



# NETZWERKBASIERTE ANALYSE UND EXPLORATION VON FINANZMÄRKTEN

Christian Conrad

Auszug aus dem Jahresbericht  
2017 / 2018 des Marsilius-Kollegs





## NETZWERKBASIERTE ANALYSE UND EXPLORATION VON FINANZMÄRKTEN

Warum schwanken Aktienkurse? Warum sind Finanzmärkte mal mehr und mal weniger turbulent? Wie lassen sich Abhängigkeiten in den Kursverläufen zweier Aktien – wie z. B. gleich- oder gegenläufige Tendenzen – erklären und welchen Einfluss sollten sie auf finanzielle Entscheidungen haben?

In der Volkswirtschaftslehre werden die vorangestellten Fragen mit dem Eintreffen von neuen, d. h. überraschenden, Informationen bzw. Nachrichten beantwortet. Neue Informationen führen zu Revisionen in Erwartungen über zukünftige Dividendenzahlungen und zukünftige Renditen, was zu unmittelbaren Preisveränderungen heute führt. Beispielsweise lässt sich der starke Anstieg der Volatilität am US Aktienmarkt Anfang Februar 2018 mit der Veröffentlichung eines unerwartet hohen Anstiegs der durchschnittlichen Stundenlöhne und der damit einhergehenden Erwartung steigender Inflationsraten und höherer Zinsen erklären. Da sowohl überraschend positive wie negative Nachrichten zu Preisveränderungen führen, geht es an den Finanzmärkten immer dann turbulent zu, wenn viele Nachrichten zeitgleich eintreffen, wobei die empirische Evidenz nahelegt, dass Investoren sensitiver auf negative als auf positive Nachrichten reagieren.

Die ökonomische Theorie, dass die Volatilität, d. h. die Schwankungsintensität, der Finanzmärkte durch neue Informationen bestimmt wird, lässt sich empirisch gut belegen. So wurde in vielen Studien zu „Ankündigungseffekten“ gezeigt, dass sowohl makroökonomische Nachrichten (z. B. über das BIP-Wachstum oder bezüglich



geldpolitischer Entscheidungen) als auch unternehmensspezifische Nachrichten (z. B. Quartalsberichte) einen unmittelbaren und signifikanten Einfluss auf Aktienmärkte bzw. auf spezifische Aktien haben.

Da die gerade erwähnte empirische Evidenz aber in der Regel auf einer relativ kleinen Anzahl von Ankündigungen beruht, für die zudem ex-ante der genaue Ankündigungszeitpunkt sowie die „Markterwartung“ bekannt sind, lässt sich mit diesem Ansatz nur ein vergleichsweise kleiner Teil der beobachtbaren Finanzmarktvolatilität erklären. Demgegenüber bleibt eine Vielzahl von Nachrichten, die sich beispielsweise auf diversen Online-Nachrichtenportalen finden und immer mehr an Bedeutung gewinnen, unberücksichtigt.

Ein Ausgangspunkt für das gemeinsame Forschungsprojekt mit meinem Fellow-Partner, Michael Gertz vom Institut für Informatik (siehe Bericht S. 94), war daher zunächst die Idee, Methoden aus der Informatik zur automatisierten Erfassung und Aufbereitung von Informationen, die auf den Webseiten diverser Nachrichtenportale

verfügbar sind, zu verwenden, um eine deutlich breitere Datenbasis von ökonomisch relevanten Nachrichten zu erstellen.

Nach eingehender Diskussion haben wir unsere Forschungsfrage zunächst dahingehend konkretisiert, ausschließlich unternehmensspezifische Nachrichten zu betrachten und hierbei ein besonderes Gewicht auf solche Nachrichten zu legen, die für mehr als ein Unternehmen relevant sein könnten. Unsere Motivation für diesen Ansatz lag darin, neben den Effekten von Nachrichten auf individuelle Aktienkurse auch die Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Aktien zu erfassen und mögliche Dynamiken in den Abhängigkeiten über Netzwerkstrukturen zu repräsentieren.

Sowohl in der Volkswirtschaftslehre als auch in der Informatik haben Methoden zur Modellierung und Analyse von Netzwerken in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. In der Volkswirtschaftslehre wurden vor dem Hintergrund der Erfahrungen während der Finanzkrise von 2007/08 beispielsweise verschiedene netzwerkbasierende Ansätze entwickelt, um die Übertragung von Risiken zwischen Finanzinstitutionen bzw. die Beiträge einzelner Finanzinstitutionen zum gesamten systemischen Risiko des Bankensektors zu modellieren.

In der Finanzmarktökonomie stellen VektorAutoRegressive (VAR) Modelle ein wesentliches Instrument zur Modellierung von Netzwerken dar. Beim VAR-Ansatz werden simultan die Zeitreihen z. B. der monatlichen realisierten Volatilitäten der Aktienkursrenditen verschiedener Finanzinstitutionen in Abhängigkeit von den vergangenen Beobachtungen der Zeitreihen modelliert. Das VAR-Modell hat somit zum Ziel, zukünftige Realisationen anhand von in der Vergangenheit beobachteten Werten zu prognostizieren. Aus der Varianz der hieraus resultierenden Prognosefehler lassen sich Maße dafür bestimmen, welche gerichteten Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Finanzinstitutionen bestehen. Schließlich lässt sich aus der Schätzung des VAR-Modells ein dynamisches Netzwerk konstruieren. Hierbei bilden die einzelnen Finanzinstitutionen die „Knoten“, die über „Kanten“, welche mit den Abhängigkeitsmaßen gewichtet werden, verbunden sind.

Während die in der Volkswirtschaftslehre verwendeten VAR-Modelle auf direkt beobachtbaren Zeitreihen, wie z. B. den oben erwähnten realisierten Volatilitäten, beruhen, war unser Projektansatz darauf ausgerichtet, Netzwerkstrukturen basierend auf den von uns erfassten Nachrichten beobachtbar zu machen. Konkret

bedeutet dies, dass sich mit Hilfe unseres Ansatzes ein zweites Netzwerk für den gleichen Sachverhalt bestimmen lässt. Hieraus ergibt sich dann naheliegender Weise die Frage, wie sich Ähnlichkeiten zwischen zwei Netzwerken quantifizieren lassen.

In unserer empirischen Analyse haben wir uns auf die 100 Unternehmen aus dem US-amerikanischen Aktienindex S&P 100 sowie teilweise auf Unternehmen aus dem S&P 500 fokussiert. Für diese 100 Unternehmen konnten wir anhand verschiedener Datenquellen (u. a. Yahoo! Finance) auf die Zeitreihen der jeweiligen Aktienkurse zurückgreifen. Anhand dieser Zeitreihen haben wir zunächst eine Vielzahl der in der Finanzmarktökonomie üblicherweise betrachteten Abhängigkeitsmaße konstruiert, inklusive der daraus resultierenden dynamischen Netzwerke.

Zur Erfassung der Inhalte der Online-Nachrichtenportale waren vorab eine Reihe von Fragen zu klären. Welche Online-Nachrichtenportale sollen berücksichtigt werden? Welche Inhalte sollen erfasst werden? Welche technischen Restriktionen bestehen bei der Erfassung und Auswertung der Daten?

In einem ersten Schritt haben wir uns dafür entschieden, zunächst die Inhalte von zehn Nachrichtenportalen, darunter Reuters, USA Today und New York Times, auszuwerten. Erfasst wurden sämtliche Nachrichten, in denen mindestens eines der Unternehmen aus dem S&P 100 erwähnt wurde. Wir haben also zunächst bewusst darauf verzichtet, den Inhalt der Nachrichtentexte auszuwerten. Stattdessen wurden lediglich die Nennungen von Unternehmensnamen berücksichtigt. Die Datenerfassung und Aufarbeitung erfolgte seit Januar 2016 und läuft seitdem kontinuierlich weiter. Unser ganz besonderer Dank gilt hierbei Herrn Felix Stern, einem Informatikstudierenden, der uns bei der Datenaufbereitung stark unterstützte.

Erste deskriptive Auswertungen der Daten belegen, dass bereits die Rohdaten interessante Informationen enthalten. So zeigt Abbildung 1 für die Quartale Q1 2016 bis Q4 2017 die Anzahl der Nachrichtenartikel, in denen jedes Unternehmen mindestens einmal namentlich genannt wurde. Die Abbildung illustriert zum einen, dass sich der größte Teil der Nachrichten stark auf relativ wenige Unternehmen konzentriert und zum anderen, dass die Nennungshäufigkeit je Unternehmen über die einzelnen Quartale relativ konstant ist. Zudem ergaben die Auswertungen, dass eine sehr starke Konzentration der Nachrichten auf das Reuters Onlineportal vorliegt. Wie erwartet, bestätigten deskriptive Analysen eine stark positive Korrelation zwischen der reali-

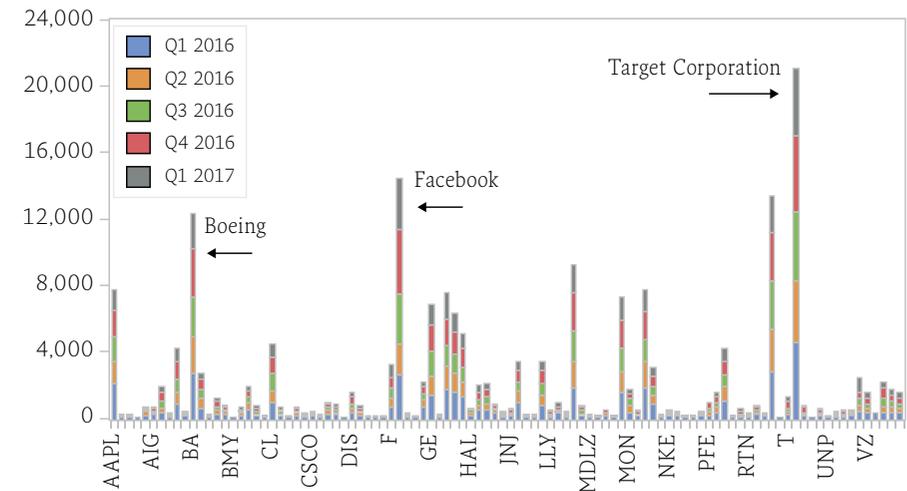


Abbildung 1: Die Graphik zeigt die absolute Häufigkeit, mit der jedes Unternehmen des S&P 100 in Nachrichtenartikeln der zehn Online-Nachrichtenportale je Quartal erwähnt wurde. Zeitraum: Q1 2016 bis Q4 2017.

tierten Volatilität eines Aktienkurses (berechnet aus den täglichen Preisveränderungen) und der Häufigkeit der Nennung des betreffenden Unternehmens auf verschiedenen Nachrichtenportalen.

Vor dem Hintergrund der eingehenden Diskussion unserer vorläufigen Ergebnisse im Fellow-Seminar im Juni 2017 und dem damit verbundenen Feedback durch unsere Fellow-KollegInnen haben wir uns im zweiten Abschnitt des Projekts verstärkt auf die Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Aktienkursen verschiedener Unternehmen fokussiert und diese aus unterschiedlichen Perspektiven untersucht.

Beispielhaft möchte ich an dieser Stelle eine Anwendung aus dem Bereich der Portfolioallokation vorstellen. Zur Erstellung optimaler Portfolios werden im Allgemeinen Informationen über die erwarteten Renditen sowie die Abhängigkeiten, d. h. die Kovarianzen, zwischen den Renditen der im Portfolio zusammengefassten Aktien benötigt. Falls ein Investor das Ziel verfolgt, die Portfoliovarianz zu minimieren, sind lediglich die Kovarianzen von Bedeutung. Die optimalen Gewichte des sogenannten *Minimum-Varianz-Portfolios* lassen sich dann als Funktion der Kovarianzmatrix bestimmen. In einer Anwendung auf 100 Aktien, die zufällig aus dem S&P 500 für den Zeitraum 1998 - 2017 ausgewählt wurden, ergibt sich, dass auf die

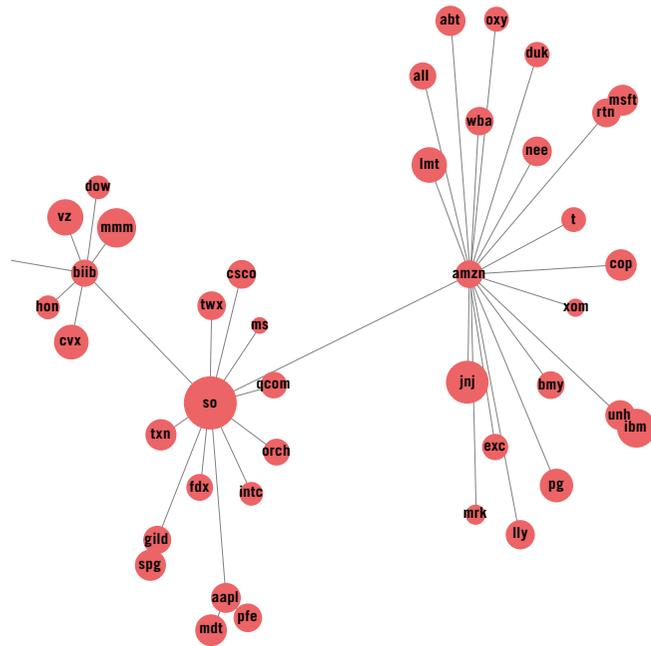


Abbildung 2: Die Graphik zeigt einen Ausschnitt des Minimum Spanning Tree, welcher auf Basis der Kovarianzmatrix von 100 Aktien aus dem S&P 500 erstellt wurde.

Aktie des Energieversorgers Southern Company (SO) mit knapp 23% das größte Gewicht entfällt. Danach folgen die Aktien von Johnson & Johnson (JNJ) mit 11 %, McDonald's (MCD) mit 8 % und 3M (MMM) mit wiederum 8 %. Dass auf diese vier Aktien das größte Gewicht im Minimum-Varianz-Portfolio gelegt wird, hängt zum einen damit zusammen, dass die Aktien dieser Unternehmen wenig volatil sind. Zum anderen ergeben sich über die Korrelationsstruktur dieser Aktien mit allen anderen Aktien sogenannte Diversifikationseffekte. Da die Kovarianzmatrix der 100 Aktien über 5050 unterschiedliche Einträge (100 Varianzen sowie 4950 Kovarianzen) verfügt, lassen sich potentielle Diversifikationseffekte nicht allein durch eine „sorgfältige Betrachtung“ der Matrix erkennen.

Um die Korrelationsstruktur besser zu verstehen, haben wir auf den in der Informatik weit verbreiteten Ansatz der sogenannten *Minimum Spanning Trees* (MST) zurückgegriffen. Vereinfacht gesagt visualisiert der MST die in der Kovarianzmatrix enthaltene Information über ein aus Knoten und Kanten bestehendes Netzwerk. Die entstehende Netzwerkstruktur wird hierbei wesentlich von einem vorab festzulegenden

Abstandsmaß bestimmt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das üblicherweise in Anwendungen in der Informatik verwendete Abstandsmaß für unsere spezielle Anwendung im Bereich der Portfolioselektion ungeeignet war. Ein auf unsere Anwendung hin modifiziertes Abstandsmaß hat dagegen zu ersten, vielversprechenden Ergebnissen geführt. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt des für die 100 ausgewählten Aktien generierten MST. Hierbei wird deutlich, dass die Aktien der Unternehmen SO, JNJ und MMM jeweils in unterschiedlichen „Clustern“ des Netzwerks wiederzufinden sind, wobei SO den „Hub“ eines dieser Cluster bildet. Der MST macht somit deutlich, dass Diversifikationseffekte erzielt werden können, indem jeweils starke Gewichte auf Unternehmen aus verschiedenen Clustern gelegt werden. In einem nächsten Schritt lässt sich dann die Dynamik des Netzwerks betrachten: Ändert sich die Korrelationsmatrix über die Zeit, so verändert sich die Netzwerkstruktur und somit die optimalen Portfoliogewichte.

Unsere vorläufigen Ergebnisse zeigen, wie sich Methoden aus der Informatik und den Wirtschaftswissenschaften gewinnbringend kombinieren lassen. Hierbei ist jedoch die Anpassung der Methodik aus einer Disziplin auf die Fragestellung der anderen Disziplin die größte Herausforderung. Wir konnten im Verlauf des Projekts durch viele spannende und anregende Diskussionen unter den Projektpartnern, aber auch durch den Austausch mit unseren Fellow-KollegInnen bisher nur eine erste Annäherung an die notwendigen Modifikationen erreichen. Bei der Weiterführung des Projekts werden wir uns insbesondere noch eingehender mit der Frage der inhaltlichen Auswertung der Nachrichten, der Modellierung dynamischer Netzwerke sowie der Quantifizierung von Ähnlichkeiten zwischen beobachteten Netzwerkstrukturen befassen.

Das Marsilius-Jahr und den interdisziplinären Austausch sowohl mit meinem Projektpartner Michael Gertz als auch mit den übrigen Fellow-KollegInnen empfand ich wissenschaftlich und persönlich als große Bereicherung. Das Marsilius-Kolleg hat uns mit den Fellow-Seminaren und dem Marsilius-Retreat herausragende Plattformen für einen äußerst intensiven und stimulierenden Diskurs über die Denk- und Arbeitsweisen der unterschiedlichen Disziplinen geboten und mir damit nicht nur wichtige Impulse für meine Forschung am gemeinsamen Projekt geliefert, sondern auch eine neue Perspektive auf mein eigenes Fach eröffnet.