs auftraten, wurden diese nach Möglichkeit korrigiert.

Bei der Analyse des Minutendatensatzes wurden viele Unstimmigkeiten bei vor- und nachbörslichen Transaktionen festgestellt. Deshalb wurden alle Informationen vor 09:00 und nach 17:25 gelöscht. Die Untersuchung bezieht sich also nur auf Handelsaktivitäten während der Börsenzeit. Zusätzlich musste für die Aggregation auf dem Intradaydatensatz eine wichtige Annahme

getroffen werden. Um die originale Gewichtung der Titel im SMI-8 zu erhalten, müsste bei fehlenden Daten auf allen Aktien die entsprechende Zeitperiode gelöscht werden. Dies entspräche auch dem Exception Handling aus dem Tagesdatensatz. Findet nun während einer Minute kein Abschluss statt, resultiert in dieser Datenzeile auch Null Handelsvolumen sowie Null Anzahl Trades und die entsprechende Minute müsste auf allen Titeln gelöscht werden, da etliche Kennzahlen die Angabe Volumen oder Anzahl Trades benötigen und in die Formel nicht Null eingesetzt werden darf. Unter Anwendung dieser Regel hätte sich der Datensatz von gut 65'000 Zeitperioden (i.e. 6 Monate x 21 Handelstage x 8.5 Stunden x 60 Minuten) auf weniger als 7'000 Zeitperioden reduziert. Damit hätte der Datensatz das Prädikat Intraday verloren. Um dieses Problematik zu lösen, wurden folgende Annahmen getroffen: Die Berechnungen der Liquiditätskennzahlen beziehen sich nicht auf das gehandelte Volumen, sondern auf das zu dieser Minute gestellte Bid-Volumen sowie die dazu gehörenden Anzahl Aufträge. Diese Information ist fast durchgehend enthalten, unabhängig davon ob während dieser Minute effektiv ein Abschluss zu Stande kam. Betrachtet man die Liquiditätskennzahlen zudem aus einer Risikosicht, ist es durchaus legitim, zur Berechnung nicht die gehandelten, sondern die auf der Bid Seite gestellten Volumen heran zu ziehen. Unter Anwendung dieser Annahme können von den 65'000 Datenzeitpunkten 63'500 behalten werden. Somit darf weiterhin von einem Minutendatensatz gesprochen werden.

Weiter ist zu beachten, dass alle Volumenangaben nur die Abschlüsse beinhalten, die über die SIX gehandelt wurden. Alle ausserbörslich gehandelten Volumina sind in den Daten nicht enthalten. Oft werden grosse Tranchen ausserbörslich gehandelt, weil das Volumen auf den Auftragsbüchern bei deren Ausführung zu klein und daher der Handelskurs zu weit vom Mid-Kurs abweichen würde.

4.3 SMI-8

Um eine Aussage über die Marktliquidität machen zu können, wurden alle Daten zum „SMI-8“ aggregiert. Ausgangspunkt ist die Zusammensetzung des SMI per Anfang 2013. Um über die Zeit keine Veränderung in der Stichprobe zu haben, werden bei der Aggregation nur jene Titel berücksichtigt, die während der ganzen Betrachtungsperiode ab Oktober 2001 durchgehend im SMI aufgeführt waren. Dies bedeutet, dass TRANSOCEAN, GEBERIT, GIVAUDAN, SGS, ACTELION und HOLCIM aus der Stichprobe herausfallen. Aufgrund von inkonsistenten Daten über die ganze Periode musste auf den Einbezug von JULIUS BAER und SWISS RE verzichtet werden. Dies ergibt 8 Titel weniger, als der SMI Anfang 2013 aufweist, daher der Name SMI-8. Die gewählten zwölf Titel wurden aufgrund ihrer originalen Gewichtung im SMI in den SMI-8 aggregiert. Die Gewichte für 2013 sind in der Tabelle 1 ersichtlich. Die Gewichtung der Titel wird jährlich nach demselben Verfahren vom Originalgewicht des entsprechenden Jahres in das SMI-8 Gewicht gerechnet. Alle Angaben (Preisänderung, Volumen, Spread oder Freefloat)

werden bei der Bildung des SMI-8 respektive bei der Berechnung der Liquiditätskennzahlen mit den Gewichten multipliziert. Um die Resultate aus dem Tagesenddatensatz mit jenen aus dem Intradaydatensatz vergleichbar zu halten, werden ebenfalls nur die SMI-8-Daten für die Berechnung jener Kennzahlen berücksichtigt.

Aktie	Ticker	Gewicht im SMI 2013	Gewicht im SMI-8 2013
Nestlé	NESN	23.01%	25.88%
Novartis	NOVN	18.73%	21.07%
Roche	ROG	15.80%	17.77%
UBS	UBSN	6.32%	7.11%
ABB	ABBN	5.04%	5.67%
Richemont	CFR	4.36%	4.91%
Zürich	ZURN	4.33%	4.87%
Syngenta Group	SYNN	4.08%	4.60%
CS	CSGN	3.74%	4.20%
Swatch	UHR	1.72%	1.93%
Swisscom	SCMN	1.00%	1.13%
Adecco	ADEN	0.75%	0.85%
		88.90%	100.00%

Tabelle 1: Verwendete Aktienliste für die empirische Analyse (SIX SWISS EXCHANGE 2013c)

Abbildung 3 zeigt den Verlauf des Original-SMI verglichen mit dem SMI-8 seit 2001. Die (sehr) hohe Korrelation ist offensichtlich (Korrelationskoeffizient = 0.9). Daher kann die Aussage getroffen werden, dass der SMI-8 trotz der fehlenden Titel den Schweizer Aktienmarkt repräsentiert.

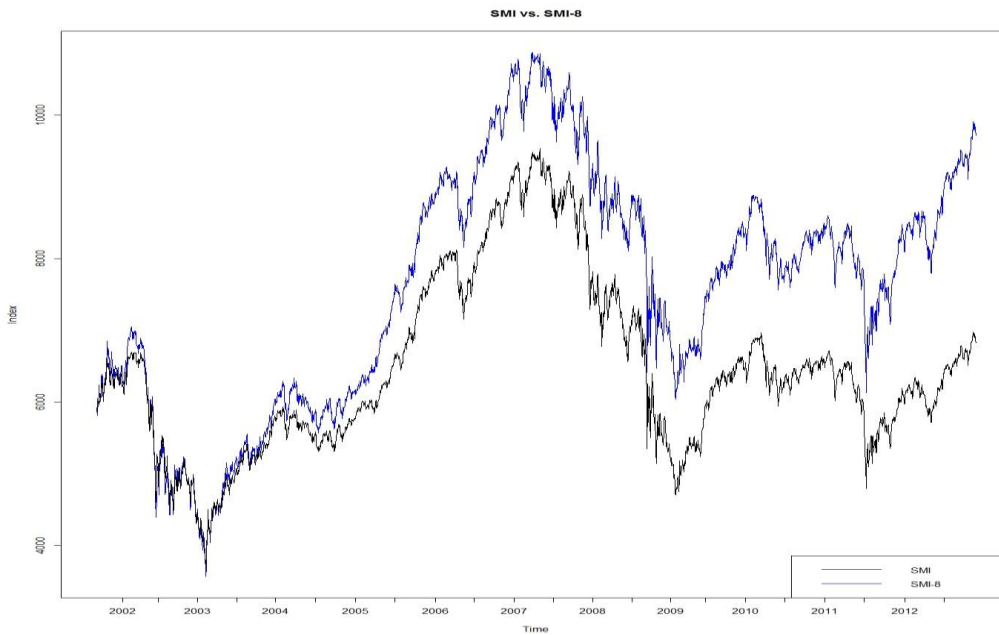


Abbildung 3: SMI-8 vs. SMI auf Tagesdaten

Analog zu Abbildung 3 zeigt Abbildung 4 den SMI-8 im Vergleich zum SMI während der Periode von 1.10.2012 bis 28.3.2013. Der SMI-8 besteht aus den Minutendaten, während der SMI auf einer Tagesendpreis-Datenreihe beruht. Trotzdem lässt sich auch anhand dieser Abbildung sagen, dass der kreierte SMI-8 die Entwicklung des SMI von Oktober 2012 bis März 2013 wieder spiegelt. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0.94.

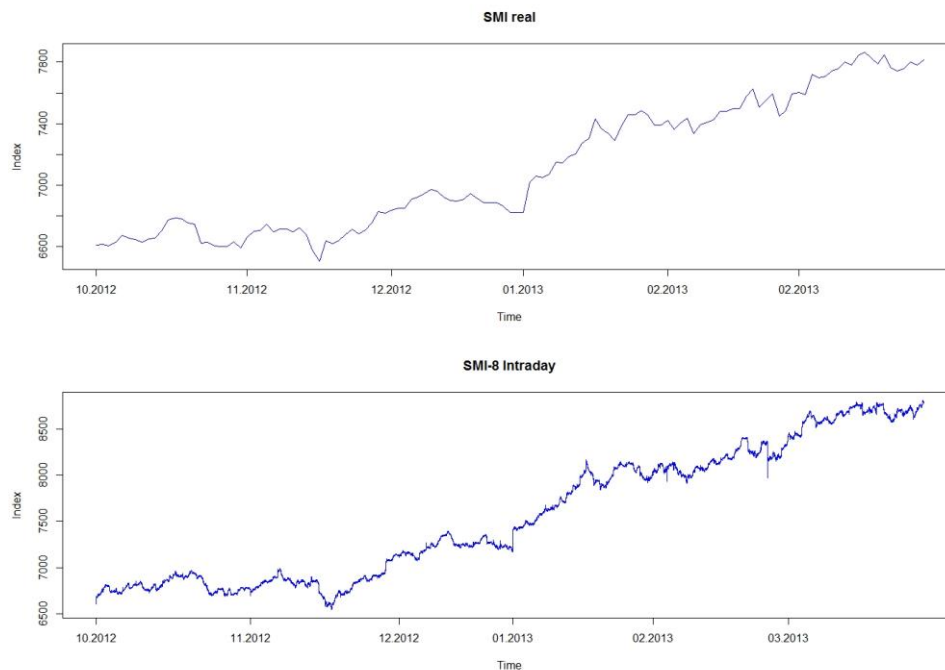


Abbildung 4: SMI-8 vs. SMI Intraday

4.3.1 SMI-8 Statistische Analyse der Datenbasis

Abbildung 5 zeigt die statistischen Auswertungen der Returns aus den Tages- und Intradaydaten für den SMI-8.

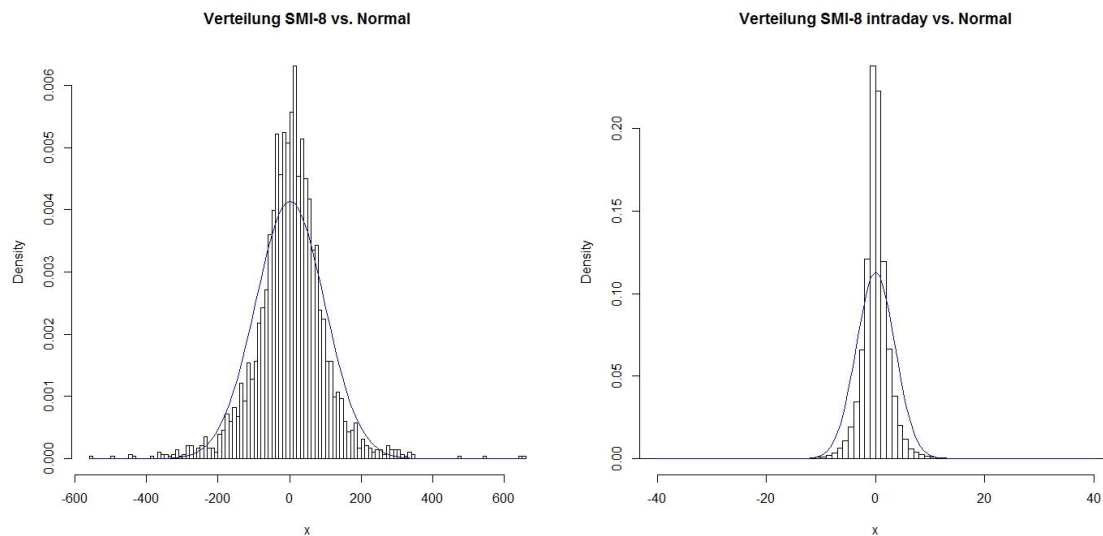


Abbildung 5: Verteilung der Returns SMI-8

Name	Mean	Variance	Skewness	Kurtosis	p-Value (JB)
SMI-8 daily	1.7254e-04	1.7936e-04	0.0320	5.1988	$< 2.2e^{-16}$
SMI-8 intraday	4.8034e-06	2.0784e-07	-9.6402	2363.3040	$< 2.2e^{-16}$

Tabelle 2: Statistische Momente SMI-8

Abbildung 5 und Tabelle 2 zeigen das bekannte Phänomen, dass Daten mit längeren Intervallen sich immer mehr der Normalverteilung annähern. Dies deutet auf die Gültigkeit des zentralen Grenzwertsatzes hin. Beide Datensätze sind jedoch nicht normalverteilt. Gemäss des p-Werts ist diese Nullhypothese klar zu verwerfen (siehe auch die nachfolgenden QQ-Plots).

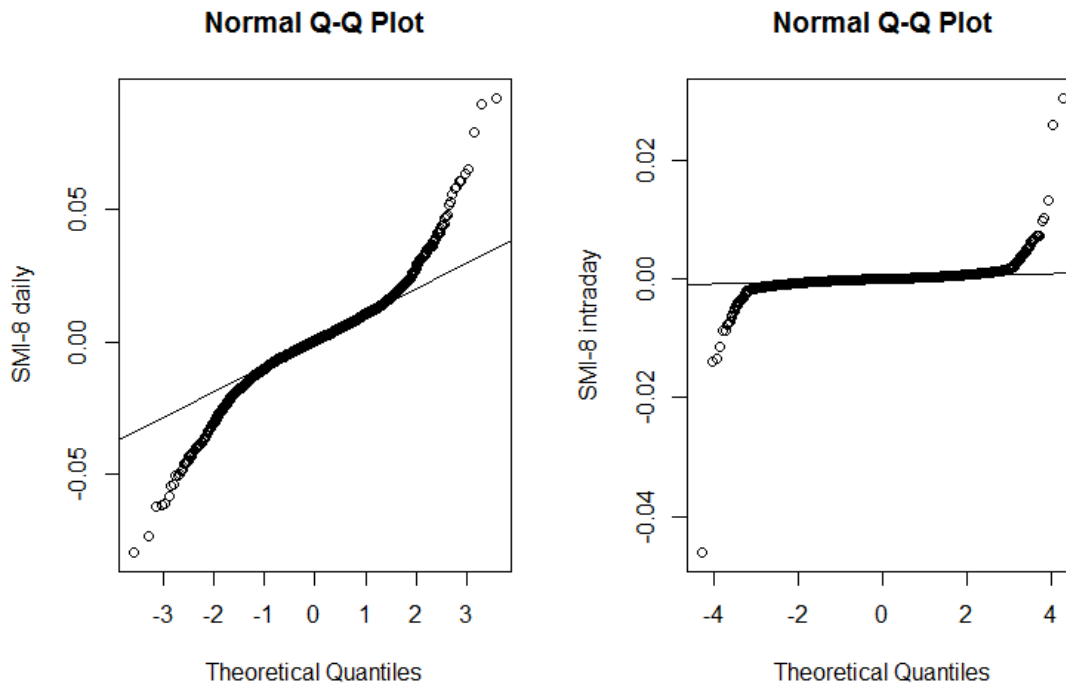


Abbildung 6: Q-Q Plots SMI-8

Der grosse Wert des vierten Moments bei den Intradaydaten wird oft beobachtet bei Finanzdaten und kann darauf hinweisen, dass sehr hohe negative und positive Werte häufig auftreten. Bei einer solch hohen Kurtosis liegt die Vermutung nahe, dass dieses Moment in der zugrunde liegenden Verteilung nicht existiert. Die Schiefe auf den Intradaydaten weist ebenfalls darauf hin, dass die Daten nicht normal verteilt sind. Dies ist ein Unterschied zu den Tagesenddaten, deren Schiefe als approximativ Null angesehen werden könnte¹.

¹ Siehe dazu auch MCNEIL/FREY/EMBRECHTS (2005, S. 71)

4.3.2 Autokorrelation in den Daten

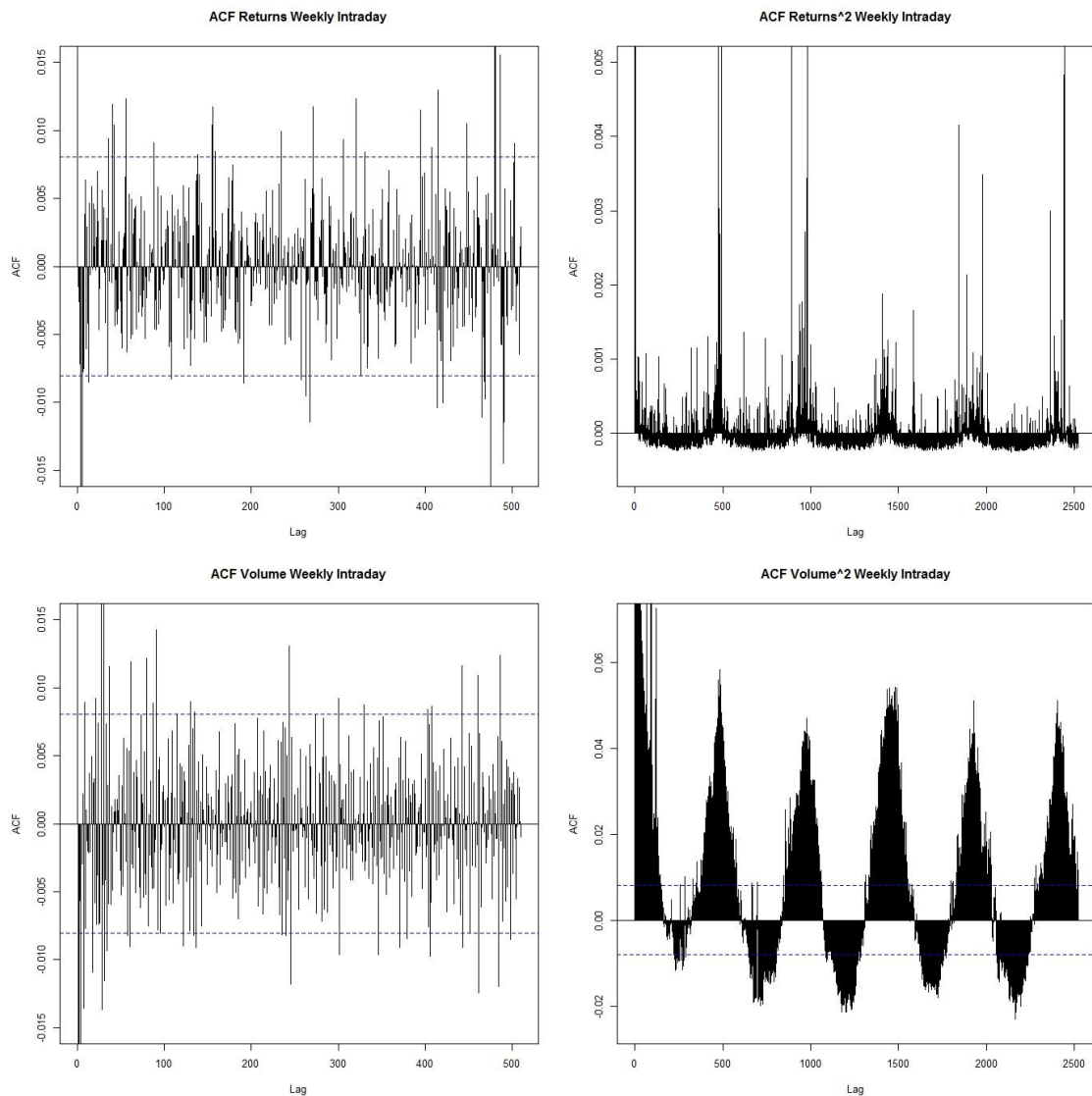


Abbildung 7: Autokorrelation Intradaydaten

Abbildung 7 visualisiert die Abhängigkeitsstruktur in den SMI-8 Intradaydaten gemessen über die Autokorrelationsfunktion. Wie erwartet sind die einzelnen Handelstage deutlich erkennbar. Am Morgen und Abend tritt eine (sehr) hohe Autokorrelation auf. Das kann ökonomisch mittels der Handelsaktivitäten an den Börsen erklärt werden. Das bekannte Phänomen kann sowohl auf den Returns als auch den Volumina beobachtet werden. Diese Struktur zeigt sich bei der Berechnung der nicht quadrierten Daten nicht im gleichen Ausmass. Es konnte jedoch keine Triple-U-Shape-Form festgestellt werden, wie sie RANALDO (2001, S. 316) in seiner Arbeit über den Schweizer Aktienmarkt beschreibt. Die von ihm beschriebenen Charakteristiken sind aufgrund der Abhängigkeitsstruktur in den Daten nicht auszumachen.

5 Analyse

In diesem Abschnitt der Arbeit wird auf die Forschungsfragen 2 und 3 eingegangen. Zu Beginn werden die im Kapitel 3 beschriebenen Liquiditätskennzahlen einzeln auf ihre Ausschläge hin untersucht und die Frage, ob die ausgewiesenen Ausschläge den uns bekannten Marktereignissen zu geordnet werden können, beantwortet. Mit Hilfe einer Korrelationsanalyse und Heatmap wird die Forschungsfrage 2b analysiert und beantwortet. Anschliessend werden die Intradaydaten herangezogen, um die Anwendungsmöglichkeit der Messgrößen auf Intradaydaten zu prüfen (siehe Forschungsfrage 2c). Zum Schluss dieses Kapitels wird die bedingte Volatilität mittels eines GARCH-Modells gerechnet und auf ihre Fähigkeiten als Liquiditätsmass hin untersucht.

5.1 Anwendung der Liquiditätskennzahlen auf Tagesenddaten: Grundlage der Analyse

Die Kennzahlen werden in Bezug auf die in Abbildung 8 beschriebenen Marktereignisse hin analysiert.

Im Folgenden werden zuerst Arbeitshypothesen im Sinne von in der Finanzwelt „bekanntem“ Marktereignissen definiert. Dann wird überprüft, ob die Entwicklung der Liquiditätskennzahlen mit diesen Marktereignissen korrespondiert.

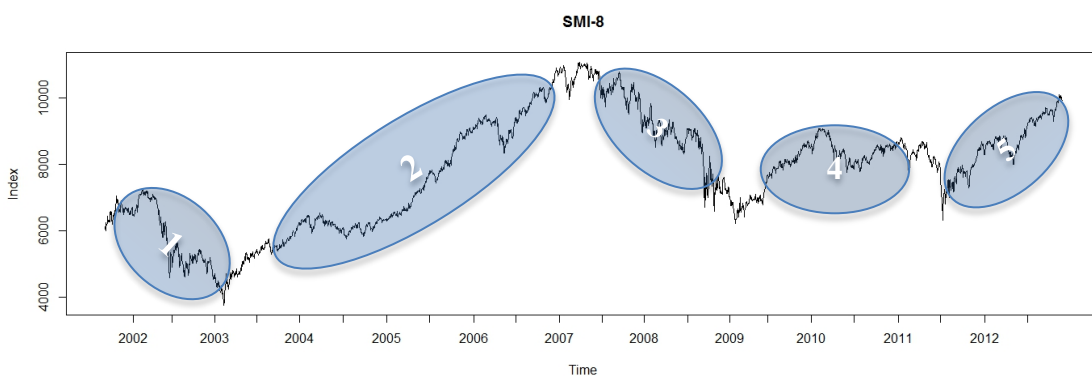


Abbildung 8: Marktereignisse und Verlauf SMI zwischen 2001 und 2013

Marktereignis	Erwartung über die Veränderung der Marktliquidität
1. Platzen der DotCom-Blase 2002 - 03	Abnahme der Marktliquidität
2: Wirtschaftsboom 2003 - 07	Zunahme der Marktliquidität
3: Globale Finanzkrise 2007 – 09 (insb. Sept – Nov. 2008 nach der Lehmaninsolvenz)	Abnahme der Marktliquidität
4: Erste Erholung und Ausbruch der Staatsschuldenkrise im Euroraum 2009 - 11	Zunahme der Marktliquidität, dann Abnahme / Seitwärtsbewegung
5: Erholung durch monetäre Impulse 2012 -	Zunahme der Marktliquidität

Tabelle 3: Definierte Marktereignisse und die erwarteten Auswirkungen auf die Liquidität

In einer weiteren Analyse sollen die Monate Sept. – Nov. 2008 nach der Lehmaninsolvenz am 15.09.2008 überprüft werden.

Es sollte transparent sein, dass wir hiermit eine aus der Praxis getriebene Wertung vornehmen. Die zugrundeliegende Annahme ist, dass die Erwartungen zu den Liquiditätsveränderungen in Folge der Marktereignisse korrekt sind und sich dies in den Liquiditätskennzahlen niederschlagen soll. Eine „geeignete“ Kennzahl ist also eine Kennzahl, die entsprechend dieser Annahmen ausschlägt. Das ist natürlich kein Beleg, sondern das Ergebnis der Anwendung eines heuristischen Massstabes.

5.2 Evaluation der Entwicklung einzelnen Liquiditätskennzahlen bei Tagesenddaten

5.2.1 Bid-Ask-Spread

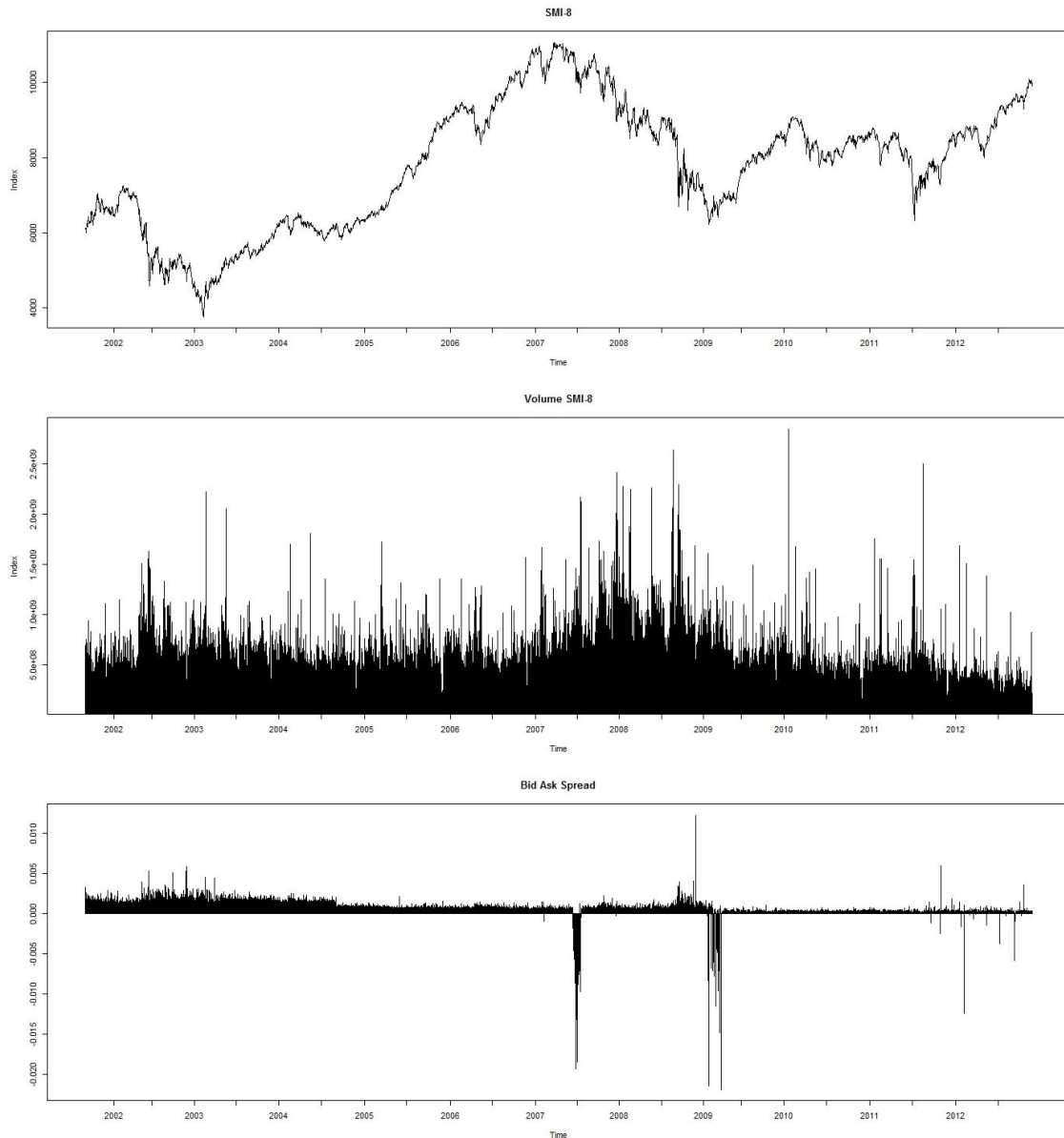


Abbildung 9: Bid-Ask-Spread

Bei der Betrachtung der Abbildung 9 fallen grosse negative Spreads auf. Diese lassen sich durch Volumen, welche nachbörslich gehandelt wurden, begründen. Die Aussagekraft des Spreads im Tagesenddatensatzes muss relativiert werden, da nur einen Beobachtungspunkt pro Tag (Schlussauktion) im Datensatz vorhanden ist. Somit ist es fraglich, ob dieser Spread repräsentativ für den ganzen Handelstag ist. Trotzdem lässt sich erkennen, dass zu Beginn der Zeitreihe sich die Bid-Ask-Spreads aufgrund des Platzens der Dotcom-Blase ausgeweitet haben. Auch die

Unruhen, die durch die globale Finanzkrise ausgelöst wurden, sind ersichtlich. Jeweils nach beiden Krisen zeigt sich eine starke Verengung der Handelsspannen, was für einen liquiden Markt spricht.

5.2.2 Turnover Ratio

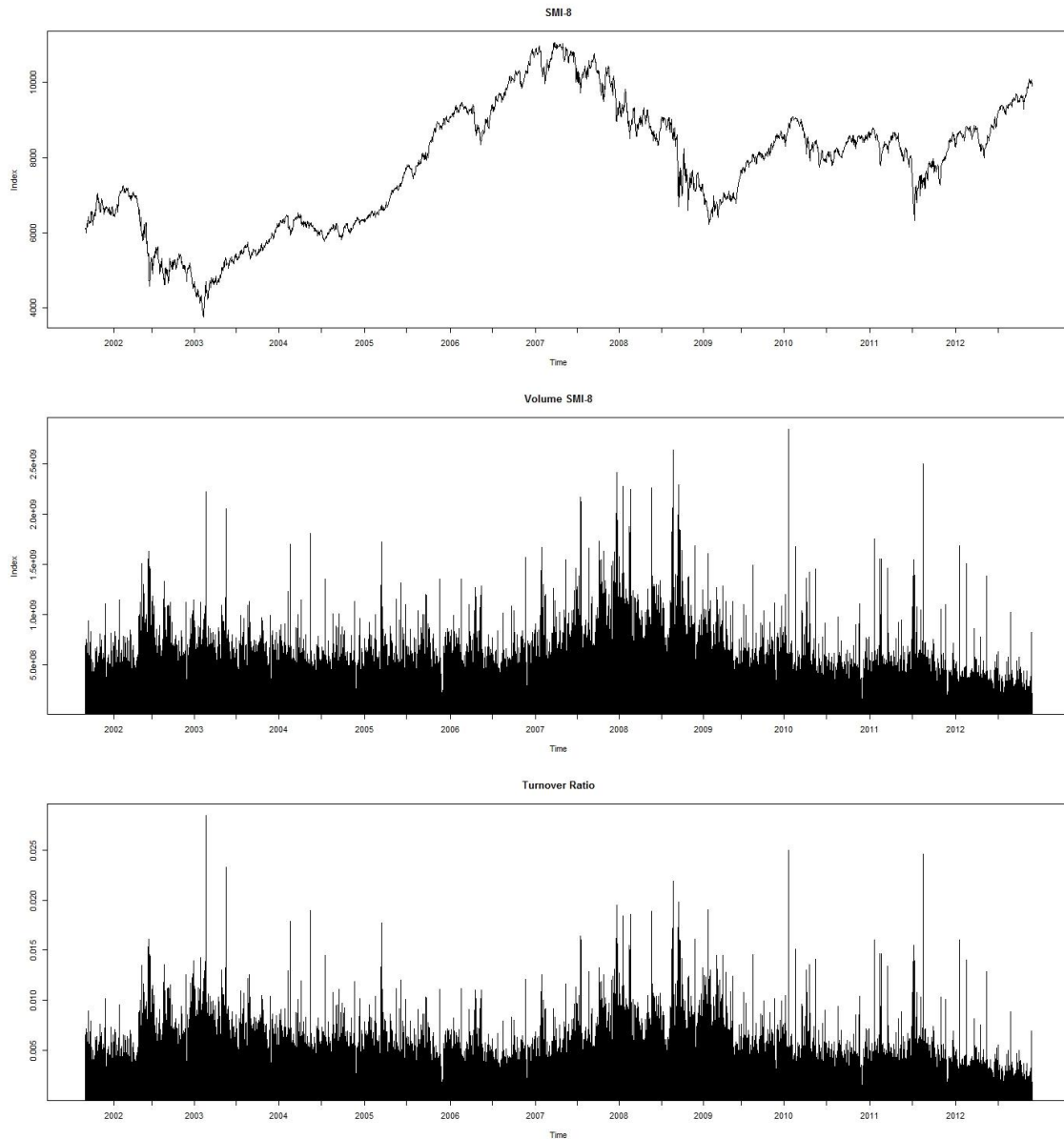


Abbildung 10: Turnover Ratio

Die Turnover Ratio ist ein reines Volumenmass und deckt somit nur eine Dimension der Liquidität ab. Das Mass zeigt auf, wie viel Prozent der Aktien pro Tag im Verhältnis zum Freefloat gehandelt werden. Die Abbildung 10 zeigt, dass in unsicheren Zeiten das Volumen nicht zurückgeht. Viele Marktteilnehmer wollen ihre Positionen veräussern, generieren dadurch zwar

Volumen, müssen aber aufgrund geringer Volumen auf der Bid-Seite Preiseinbussen akzeptieren. Dieses Mass zeigt deshalb nicht zuverlässig die Liquidität an.

5.2.3 The Index of MARTIN

Abbildung 11 illustriert den Index of MARTIN, der die Preisänderung im Verhältnis zum gehandelten Volumen wiedergibt. Im Gegensatz zum Turnover Ratio berücksichtigt dieses Mass zusätzlich auch die Preisdimension und liefert unseres Erachtens aussagekräftigere Resultate.

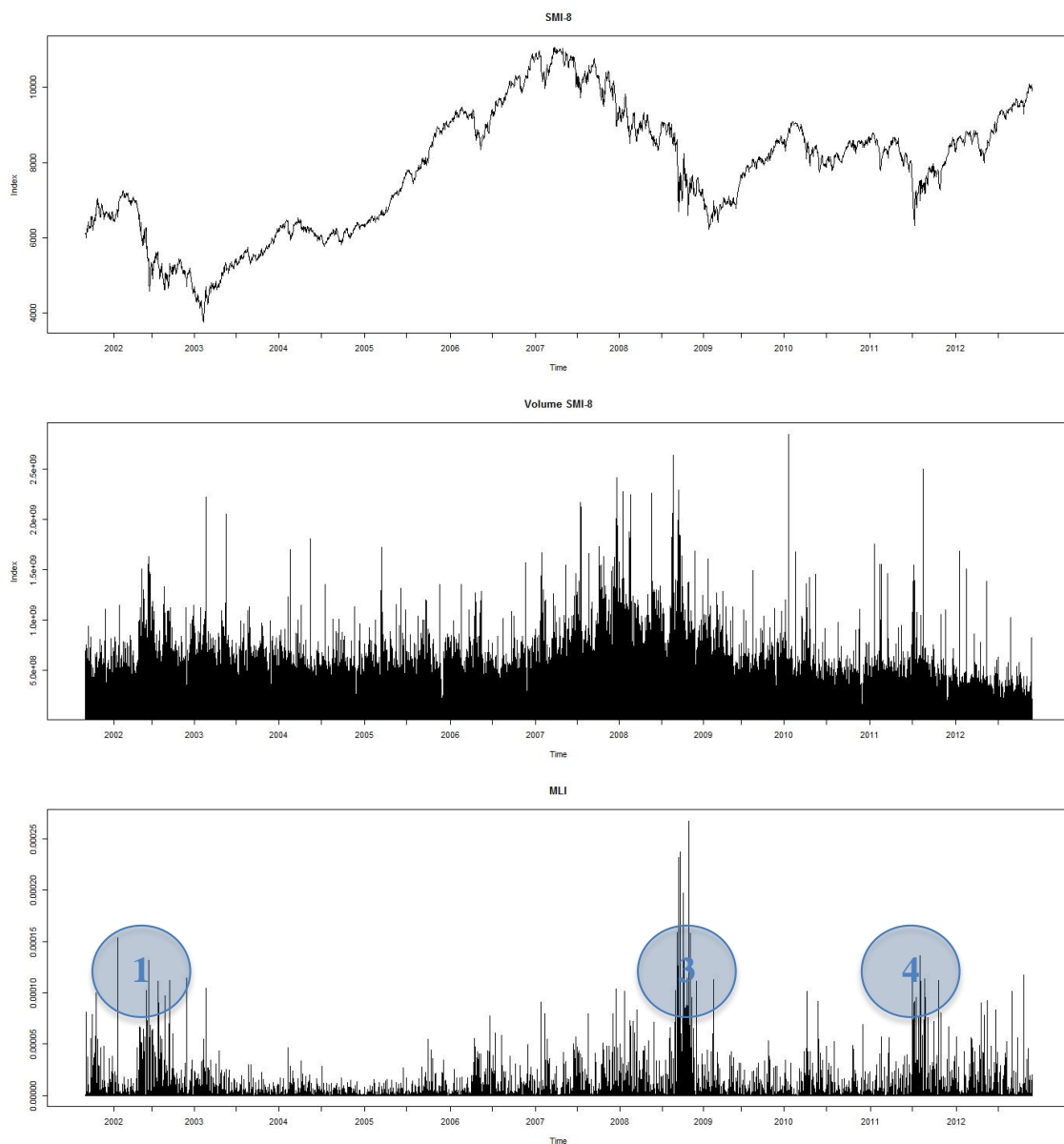


Abbildung 11: MLI

Die DotCom-Blase, die globale Finanzkrise und die EU-Staatsschuldenkrise sind durch die signifikanten Ausschläge erkennbar. Grössere Werte bedeuten eine geringere Liquidität, die aufgrund der erhöhten Preisstreuung zu Stande kommt.

5.2.4 HUI-HEUBEL Liquidity Ratio

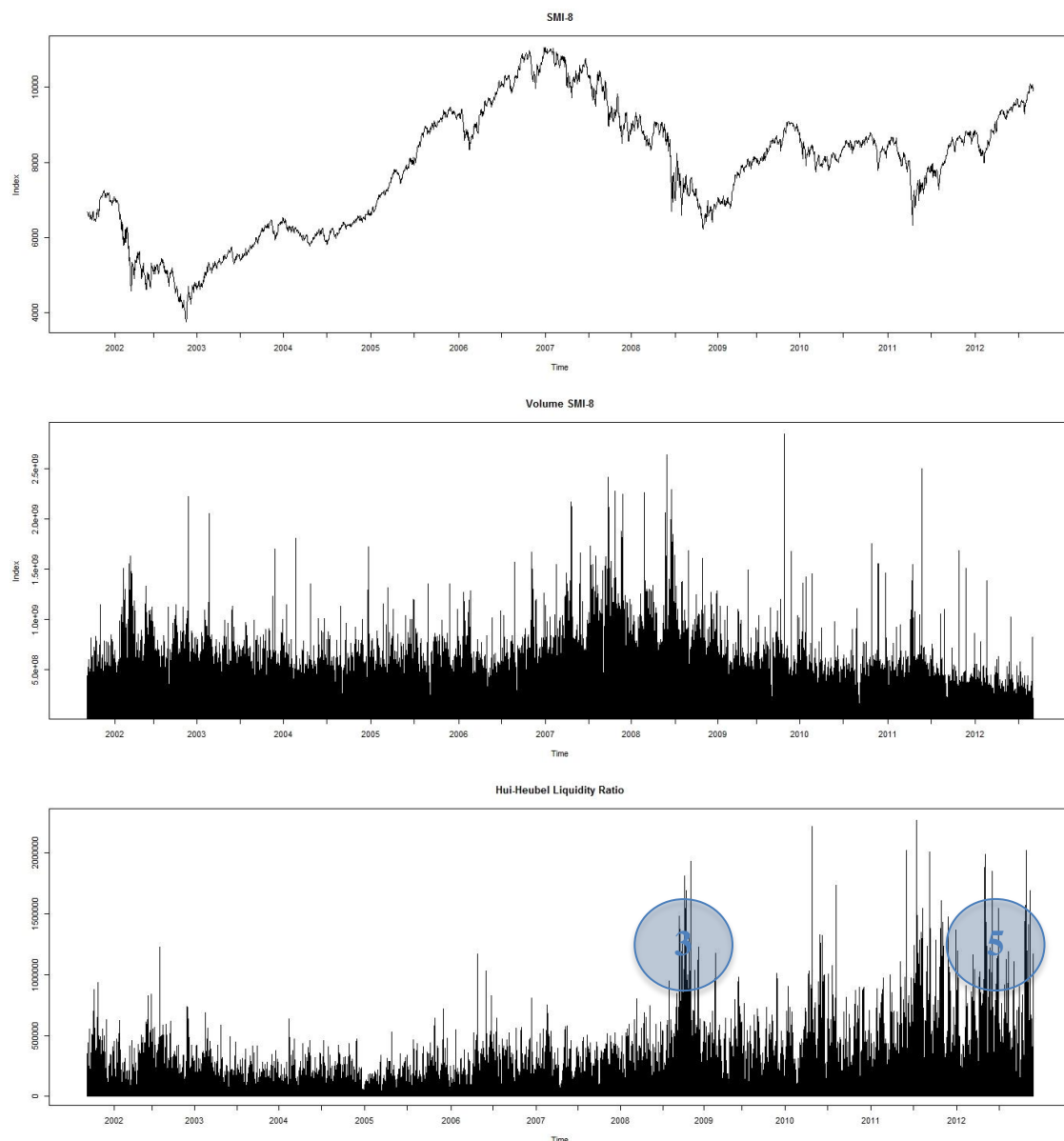


Abbildung 12: HUI-HEUBEL Liquidity Ratio

Wenn die LR_{HH} mit dem SMI-8 verglichen wird (siehe Abbildung 12), schlägt diese Kennzahl bei jedem grösseren Abfall des Indexes nach oben aus, was eine Erhöhung der Illiquidität anzeigt. Das Niveau bleibt jedoch auch in der Erholungsphase im Jahr 2012 relativ konstant hoch. Das verwendete Zeitintervall von 5 Tagen ist gemäss der Literatur nicht geeignet, um spezifische Marktanomalien zu eruieren. Wenn jedoch ein kürzeres Intervall herangezogen wird, kann die Volatilität nicht geglättet werden, was wiederum zu Verzerrungen führt.

5.2.5 AMIHUDD Illiquidity Ratio ILLIQ

Die Berechnung erfordert zur Aufsummierung der Tagesrenditen einen Zeitintervall, welcher hier auf einen Monat, sprich 21 Handelstage festgelegt wird. Der ILLIQ verhält sich ähnlich wie die zuvor beschriebene LR_{HH} . Die Preiserholung am Ende der Zeitreihe wird vom ILLIQ nicht wiedergegeben. So müsste der Markt nach der Schuldenkrise im Jahr 2012 illiquid geblieben sein, wie die Resultate in Abbildung 13 vermitteln.

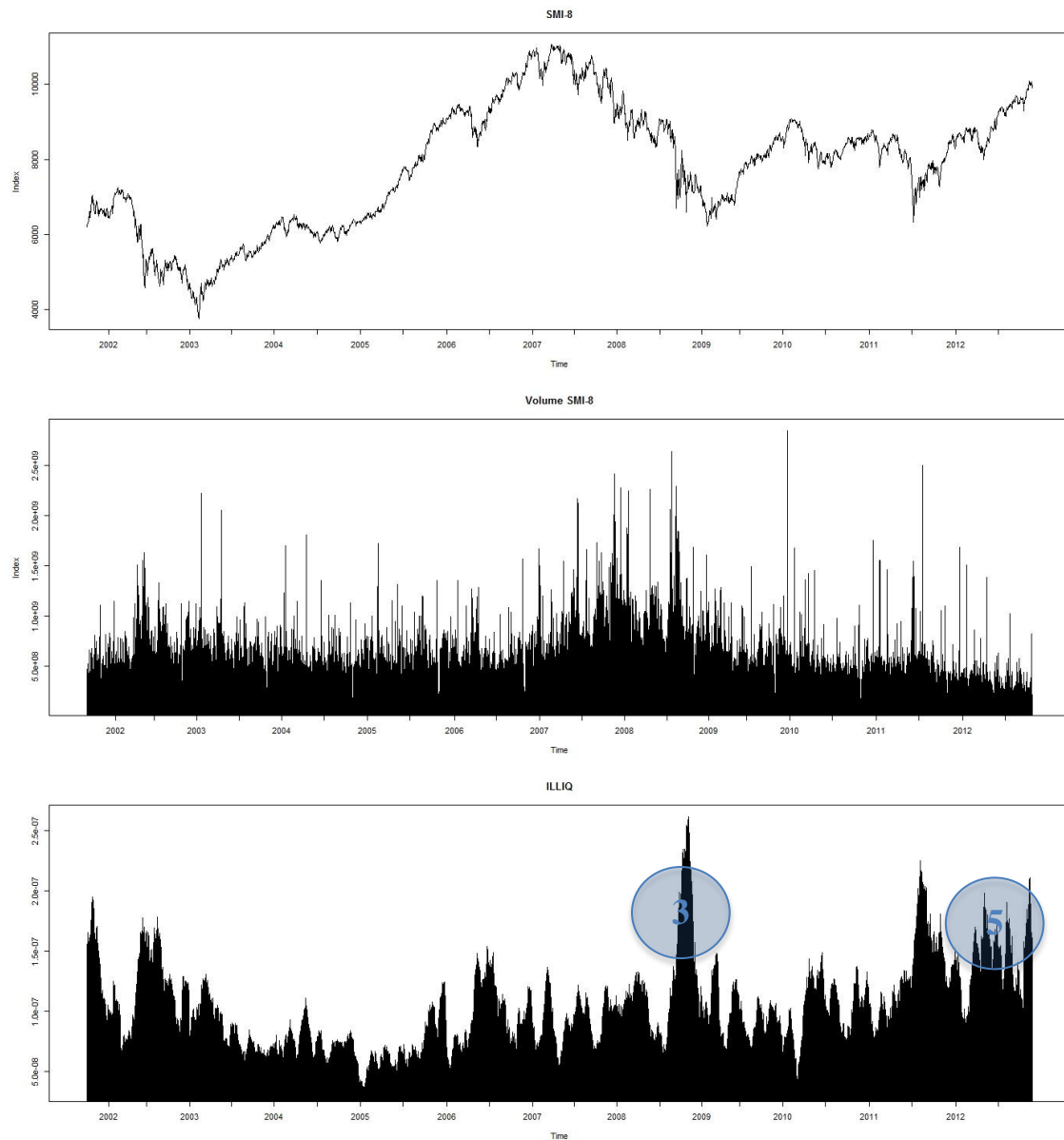


Abbildung 13: ILLIQ

5.2.6 Conventional Liquidity Ratio

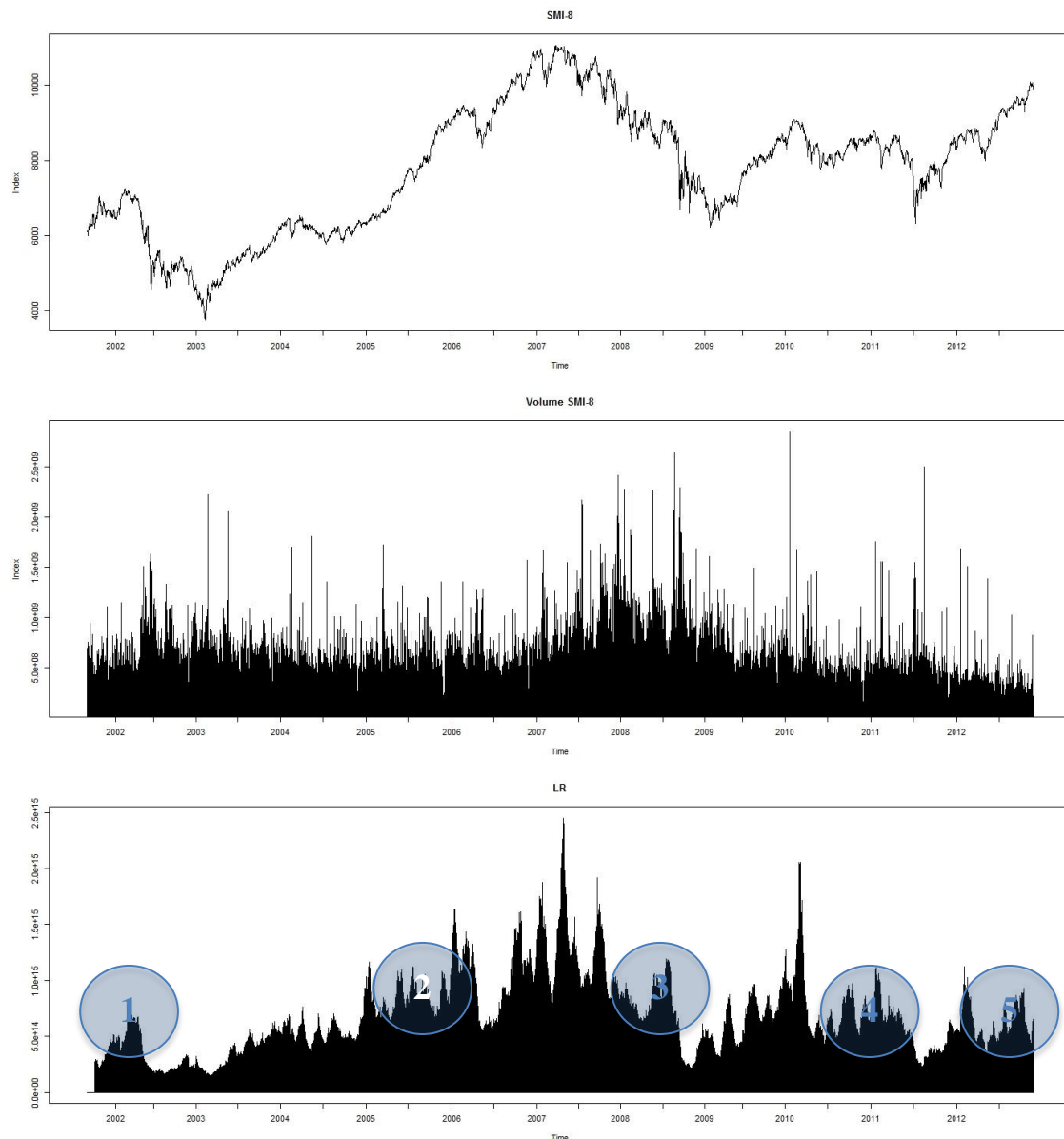


Abbildung 14: Conventional Liquidity Ratio

Durch die Betrachtung der in Abbildung 14 ersichtlichen Zeitreihe zeigt sich, dass dieses Mass die uns bekannten Ereignisse wiedergibt. Zusätzlich sind auch die kleineren Korrekturen im SMI-8 auf dem LR-Verlauf übertragbar. Wie im Kapitel 3.2.5 beschrieben, ist die Conventional Liquidity Ratio geeignet, um ähnliche Titel zu aggregieren und zu analysieren.

5.2.7 Liquidity Ratio von MARSH/ROCK

Wie im Literaturreview beschrieben, kann sich das Mass in Abhängigkeit zur Zeitperiode deutlich verändern. Untenstehende Zeitreihe illustriert diese fundamentale Veränderung (siehe Abbildung 15). In 2002 schlägt das Mass stark aus. Dieses Ausmass an Illiquidität wird ab dem

Jahr 2004 nicht mehr erreicht. Eine Interpretation der restlichen Fluktuationen wird dadurch deutlich erschwert. Eine kleine Spitze zeigt zum Ende 2008 (Finanzkrise).

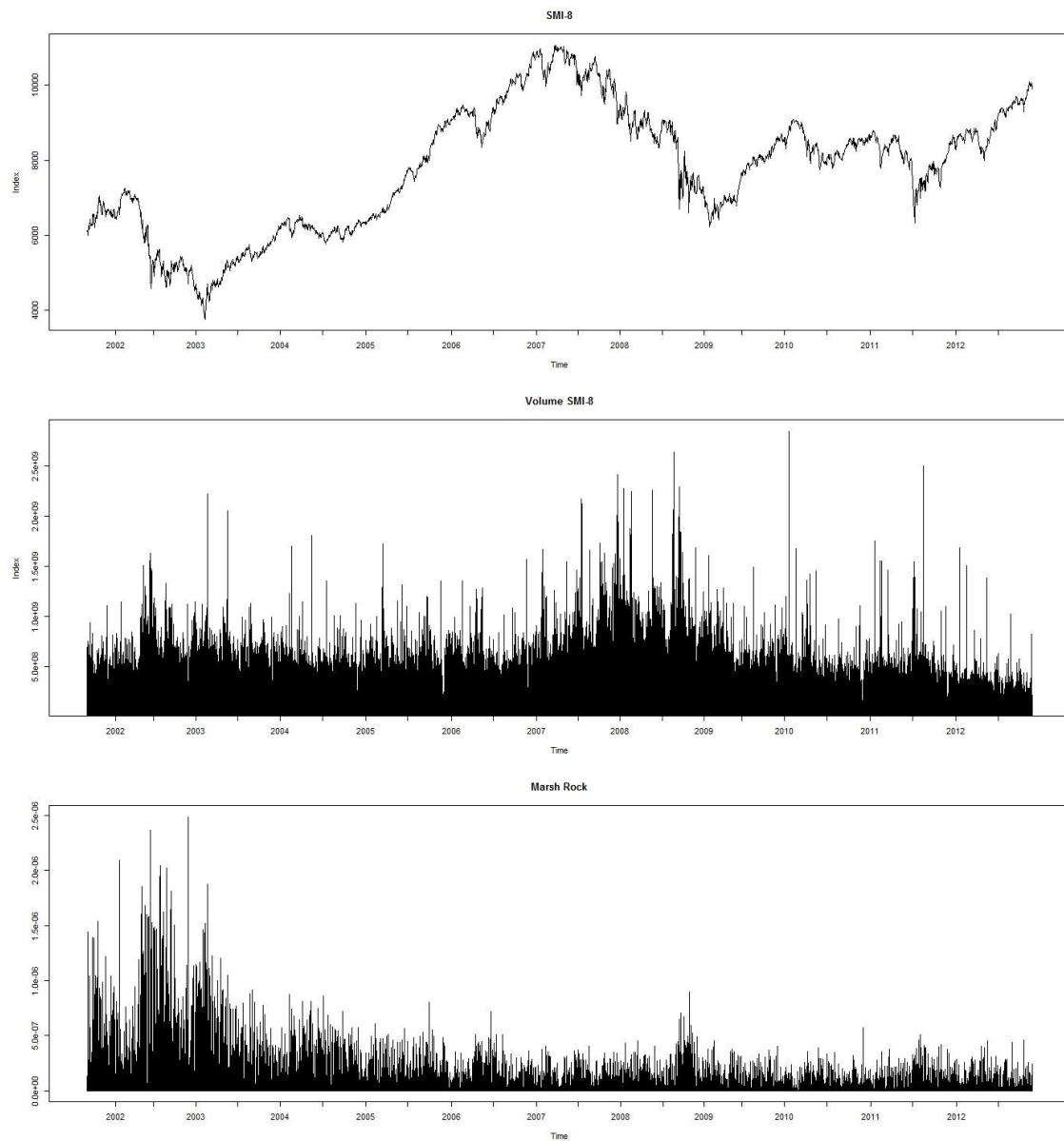


Abbildung 15: MR

5.2.8 Market Efficiency Coefficient

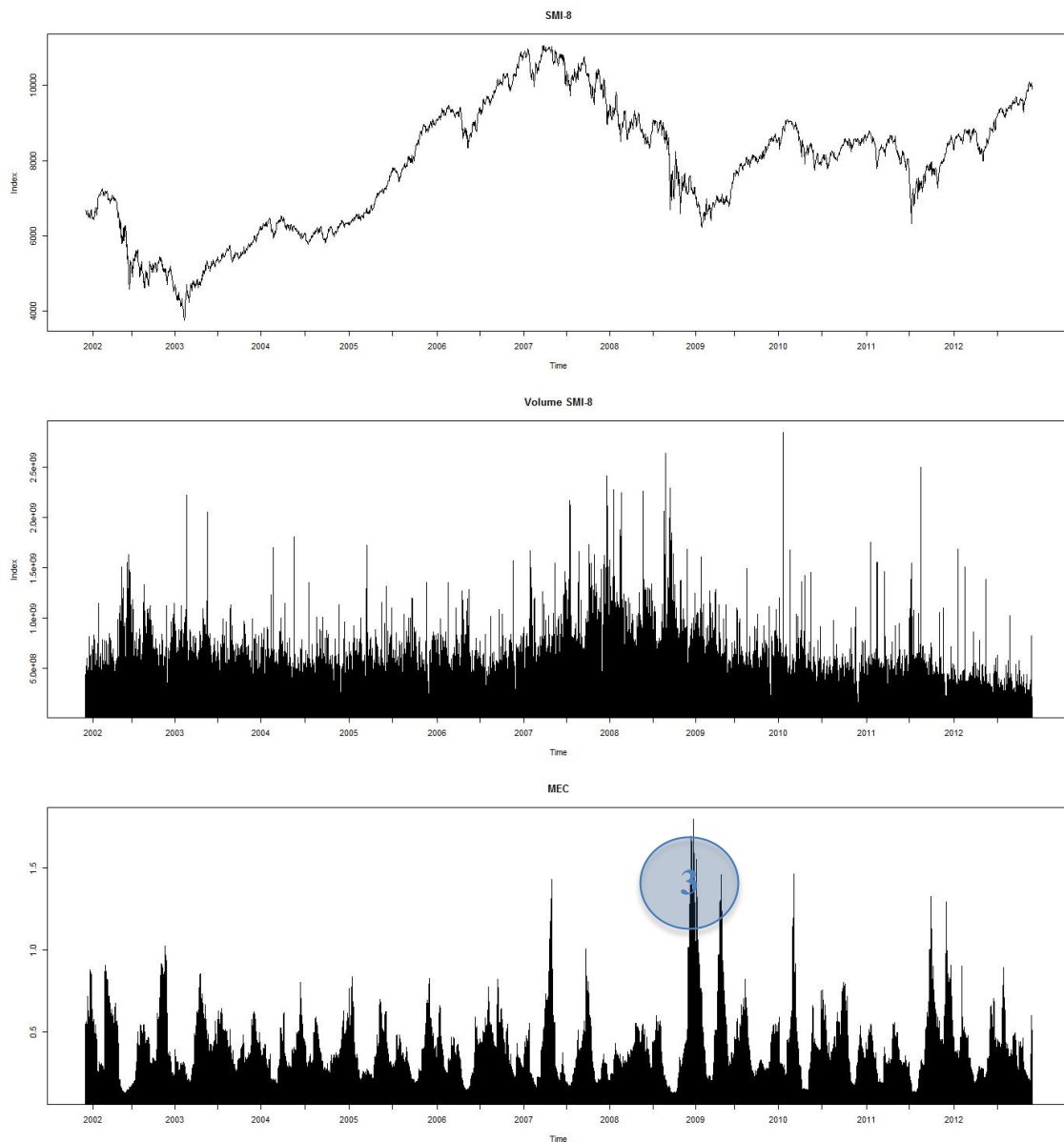


Abbildung 16: MEC

Wäre ein Markt perfekt liquide, würden keine impliziten Kosten anfallen. Wenn nun eine Order eine Preisänderung verursacht, verändert sich im kurzen Zeitraum die Preisvolatilität. Der MEC fällt, wenn die kurzfristige Volatilität höher ist als die langfristige. Ein Markt gilt als illiquide wenn das Resultat < 1 ist. Gemäss der Aussage von Abbildung 15 würde der Markt nach dieser Definition sehr oft als illiquide gelten. In der Literatur wird diskutiert, auf welchen Zeitintervallen die kurzfristige und die langfristige Volatilität gerechnet werden soll. Abbildung 17 illustriert verschieden lange Tagesintervalle (z.B. 21 Handelstage für die kurzfristige Volatilität, 252 für die langfristige). Es zeigt sich, dass das Mass, angewendet auf Tagesenddaten, wenig aussagekräftige Informationen liefert. Wie bereits beschrieben, misst die Literatur den MEC auf Int-

raday-Informationen. Problematisch ist dabei, dass in Intraday-Datensatz zu viele Tage unter 1 liegen und somit als illiquide gelten würden.

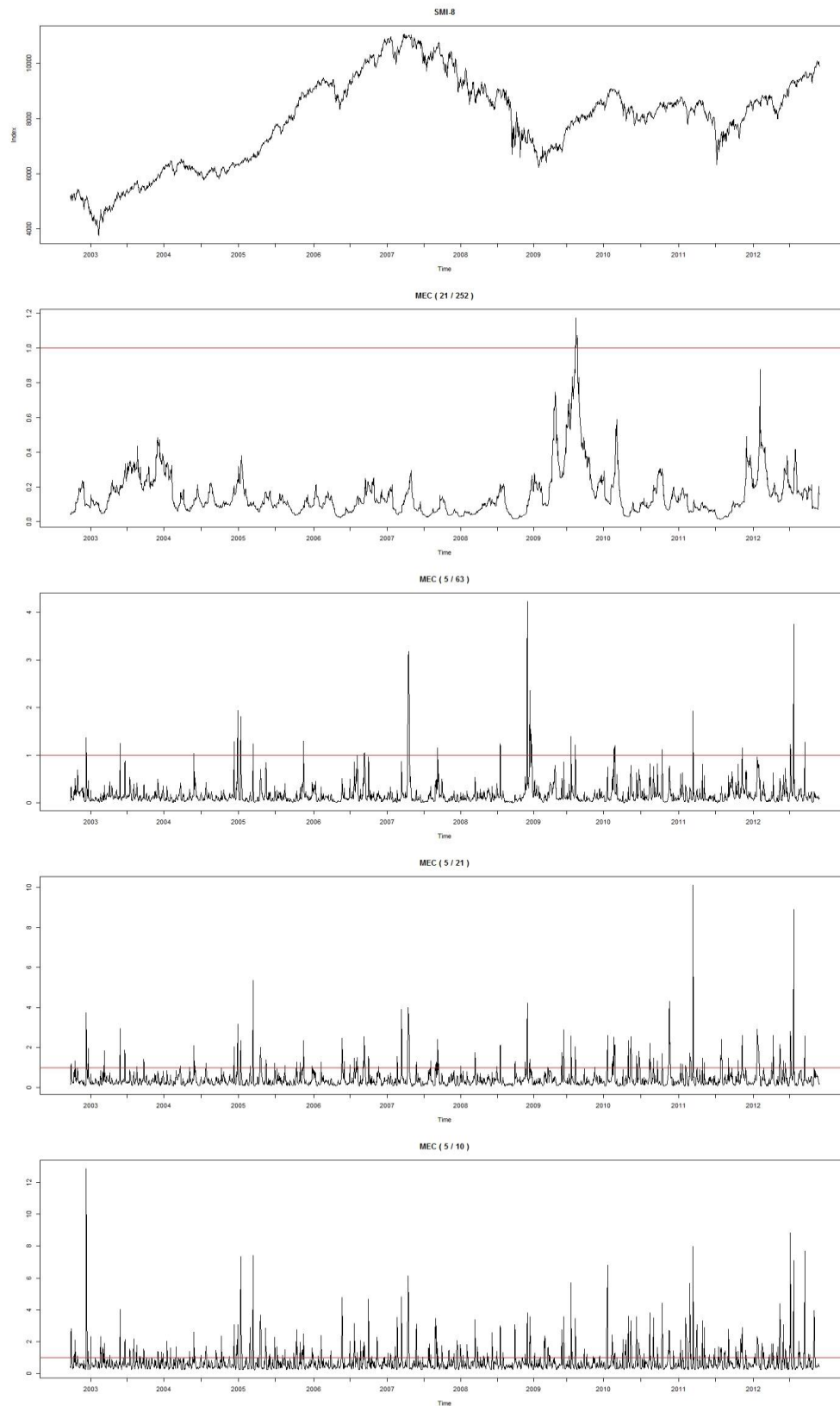


Abbildung 17: MEC-Vergleich

5.3 Konklusion

Die Forschungsfrage 2a kann nicht für jedes Liquiditätsmass gleich beantwortet werden:

- MLI/ LR: Der MLI und LR hat die uns bekannten Marktereignisse wiedergegeben. Sie sind in der Lage, alle Begebenheiten abzubilden.
- ILLIQ/ LR_{HH}: Der ILLIQ und die LR_{HH} verhalten sich sehr ähnlich. Sie zeigen signifikante Ausschläge zu den erwarteten Zeitpunkten. Jedoch weisen sie keine Erholung des Marktes im Jahr 2012 aus.
- TR: Die Turnover Ratio ist ein reines Volumenmass und misst die Handelsaktivität statt der Liquidität. Sie eignet sich wenig, die Liquidität in unserem Verständnis zu messen.
- Bid-Ask-Spread: Der Bid-Ask-Spread verliert durch die Aggregation aller Titel an Aussagekraft und bleibt so hinter den Erwartungen zurück, welche durch den Literaturresearch geweckt wurden. Das Mass kann aber auch durch die Verwendung der Tagesenddaten verzerrt worden sein.
- MR: Die Interpretation ist schwierig, da ein starker langfristiger abnehmender Trend zu erkennen ist und Ausreisser tendenziell verdeckt.
- MEC: Der Koeffizient kann auf Tagesenddaten angewendet nicht sinnvoll interpretiert werden. Die Hürde von 1 (i.e. gleich „liquide“) wird nur in Ausnahmefällen überschritten, was die Frage aufwirft, ob dies der Realität entspricht.

Bei der heuristischen Analyse ist zu bedenken, dass nur das positive Vorkommen von Ereignissen untersucht wurden (verkürzt: Fehler 1 Art). Fehlalarme (Fehler 2. Art) wurden nicht untersucht. Auch dies ist neben den Grundannahmen der heuristischen Analyse eine Einschränkung der Analyse.

5.3.1 Exkurs zur Liquidität von nicht-SMI-Titeln

Beim Erstellen der Analyse entstand die Vermutung, dass Titel die zum SMI gehören eine höhere Liquidität aufweisen könnten als solche, die nicht im SMI sind. Dies, weil man annehmen könnte, dass alle Anleger die Index nah investieren, die Aktien aus dem SMI handeln müssen und dadurch eine signifikant höhere Liquidität am Markt schaffen. Wie im Kapitel 4 beschrieben, wurden einige Titel nicht in den SMI-8 aufgenommen, da sie nicht ununterbrochen über die letzten 11 Jahre im SMI vertreten waren. Die Annahme lag nahe, dass sich die Ein- und Austritte in den Spreads oder in den Volumina niederschlagen würden. In Anhang 5 finden sich Plots von SGSN und GIVN, welche beide im SMI aufgeführt waren, während der Periode rausfielen und wieder aufgenommen wurden. Beim Betrachten der Volumina- und Spreadverläufe

konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Die Ein- und Austritte schlagen sich nicht erkennbar in diesen Zeitreihen nieder. Aufgrund dieser Beobachtung wurde eine fortführende Analyse dieser Thematik nicht weiter verfolgt.

5.4 Übereinstimmung der Kennzahlen

Alle Liquiditätskennzahlen nehmen für sich selber in Anspruch, die Liquidität am Markt messen zu können respektive Indikation zu geben, wann ein Markt liquide oder illiquide ist. Wie Ein-gangs dieser Arbeit beschrieben, lassen sich die Kennzahlen grob in die Gruppen Volumen-, Preis- und Transaktionskostenkennzahlen einteilen. Einige beschränken sich auf eine dieser Dimensionen, andere kombinieren sie. In diesem Abschnitt wird untersucht, ob die acht Kennzahlen auf ein und derselben Zeitreihe (SMI-8) an den gleichen Stellen den Markt als liquide oder illiquide beschreiben. Um eine Antwort auf diese Frage zu erhalten, werden die Kennzah-len in einer Heatmap dargestellt und ihre Korrelation in einer Korrelationsmatrix aufgezeigt.

5.4.1 Heatmap

Die Heatmap analysiert das Resultat für jedes Mass zu jedem Zeitpunkt (täglich) und ordnet dem Niveau die Farben Grün, Gelb, Orange und Rot zu. Grün steht für einen liquiden Zeitpunkt, Rot für einen sehr illiquiden. Die **Farben** werden durch die **drei Quantile 68%, 95% und 99.7%** abgegrenzt. Die Quantilgrößen sind in Anlehnung an gängige Quantilwerte gewählt und haben zum Ziel, besonders seltene Ergebnisse sichtbar zu machen.

Farbe	Quantil
Grün	<0.68: Relativ die „liquidesten“ Tage
Gelb	0.68
Orange	0.95
Rot	0.997 Relativ die „illiquidesten“ Tage

Tabelle 4: Farbkodierung in der Heatmap

Die Visualisierungen der Kennzahlen unter Punkt 6.1 zeigen oft sehr starke einzelne Ausreisser. Damit dieser die Klassifizierung des Wertes nicht verzerrt, wird er nicht im Vergleich zur gan-zen Zeitreihe in Quantile eingeteilt, sondern zur nahen Vergangenheit. Die Quantile werden rollend immer über die letzten vergangenen 126 Handelstage neu gerechnet, was einem halben Jahr entspricht. Je kürzer das Intervall gewählt wird, desto granularer wird die Heatmap und umgekehrt. Die 126 Handelstage lieferten in diesem Zielkonflikt die aussagekräftigste Visuali-sierung. Abbildung 18 zeigt die Heatmap für alle Kennzahlen gerechnet auf Tagesdaten über den vollen untersuchten Zeitraum von 2001 bis 2012. Die Indikation T, V und P steht für Trans-

aktionskosten-, Volumen- und Preiskennzahlen, analog zur Klassifizierung der Kennzahlen zu Beginn dieser Arbeit.

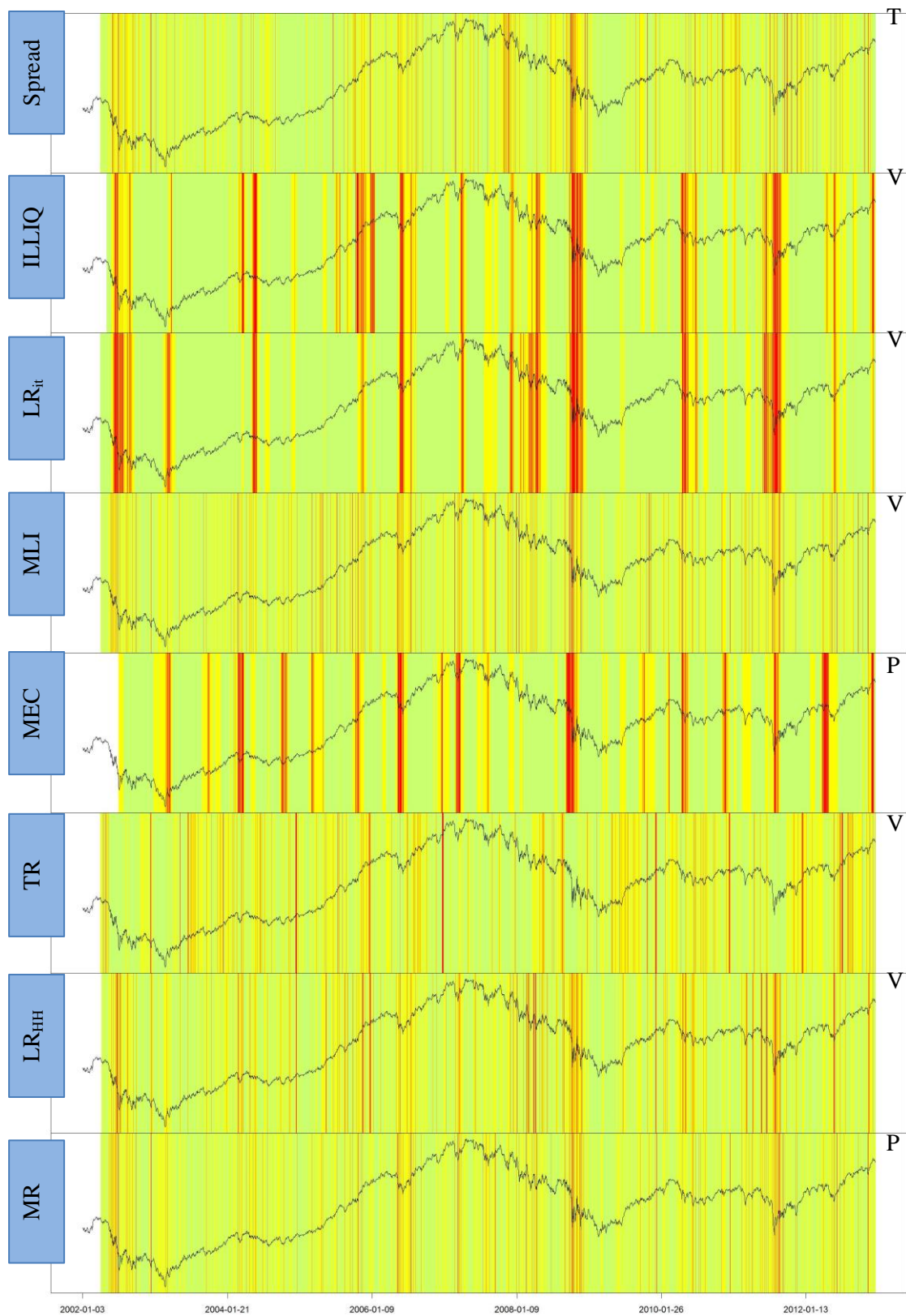


Abbildung 18: Heatmap Tagesenddaten 2001-2012

Ein erster Blick auf die Heatmap verdeutlicht, dass die Kennzahlen unabhängig voneinander häufig dieselben Zeitpunkte als sehr illiquide kennzeichnen. Bedenkt man zusätzlich, dass auch orange oder gelbe Werte bereits auf markant verringerte Liquidität hinweisen, lassen sich deutliche Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen erkennen. Dies obwohl einige Kennzahlen gänzlich unterschiedliche Dimension verwenden, andere sie kombinieren. Dies unterstreicht die zu Beginn dieser Arbeit ausgeführten Erläuterungen, dass sich die Marktliquidität über mehrere Dimensionen erstreckt.

Bei einer genaueren Betrachtung der Heatmap fällt auf, dass sich die Kennzahlen ILLIQ, LR_{it} und MEC sehr ähnlich verhalten, obwohl sie im Grunde unterschiedliche Dimensionen abdecken. Die Erklärung dafür liegt in der Bildung der Masse. Alle drei bilden bereits während der Konstruktion rollende Durchschnitte von vergangenen Zeitperioden und relativieren den gemessenen Wert. Beim Erstellen der Heatmap wurde der Messpunkt erneut zu den letzten 126 Handelstagen relativiert. Dies drückt sich in einer offensichtlich tieferen Granularität der Heatmap aus.

Das in der Heatmap am schlechtesten passende Mass ist die Turnover Ratio, TR. Es zeigt Werte über dem dritten Quantil, wenn andere Kennzahlen unter dem ersten sind und umgekehrt. Eine Erklärung könnte sein, dass es nur das Handelsvolumen abbildet, weder im rollierenden Vergleich über die nahe Vergangenheit noch im Verhältnis zu einer anderen Dimension. Die Heatmap auf Tagesenddaten lässt den Schluss zu, dass die TR zur Messung der Liquidität zu kurz greift.

5.4.2 Korrelationsmatrix Tagesdaten

	T	V	V	V	P	V	V	V	P
Tagesdaten	BidAskSpreadNorm	ILLIQ	conv. Liquidit	MLI	MEC	TR	LRHH	MR	LiqGarch
T BidAskSpreadNorm	1	-0.047	-0.213	0.035	0.044	0.049	-0.096	0.284	0.167
V ILLIQ	-0.047	1	-0.512	0.394	-0.219	0.001	0.612	0.125	0.522
V conv. Liquidity Ratio	-0.213	-0.512	1	-0.182	0.175	-0.150	-0.248	-0.387	-0.430
V MLI	0.035	0.394	-0.182	1	-0.169	0.201	0.342	0.534	0.322
P MEC	0.044	-0.219	0.175	-0.169	1	-0.121	-0.122	-0.117	-0.183
V TR	0.049	0.001	-0.150	0.201	-0.121	1	-0.222	0.206	0.320
V LRHH	-0.096	0.612	-0.248	0.342	-0.122	-0.222	1	-0.001	0.252
V MR	0.284	0.125	-0.387	0.534	-0.117	0.206	-0.001	1	0.323
P LiqGarch	0.167	0.522	-0.430	0.322	-0.183	0.320	0.252	0.323	1

> |0.5
|0.50| <> |0.30|
|0.30| <> |0.20|
j = Tagesdaten und Intraday eingefärbt

Tabelle 5: Korrelationsmatrix Tagesdaten

Bei der Betrachtung der Korrelationsmatrix (siehe Tabelle 5) werden die Erkenntnisse der Heatmap bestätigt. Die erste wesentliche Erkenntnis ist, dass die Vorzeichen der Koeffizienten nicht überall stimmen. Dies bedeutet, wenn ein Mass mit einem hohen Wert Illiquidität kennzeichnet und verglichen wird mit einem Mass, welches Illiquidität mit einem tiefen Wert beschreibt, muss das Koeffizientenvorzeichen, falls eine Korrelation festgestellt wird, negativ sein. Ansonsten charakterisieren die Kennzahlen unterschiedliche Situationen als liquid. Es fällt auf, dass bis

auf eine einzige Korrelation die Turnover Ratio (TR) kaum mit den anderen Kennzahlen korreliert. Dies ist besonders eindrücklich in der Heatmap zu erkennen. Die anderen Unstimmigkeiten bezüglich Vorzeichen sind zu ignorieren, da die Korrelation nahe bei null liegt. Besonders hohe Übereinstimmung zeigt der ILLIQ zum Conventional Liquidity Ratio und HUI-HEUBEL Liquidity Ratio. Das erklärt sich aus der Konzeptionierung der Volumen Kennzahlen. Ebenfalls eine Korrelation von über 50% weist die MR zum MLI auf. Die Ähnlichkeit zwischen dem ILLIQ und der LR zeigt sich deutlich in der Heatmap. Eine – wenn auch geringe – Korrelation zeigen der Bid-Ask-Spread als Transaktionskostenmass mit der Conventional Liquidity Ratio und der MR auf. Die rollierenden Kennzahlen sind untereinander besser korreliert, was einerseits mit ihrer Konzeptionierung als Volumenmass begründet werden kann und andererseits sie auch klarer in ihrer Aussage sind. Dies schlägt sich in der Korrelation nieder. Das später im Kapitel 5.7 eingeführte Liquiditätsmass LiqGARCH weist eine ausserordentlich hohe Korrelation zu sämtlichen Kennzahlen, ausser zum Bid-Ask-Spread und dem MEC, auf. Die bedingte Volatilität im Vergleich mit den anderen Liquiditätskennzahlen scheint eine geeignete Alternative zu sein, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

5.4.3 Konklusion

Die Forschungsfrage 2b kann mit der Heatmap und der Korrelationsmatrix wie folgt beantwortet werden: Zwar weisen die Kennzahlen untereinander über alles gesehen wenig ausgeprägte Korrelationswerte aus, sie bezeichnen aber mehrheitlich dieselben Zeitpunkte als besonders illiquide.

Die Verwendung multipler Massstäbe erscheint am besten geeignet, um Marktliquidität zu messen.

5.5 Analyse einer Extremperiode

Die Periode nach der Lehman-Insolvenz am 15.09.2008 bis Ende November 2008 ist besonders interessant.

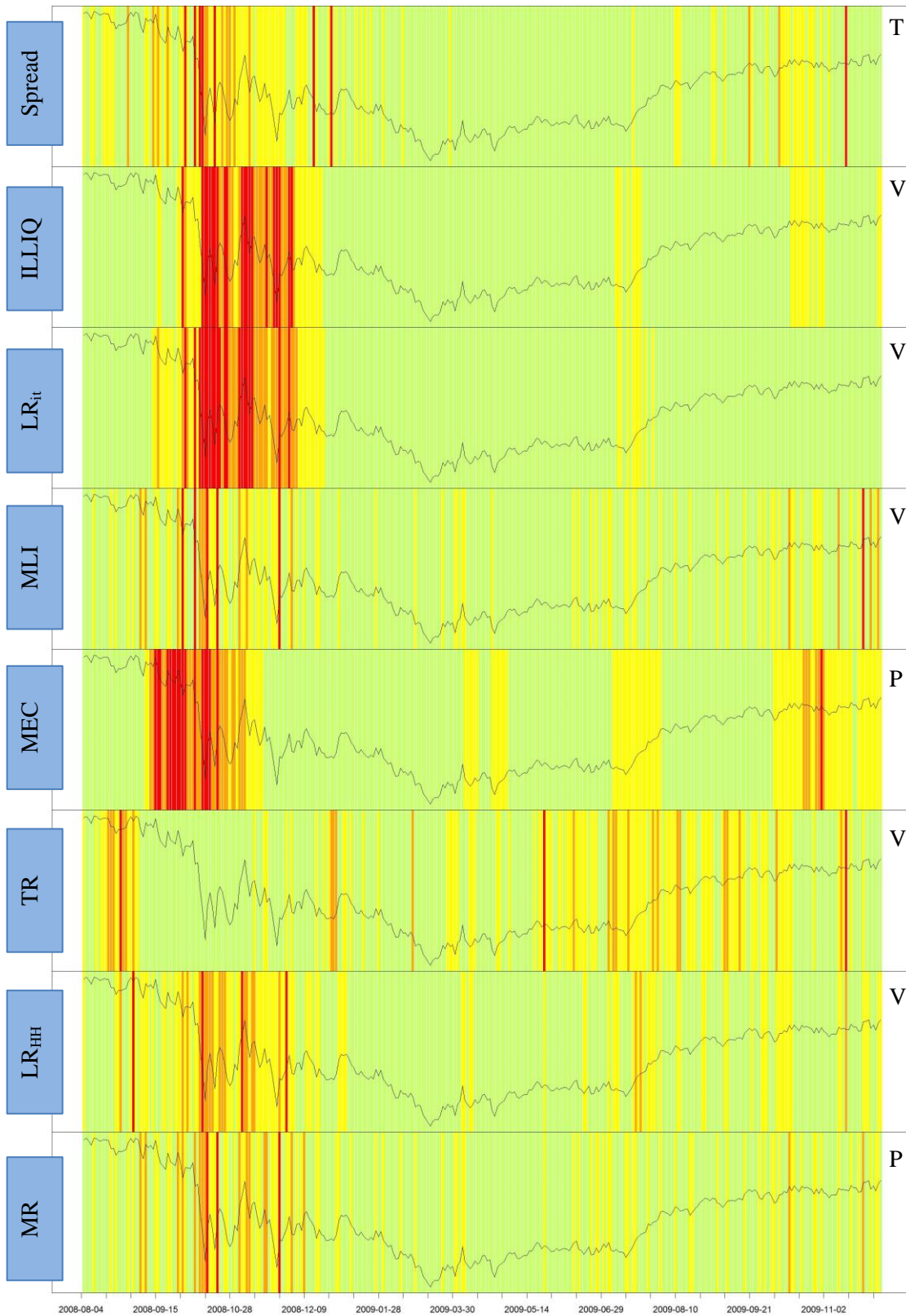


Abbildung 19: Heatmap Tagesenddaten 23.06. - 09.12.2009

Wir nehmen an, dass beim Zusammenbruch von Lehman auch die Liquidität am Schweizer Aktienmarkt geschwunden ist und die nachstehende Liquiditätserholung durch die Intervention der Notenbank herbeigeführt wurde. In Abbildung 19 ist zu erkennen, wie die Liquidität nach dem Zusammenbruch von Lehman Brothers am 15. September 2008 kleiner wird. Am stärksten zeigt sich das beim Market Efficiency Coefficient. Das Turnover Ratio zeichnet ein anderes Bild, da dieses auf die Handelsvolumina abstellt. Die Liquidität scheint gemäss der Heatmap zum Jahresende zurückgekehrt zu sein, was auf die Interventionen der Notenbanken zusammenhängen dürfte.

5.6 Intraday-Analyse

In diesem Teil der Arbeit wird Bezug auf den Minutendatensatz genommen. Auf die detaillierte grafisch-visuelle Analyse wie in Kapitel 5.1 (Untersuchung der Zeitreihe auf Marktereignisse) wird verzichtet. Stattdessen wird der Schwerpunkt dieses Abschnittes auf die Heatmap und Korrelation der Kennzahlen auf Minutendaten gelegt. Die Forschungsfrage, ob die verwendeten Liquiditätskennzahlen auch auf Intradaydaten anwendbar sind, soll mit den erwähnten Mitteln beantwortet werden.

5.6.1 Heatmap Intraday

Bei der Konstruktion der Heatmap (siehe Abbildung 20) auf Intradaydaten wurde das analoge Verfahren angewendet wie bei der Heatmap für Tagesdaten. Die gewählten Quantile sind dieselben. Diesmal wird jeder Minutenwert mit den 510 vorhergehenden Datenpunkten verglichen, was einem vollen Handelstag entspricht. Da wir auf der Zeitachse bei den Intradaydaten über ein halbes Jahr verfügen, kann diese Zeitspanne nicht übersichtlich in einem A4 Plot dargestellt werden. Der gezeigte Ausschnitt enthält nur 3'000 Beobachtungspunkte, was ca. 6 Handelstagen entspricht. Es wurde zufällig ein Zeitintervall gewählt, welches beim Kursverlauf vom SMI-8 etwas Bewegung und somit auch sichtbare Volatilität aufwies.

Ein erster Blick auf die Heatmap mit Intradaydaten zeigt ein sehr ähnliches Bild wie die Heatmap auf Tagesdaten. Sofort fällt auf, dass $ILLIQ$, LR_{it} und MEC erneut fast identische Resultate liefern. Ebenfalls schlagen die meisten Kennzahlen gleichzeitig mit Werten über dem dritten Quantil aus. Zusätzlich scheint der Bid-Ask-Spread etwas deutlichere Resultate zu liefern.

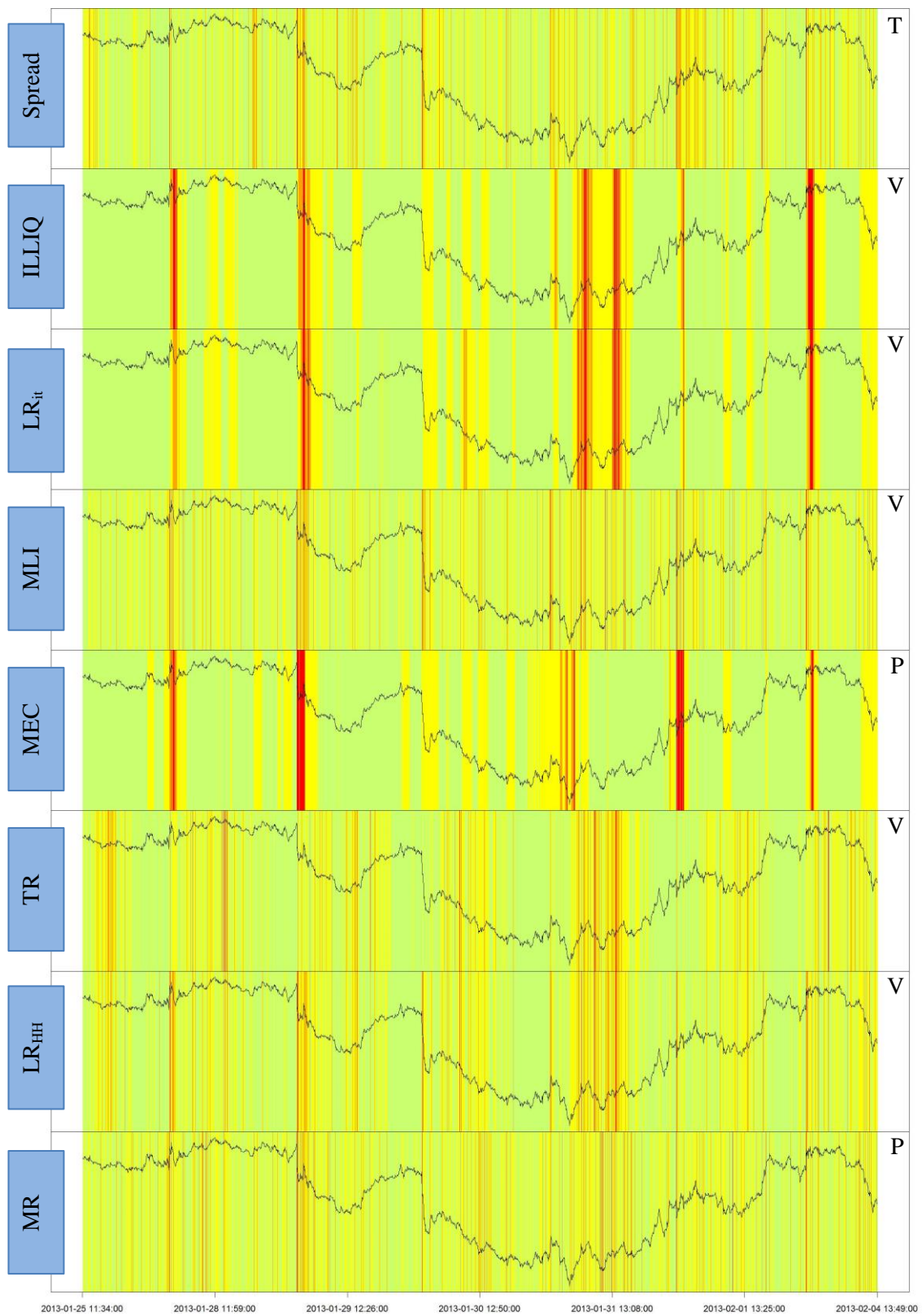


Abbildung 20: Heatmap Intraday

5.6.2 Korrelationsmatrix Intraday

Auf den Intradaydaten sieht die Korrelationsmatrix, wie in Tabelle 6 ersichtlich, anders aus. Hier ist aber auch zu berücksichtigen, welche Zeitintervalle und Dimensionen der Betrachtung ideal in diesem Zeitbereich sind. Die linearen Abhängigkeiten sind deutlich geringer. Es lässt sich jedoch festhalten, dass die hohe Korrelationen zwischen dem ILLIQ und der Liquidity Ratio von HUI/HEUBEL nach wie vor gegeben sind. Ebenfalls wie auf den Tagesdaten, ist die MARSCH/ROCK Ratio korreliert mit dem MLI. Das Turnover Ratio scheint im Vergleich zu den Tagesdaten sehr gut auf Intraday zu funktionieren. Eine mögliche Erklärung dazu ist, dass bei den Intradaydaten pro gestellten Preis ein Volumen vorhanden ist. Hingehen bei den Tagesdaten entspricht das Volumen der Summe der gesamthaft über den Tag gehandelten Titel. Somit steht das Volumen nicht im selben Bezug zu den am Ende des Tages gestellten Preisen. Das Mass war auf Tagesdaten von geringem Nutzen. Es scheint als ob die Kennzahl im Vergleich zu den anderen Massen verzögert reagiert.

Die Korrelationsmatrix erscheint plausibel. Sie zeigt, dass die Kennzahlen illiquide Situationen ähnlich beurteilen.

	T	V	V	V	P	V	V	V	P	
Intraday	BidAskSpreadNorm	ILLIQ	conv. Liquidit	MLI	MEC	TR	LRHH	MR	LiqGarch	
T	BidAskSpreadNorm	1	0.204	-0.147	-0.028	-0.092	0.015	0.201	0.169	0.069
V	ILLIQ	0.204	1	-0.603	0.087	-0.100	-0.286	0.408	0.168	0.047
V	conv. Liquidity Ratio	-0.147	-0.603	1	-0.019	0.108	0.444	-0.301	-0.128	-0.005
V	MLI	-0.028	0.087	-0.019	1	-0.010	-0.009	0.167	0.522	0.018
P	MEC	-0.092	-0.100	0.108	-0.010	1	-0.032	-0.022	-0.037	0.016
V	TR	0.015	-0.286	0.444	-0.009	-0.032	1	-0.455	-0.058	0.020
V	LRHH	0.201	0.408	-0.301	0.167	-0.022	-0.455	1	0.222	0.097
V	MR	0.169	0.168	-0.128	0.522	-0.037	-0.058	0.222	1	0.043
P	LiqGarch	0.069	0.047	-0.005	0.018	0.016	0.020	0.097	0.043	1

> |0.5|
|0.50| <> |0.30|
|0.30| <> |0.20|
= Tagesdaten und Intraday eingefärbt

Tabelle 6: Korrelationsmatrix Intraday

5.6.3 Konklusion

Die Kennzahlen lassen sich auf die Intradaydaten anwenden. Das resultierende Bild lässt sich gut mit den Erkenntnissen aus den Tagesdaten vergleichen, wenn auch die Ausschläge weniger ausgeprägt sind.

5.7 GARCH-Modell als Liquiditätsmass

Da die Volatilität eine Dimension der Liquidität beschreibt, liegt die Idee nahe, die bedingte Volatilität als Liquiditätsmass zu definieren. Eine starke Preisveränderung sorgt für eine hohe Volatilität und beschreibt somit einen weniger liquiden Markt. Die Annahme wird getroffen, dass ein informationseffizienter tendenziell Preisveränderungen zeigt, da die Informationen kontinuierlicher verarbeitet werden.

Ein bekanntes Konzept für die Bestimmung der bedingten Volatilität sind die GARCH-Modelle. ARCH- und GARCH-Modelle eignen sich zur Volatilitätsprognose. Gemäss GRANGER/POON (2003, S. 484) besitzt ein ARCH-Modell die Fähigkeit, mittels des Maximum-Likelihood-Verfahrens, die bedingte Varianz zu schätzen. Mit nachstehender Gleichung wird ε_t (Fehlerterm) beschrieben, wobei z_t eine unabhängige identisch verteilte Zufallsvariable mit Erwartungswert 0 und gleichbleibender Varianz darstellt. h_t ist die bedingte Varianz, welche mit dem ARCH-Modell beschrieben wird (ENGLE 1982).

$$\varepsilon_t = z_t h_t^{1/2}$$
$$h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2$$

Die entscheidende Erweiterung kam durch den Miteinbezug der ARMA-Prozesseigenschaft, die eine sparsame Parametrisierung und eine flexible Lag-Struktur in das Modell aufnimmt. Daraus entstand, vorgeschlagen durch BOLLERSLEV (1986) und TAYLOR (1986), GARCH mit folgender Formel:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}$$

Die Gleichung berücksichtigt die Eigenschaft von Varianzen zu einem Mittelwert tendieren. Um sie anwenden zu können, müssen die Parameter α und β mit der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt werden (ANDERSEN ET AL. 2009, S. 19). Die Chance, dass die Parameter auftreten, soll maximiert werden. Diese Weiterentwicklung erlaubt der konditionellen Varianz, sich über die Zeit zu verändern als eine Funktion der vergangenen Fehler, in dem die nicht-konditionelle Varianz konstant bleibt. HULL (2008, S. 486ff.) liefert eine anwendungsorientierte Erläuterung in diese Thematik. Die wichtigsten Modifikationen des GARCH-Modells werden kurz ausgeführt. EGARCH berechnet die exponentiell bedingte Varianz in logarithmierter Form, so führen negative Schocks in der Folgeperiode zu einer höheren Varianz als positive Schocks. Dieser Ansatz wird vor allem bei Finanzzeitreihen angewendet. TGARCH, GJR-GARCH und QGARCH modellieren nicht-symmetrische Abhängigkeiten und lassen Analysen

über den Verschuldungs, Grenz- oder den Quadratwert des Zusammenhangs zu. Jedoch geht es im Wesentlichen bei allen Modulationen vom klassischen GARCH (1,1) um eine bessere Modellierung der Varianz und deren stylized Facts. Das GARCH(1,1)-Modell wurde von BRAILSFORD/FAFF (1996, S. 428ff.) für den australischen Aktienmarkt angewandt, um eine Volatilitätsprognose entsprechend der vorliegenden Arbeit zu tätigen. Sie finden Eindeutigkeit für dessen Prävalenz gegenüber klassischen Modellen.

Als erster Versuch wurde ein GARCH (1,1) geschätzt. Die Wahl erfolgte aufgrund der häufigen Verwendung des GARCH (1,1) als erster Ansatz. Es soll festgestellt werden, ob sich ein weiteres Verfolgen dieses Konzepts lohnt. Eine Untersuchung der besten Modellierung der bedingten Volatilität ist anzustreben. Das hier vorgeschlagene Mass errechnet zu jedem Zeitpunkt t die Liquidität. Es wird in regelmässigen Intervallen neu geschätzt. Hierbei kann sowohl die Häufigkeit der Schätzung als auch die Länge des für die Schätzung verwendeten Datenintervalls gewählt werden. Es werden stets nur vergangene Beobachtungen verwendet, um das aktuelle Liquiditätsmass zu bestimmen.

	T	V	V	V	P	V	V	V	P	
Tagesdaten	BidAskSpreadNorm	ILLIQ	conv. Liquidit	MLI	MEC	TR	LRHH	MR	LiqGarch	
T	BidAskSpreadNorm	1	-0.047	-0.213	0.035	0.044	0.049	-0.096	0.284	0.167
V	ILLIQ	-0.047	1	-0.512	0.394	-0.219	0.001	0.612	0.125	0.522
V	conv. Liquidity Ratio	-0.213	-0.512	1	-0.182	0.175	-0.150	-0.248	-0.387	-0.430
V	MLI	0.035	0.394	-0.182	1	-0.169	0.201	0.342	0.534	0.322
P	MEC	0.044	-0.219	0.175	-0.169	1	-0.121	-0.122	-0.117	-0.183
V	TR	0.049	0.001	-0.150	0.201	-0.121	1	-0.222	0.206	0.320
V	LRHH	-0.096	0.612	-0.248	0.342	-0.122	-0.222	1	-0.001	0.252
V	MR	0.284	0.125	-0.387	0.534	-0.117	0.206	-0.001	1	0.323
P	LiqGarch	0.167	0.522	-0.430	0.322	-0.183	0.320	0.252	0.323	1

> 0.5
0.50 <> 0.30
0.30 <> 0.20
f = Tagesdaten und Intraday eingefärbt

Tabelle 7: Korrelationsmatrix inkl. LiqGARCH Tagesdaten

Die ersten Resultate überraschen speziell im Vergleich zu den anderen Kennzahlen. Auf den Tagesdaten ist eine hohe Korrelation zwischen der bedingten Volatilität und den restlichen Kennzahlen festzustellen. Die interessanteste Korrelation ist die zwischen dem Turnover Ratio und der bedingten Volatilität, da diese beiden Kennzahlen die Liquidität grundsätzlich unterschiedlich definieren. Ein tiefes Turnover Ratio ist gemäss der Proponenten dieser Liquiditätskennzahl einem eher illiquiden Markt zuzuordnen. Hingegen würde eine hohe bedingte Volatilität für einen illiquiden Markt sprechen. Die Korrelation dieser beiden Kennzahlen müsste demzufolge negativ sein. Dies ist aber nicht der Fall. Es scheint, als könne ein hohes Handelsvolumen oder eine tiefe Volatilität nicht zwangsläufig einem liquiden Markt zugeordnet werden. Mit allen Kennzahlen ausser dem normierten Bid-Ask-Spread und MEC wurde eine Korrelation von durchschnittlich 0.36 festgestellt (siehe Tabelle 7).

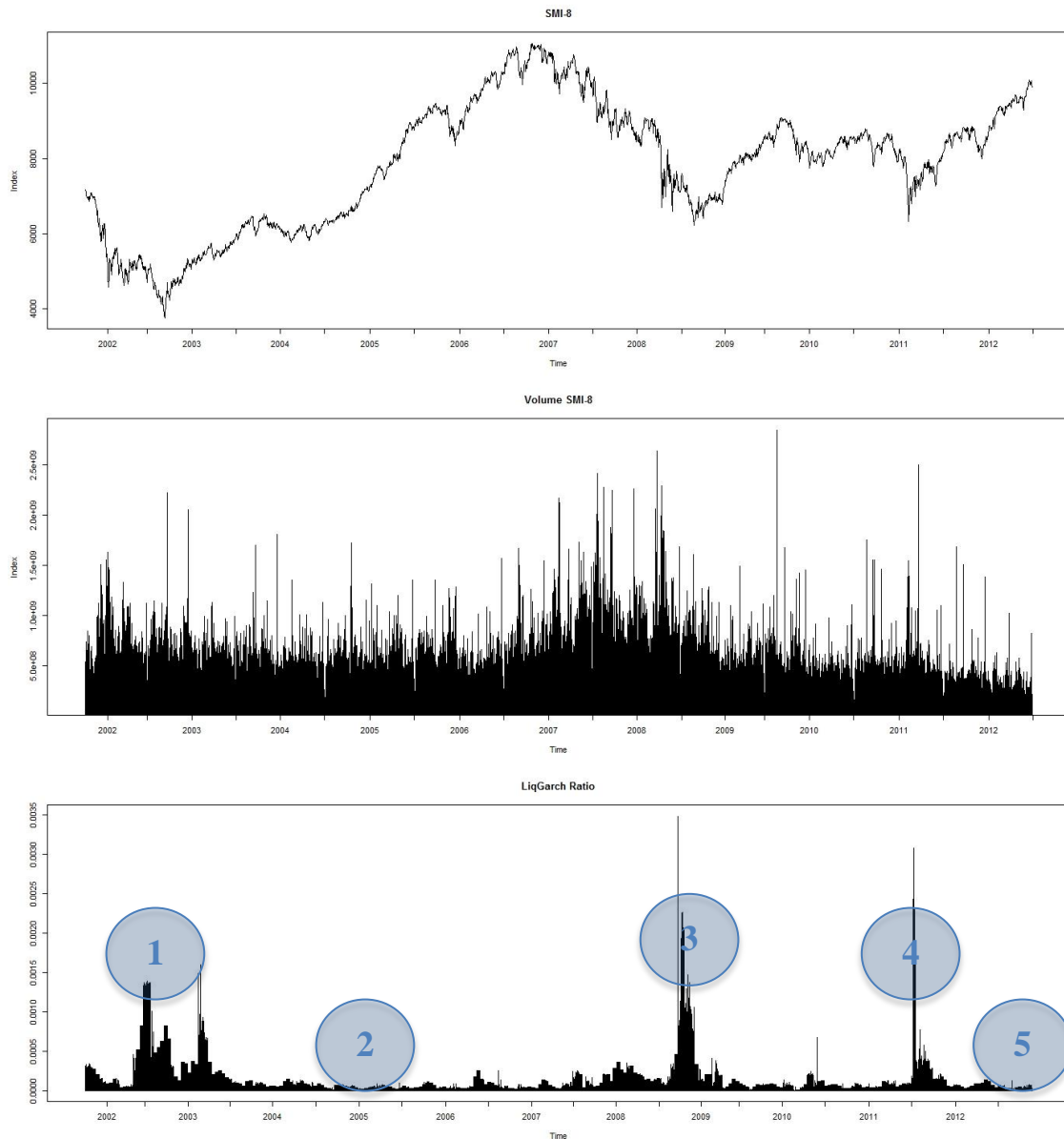


Abbildung 21: LiqGARCH

Das angewandte GARCH-Modell gibt alle fünf Marktereignisse wieder. Das Mass schlägt bei der DotCom-Blase, der Finanzkrise- und Verschuldungskrise aus. Die Wirtschaftsaufschwünge zeigen sich in den ruhigen Abschnitten des Verlaufs (siehe Abbildung 21). LiqGARCH besteht so den heuristischen Test. In der Heatmap auf Tagesenddaten (Abbildung 22) zeigt sich, dass das Modell an denselben Stellen wie die anderen acht Liquiditätskennzahlen ausschlägt. Aufgrund der rollierenden Berechnung zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim ILLIQ, LR_{it} und MEC. Das GARCH-Modell kann durch die verschiedenen Analysen erkennbar als gleichwertiges Liquiditätsmass und damit als interessante Alternative angesehen werden.

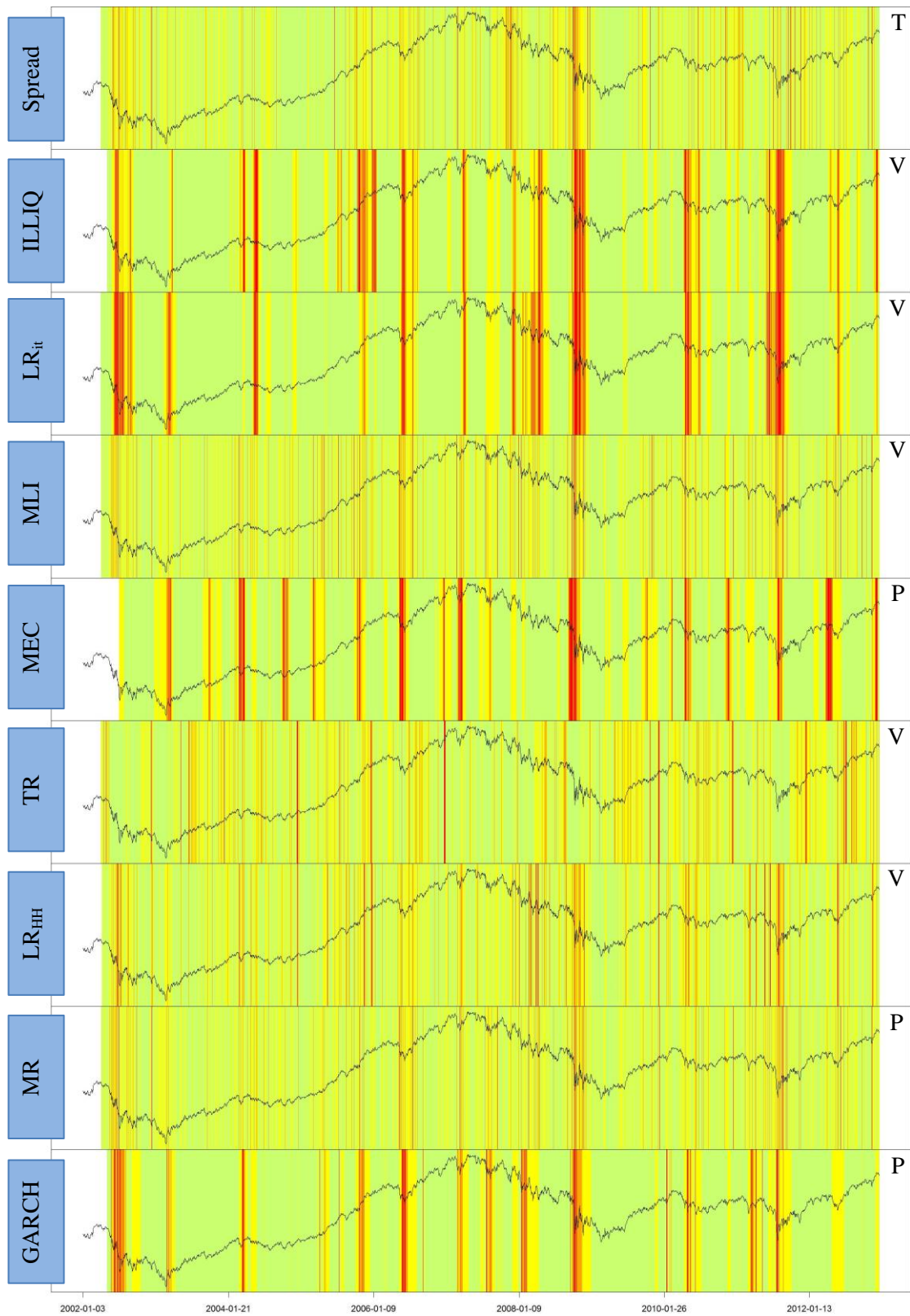


Abbildung 22: LiqGARCH Heatmap Tagesenddaten

5.7.1 Konklusion

Die ersten Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass die bedingte Volatilität ein ebenbürtiges Liquiditätsmass ist. Auf Tagesdaten wird zu fast allen Kennzahlen eine hohe Korrelation erreicht. Die Anwendung des Konzepts der bedingten Volatilität erscheint vielversprechend.

6 Schlussfolgerungen

Diese Arbeit zeigt, dass es besser ist, verschiedene Liquiditätskennzahlen parallel zu verwenden, um illiquide Phase zu identifizieren. Das zusätzlich geschätzte GARCH-Modell liefert erfreulich gute Ergebnisse. Durch das Miteinbeziehen mehrerer Liquiditätsdimensionen kann ein Aktienmarkt oder einzelne Titel auf Liquiditätsveränderungen hin untersucht und darauf reagiert werden.

Wie im Literaturresearch ersichtlich, wurde eine Vielzahl von Liquiditätskennzahlen basierend auf Tagesenddaten beschrieben und untersucht. Die Implementierung eines automatischen Warnsystems, wie zum Beispiel in der Arbeit aufgezeigten Heatmap, kann als wichtige Entscheidungsgrundlage dienen. Weitere Untersuchungen auf diesem Datenlevel sollten ein Augenmerk auf die Prognosefähigkeit der Kennzahlen legen. In der Literatur findet sich dazu bislang wenig.

Aufgrund der heuristischen und der relativen Analyse von Tagesenddaten und Intraday-Daten werden die folgenden Kennzahlen als besonders nützlich für die Evaluation der Marktliquidität eingeschätzt:

- Liquidity Ratio
- ILLIQ
- Market Efficiency Coefficient
- Bedingte Volatilität (GARCH-Modell)

Dies soll nicht bedeuten, dass andere Kennzahlen grundsätzlich ungeeignet wären. Vielmehr ist dies eine relative Bewertung anhand des heuristischen Massstabes. Zudem ist einschränkend zu bemerken, dass diese heuristische Analyse von der Richtigkeit der a-priori definierten Erwartung zur Entwicklung der Marktliquidität abhängt.

Die relative Analyse basierte auf einer innovativen Visualisierung der gemeinsamen Ausschläge der Marktliquiditätskennzahlen mittels einer Heatmap.

Die bedingte Volatilität (im Rahmen eines GARCH-Modells) scheint ein Liquiditätsmass zu sein, das noch ein vielversprechendes Entwicklungspotential besitzt. Wir regen an, dass dieses Konzept in der Marktliquiditätsforschung stärker Verwendung findet.

Literaturverzeichnis

- AMIHUD, Y./MENDELSON, H. (1991). *Liquidity, Asset Prices and Financial Policy*. In: Financial Analyst Journal, 47 (6), S. 56-66.
- AMIHUD, Y. (2002). *Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects*. In: Journal of Financial Markets, 5, S. 31-56.
- ANDERSEN, T./DAVIS, R./KREISS, J.-P./MIKOSCH T. (2009). *Handbook of financial time series*. Berlin: Springer.
- BOLLERSLEV, T. (1986). *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*. In: Journal of Econometrics, 31, S. 307-327.
- BRAILSFORD, T. / FAFF, R. (1995). *An evaluation of volatility forecasting techniques*. In: Journal of Banking&Finance, 20, S. 419-438.
- BRUNNER, A. (1996). *Messkonzepte zur Liquidität auf Wertpapiermärkten*. 1. Auflage, Frankfurt am Main: Institut für Kapitalmarktforschung.
- CHAN, J./ HONG, D./SUBRAHAMANYAM, M. (2006). *A tale of two prices: Liquidity and asset prices in multiple markets*. Working Paper.
- DEVAY, S. (2003). *Essays on financial market liquidity under market duress*. Dissertation. Florida State University.
- ENGLE, R. (1982). *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation*. In: Econometrica, 50, S. 987-1007.
- FERNANDEZ, F.A. (1999). *Liquidity risk*. SIA Working Paper.
- FRIEDERICH, T./KRAUS, C./ZAGST, R. (2012). *ILLIX – A New Index for Quantifying Illiquidity*. In: Journal of Financial Transformation, 34, S. 183-193.
- GABRIELSON, A./ MARZO, M./ZAGAGLIA P. (2011). *Measuring market liquidity: An introductory survey*. Working Paper DSE N° 802.
- GOMBER, P./SCHWEICKERT, U./THEISSEN E. (2004). *Zooming in on Liquidity*. Working Paper.
- GRANGER, J.G./ POON, S.-H. (2003). *Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review*. In: Journal of Economic Literature. Vol. XLI S. 478-539.
- HASBROUCK, J./SCHWARTZ, A. (1988). *Liquidity and execution costs in equity markets*. In: The Journal of Portfolio Management, S. 10-16.

HUI, B./HEUBEL, B. (1984). *Comparative Liquidity Advantages Among Major U.S. Stock Markets*. DRI Financial Information Group Study Series.

HULL, J.C. (2008). *Options, futures and other derivatives*. 7. Auflage. New Jersey: Pearson Education.

KORTE, J. (2010). Unter Ausschluss der Öffentlichkeit. Financial Times Deutschland. URL: <http://www.ftd.de/finanzen/maerkte/marktberichte/:wall-streeter-unter-ausschluss-der-oeffentlichkeit/50060624.html> [14.05.2013]

MCNEIL, J./FREY, R./EMBRECHTS, P. (2005). *Quantitative Risk Management*. Princeton University Press.

MARSH, T./ROCK, K. (1986). *Exchange Listing and Liquidity: A Comparison of the American Stock Exchange with the NASDAQ National Market System*. American Stock Exchange Transaction Data Research Project, Report No. 2.

MARTIN, P. (1975). *Analysis of the Impact of Competitive Rates on the Liquidity of NYSE Stocks*. Economic Staff Paper, Securities and Exchange Commission, 75 (3).

O'HARA, M. (1995). *Market Microstructure Theory*. Blackwell, Malden.

PRISTAS, G. (2008). *Limit Order Book Dynamics and Asset Liquidity*. 1. Auflage, Göttingen: Cuvillier.

RANALDO, A. (2001). *Intraday Market Liquidity on the Swiss Stock Exchange*. In: Financial Markets and Portfolio Management, Vol. 15 (3), S. 309 – 327.

SARR, A./LYBEK, T. (2002). *Measuring Liquidity in Financial Markets*. IMF Working Paper WP/02/232.

SIX SWISS EXCHANGE (2013a). *On Order Book Functionality*. Zürich, URL: www.six-swiss-exchange.com/download/participants/regulation/trading_guides/on_order_book.pdf [Abruf: 27.09.2013]

SIX SWISS EXCHANGE (2013b). *Market Model Overview*. Zürich, URL: www.six-swiss-exchange.com/download/participants/regulation/trading_guides/market_model.pdf [Abruf: 27.09.2013]

SIX SWISS EXCHANGE (2013c). *Indexzusammensetzung Ein- und Austritte seit 30. Juni 1988*. Zürich, URL: http://www.six-swiss-exchange.com/indices/shares/smi_de.html [Abruf: 27.09.2013]

STAHEL, C. (2004). *International stock market liquidity*. Dissertation. Ohio State University.

TANNOUS, G./WANG, J./WILSON, C. (2013). *The intraday pattern of information asymmetry, spread and depth: evidence from the NYSE*. In: *International Review of Finance*, 13(2), S. 215 - 240.

TAYLOR, S. (1986). *Modelling Financial Time Series*. Wiley: Chichester.

VON WYSS, R. (2004). *Measuring and Predicting Liquidity in the Stock Market*. Universität St. Gallen, Thesis. Novidea di Luigi Hofmann.