

1 Einführung

1.1 Problemstellung

Im Asset Management stellt sich dem Investor die zentrale Aufgabe der adäquaten Verteilung des Anlagekapitals auf die verschiedenen Investitionsalternativen. Dieses Kapitalanlageentscheidungsproblem liegt prinzipiell jeder Investitionsentscheidung zugrunde. Das moderne Asset Management verwendet mathematische Optimierungskalküle wie z.B. die Portfolio Selection nach MARKOWITZ (1952). Solche Optimierungskalküle basieren insbesondere auf der Betrachtung der Renditen der Anlagealternativen als stochastische Zufallsvariablen und auf der Annahme, dass die zukünftigen Erwartungswerte, Varianzen und Kovarianzen der Renditeverteilungen bekannt sind oder zumindest näherungsweise bestimmt werden können. Die wahre Verteilung der Renditen ist jedoch nicht beobachtbar. Aus der Vergangenheit sind lediglich frühere Realisationen der als Zufallsvariablen verstandenen Renditen bekannt. Anhand dieser Vergangenheitswerte können zukünftige Erwartungswerte und die Kovarianzmatrix niemals zweifelsfrei bestimmt, sondern bestenfalls geschätzt werden: „Since the future is not known with certainty, it must be ‘expected’ or ‘anticipated’ returns“¹.

Zur Prognose der für das Asset Management notwendigen Rendite- und Risikoerwartungen existieren grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Neben der qualitativen Analyse durch menschliche Kapitalmarktexperten gewinnen quantitative Modelle, die mittels aller verfügbaren Informationen und ökonometrischer Modelle konkrete Rendite- und Risikoprognosen berechnen, immer mehr an Bedeutung: „The world of active portfolio management has been changing over the last few years to become more quantitative in nature. This trend is inspiring because it lends itself to a more controlled approach to asset management, which ultimately benefits individual and institutional investors.“² Durch den Einsatz quantitativer Methoden in automatisierten Entscheidungssystemen im Asset Management soll eine streng rationale Umsetzung eines Anlagekonzeptes erreicht werden, da Risiken, Kosten und Wartezeiten, die durch den Entscheidungsfindungsprozess menschlicher Manager entstehen, teilweise vermieden werden können. Der Einsatz automatisierter Entscheidungs- bzw. Entscheidungsunterstützungssysteme reicht vom

¹ MARKOWITZ (1952) S. 77.

² CHINCARINI und KIM (2006) S. xvii.

algorithmischen Intraday-Handel¹ über Index Tracking, Titelselektion und die taktische Asset Allokation bis hin zur strategischen Ausrichtung der Investments. Bei einem qualitativen Management kommen quantitative Modelle zur Vorauswahl zum Einsatz (sog. Entscheidungsunterstützungssystem). Mit quantitativen Methoden sind Strategien umsetzbar, die aufgrund der Komplexität der relevanten Daten und/oder der Reaktionsgeschwindigkeit der Finanzmärkte nur von Computern zu bewältigen sind. Der Einsatz quantitativer Methoden gilt daher als unumgänglich für Finanzdienstleister.² Rein quantitativ gemanagte Produkte zeigten über die letzten Jahre einen enormen Mittelzufluss, wie Abbildung 1.1 zeigt.³ Quantitativ gemanagte US-Large-Caps-Fonds haben im Zeitraum von Anfang 2002 bis Ende 2004 die übrigen US-Large-Caps-Fonds bei geringerer Volatilität in der jährlichen Rendite um gut einen Prozentpunkt übertroffen.⁴ Der Transparenz, Objektivität und konsequenten Umsetzung der Ergebnisse quantitativer Modelle steht die Abhängigkeit von historischen Daten entgegen. Die Ergebnisse quantitativer Modelle können eine Scheingenauigkeit suggerieren. Es ist daher unverzichtbar, die Prognoseunsicherheit zu berücksichtigen.⁵

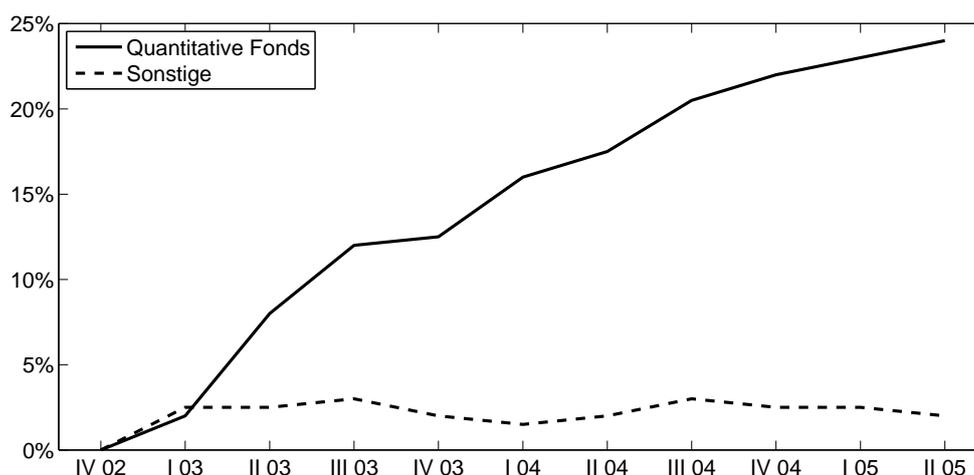


Abbildung 1.1: Quartalsweise kumulierter Nettomittelzufluss von US-Large-Caps-Fonds in Prozent des Gesamtkapitals Ende 2002 bis Mitte 2005. Quelle: CELEGHIN, DOGGETT und QUIRK (2005)

¹ Z.B. automatische Stop-Loss-Marken, Arbitrageausnutzung im Sekundenbereich.

² Vgl. FABOZZI, FOCARDI und JONAS (2007) S. 116f.

³ Vgl. CELEGHIN, DOGGETT und QUIRK (2005); InvestorForce Datenbank. Mitte 2005 wurden 157 Milliarden US-\$ in quantitativen US-Large-Caps-Fonds verwaltet.

⁴ Vgl. CELEGHIN, DOGGETT und QUIRK (2005); InvestorForce Datenbank.

⁵ Vgl. CHINCARINI und KIM (2006)S. 8f, Vermeidung der sog. Over-Confidence.

Einige empirische Befunde legen nahe, dass für den Zweck des Asset Managements Renditeschätzungen bedeutsamer als Risikoschätzungen sind.¹ Während für Renditeprognosen mehr oder weniger elaborierte Modelle zum Einsatz kommen, werden als Risikoschätzer häufig noch (gewichtete) historische Varianz-Kovarianz-Matrizen verwendet.² Der Zielkonflikt zwischen akzeptiertem Risiko und erwarteter Rendite ist jedoch eines der grundlegendsten Probleme in der Finanzwirtschaft, so dass die mit einer Investition verbundene Unsicherheit für die finanzwirtschaftliche Theorie und Praxis eine große Rolle spielt. Zudem sind die Risiken – insbesondere Renditeschwankung und Prognoseunsicherheit – nicht zwingend konstant, sondern können je nach aktueller (Markt-)Situation durchaus unterschiedlich sein.³ Durch historische (Ko-)Varianzen kann diese Heteroskedastizität nicht berücksichtigt werden.

Bei der Portfoliobildung kommt dem Verhältnis der geschätzten zukünftigen Erwartungen in Bezug auf Rendite und Risiko zentrale Bedeutung zu. So steht zum einen eine erwartete Rendite eines Assets stets im Verhältnis zu dem zukünftigen Risiko, das mit diesem Asset verbunden ist. Gerade Schätzfehler in den Renditeerwartungen können einen großen Einfluss auf die Portfoliobildung haben und stellen einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor dar. Die Schätzfehler der verwendeten Verfahren können jedoch ebenfalls geschätzt werden. Bei der Umsetzung der Asset Allokation taucht daher insbesondere das Problem der adäquaten Risikoquantifizierung auf, um eine konsistente Schätzung der Rendite- und Risikoerwartungen zu gewährleisten. Der Begriff der Konsistenz von Schätzungen bezieht sich dabei auf die widerspruchsfreie Modellierung von Rendite- und Risikoerwartungen eines jeden einzelnen Assets. Zum anderen aggregiert die Asset Allokation die geschätzten zukünftigen Erwartungen bezüglich einzelner Assets. Der Begriff der (Informations-)Aggregation bezieht sich auf die Zusammenfassung der Erwartungen bezüglich aller zur Verfügung stehenden Investitionsalternativen als Eingangsgrößen der Asset Allokation. Bei der Zusammenfassung der Renditeerwartungen aller Alternativen ist insbesondere die Korrelation der Assetrenditen zu berücksichtigen.⁴ Diese Informationsaggregation erfordert eine konsistente, vielleicht sogar integrierte Schätzung der Erwartungen bezüglich aller berücksichtigten Anlagealternativen.⁵

Die Problemstellung der vorliegenden Arbeit ergibt sich aus der Notwendigkeit der Prognose zukünftiger Erwartungen von Investitionsalternativen und besteht aus der Aufgabenstellung der konsistenten Modellierung von Rendite- und Risikoerwartungen für das

¹ Vgl. KALLBERG und ZIEMBA (1984); CHOPRA und ZIEMBA (1993); weitere Verweise bei PETERSMEIER (2003) S. 30f.

² Vgl. BOLLERSLEV ET AL. (2006)S. 840.

³ CHAN, KARCESKI und LAKONISHOK (1999) konditionieren die Kovarianzmatrix auf makroökonomische Variablen.

⁴ Vgl. DROBETZ (2003) S. 206f; BRINKMANN (2007) S. 81f.

⁵ Der Begriff der Konsistenz von Schätzungen bezieht sich dabei auf die widerspruchsfreie Modellierung von Rendite- und Risikoerwartungen aller berücksichtigten Assets. Der Begriff der integrierten Schätzung bezieht sich auf die Schätzung der Erwartungen bzgl. aller berücksichtigten Anlagealternativen in einem (Mehrgleichungs-)Modell.

Asset Management. Zur Schätzung der für die Asset Allokation benötigten zukünftigen Renditeerwartungen und -risiken existieren zahlreiche Verfahren, die allerdings fast ausschließlich entweder Renditeerwartungen oder Renditeschwankungsrisiken separiert modellieren. Der bedingten Heteroskedastizität von Kapitalmarktrenditen trägt z.B. die GARCH-Modellfamilie mit ihren vielfältigen Varianten Rechnung. Diese Modelle basieren im Kern auf quadratischen Datentransformationen und linearen Parameterisierungen autoregressiver Terme. Zur Vermeidung allzu einschränkender Annahmen über die unbekanntes Zusammenhänge von finanzwirtschaftlichen Daten werden nichtparametrische Modelle angewendet. Mit dem sog. Kernregressionsschätzer existiert ein nichtparametrisches ökonometrisches Modell zur Mustererkennung auf Zusammenhänge zwischen einer Zielgröße und evtl. mehreren Einflussgrößen. Im Gegensatz zu linearen Regressionsmodellen und anderen parametrischen Verfahren wie der GARCH-Modellfamilie erlaubt der nichtparametrische Kernregressionsschätzer die Berücksichtigung grundsätzlich beliebiger funktionaler Zusammenhänge zwischen den Daten, indem zu einem Bezugspunkt jeweils eine Nachbarschaft beobachteter Daten mit ähnlichem Muster berücksichtigt wird.

Die Anwendung derartiger nichtparametrischer Verfahren zur Modellierung von Finanzmarkterwartungen wird mit steigender Rechenleistung durchschnittlicher Personalcomputer und immer höheren Anforderungen an finanzwirtschaftliche Modelle in der Literatur verstärkt diskutiert. Restriktive Annahmen wie Parametrisierung, Annahme linearer Zusammenhänge oder spezieller Verteilungen und/oder die ausschließliche Berücksichtigung autoregressiver Terme bergen einige wesentliche Nachteile. „Financial market modeling is typically associated with large amounts of high dimensional multivariate data. Furthermore, the data typically have a low signal to noise ratio and the signals are usually nonlinear. ... Another major problem associated with financial market modeling is that one really doesn't know which if any related time series are relevant.“¹ Daher wird zunehmend auf weniger restriktive Modelle zurückgegriffen, welche die Untersuchung auch nichtlinearer Zusammenhänge zu allen verfügbaren potentiellen Einflussgrößen erlauben. Je weniger ein Modell auf einschränkenden Annahmen basiert, desto stärker kann das Modell an die Daten angepasst werden. Für unbekanntes, in der Regel stark verrauschte Zusammenhänge zwischen Kapitalmarkt- und ökonomischen Daten soll zunächst die Anwendbarkeit derartiger Modelle untersucht werden. Die weitgehende Flexibilität des nichtparametrischen Ansatzes erfordert eine individuelle Konfiguration der einzelnen zur Modellierung notwendigen methodischen Schritte, wie in der folgenden Beschreibung der Ziele der vorliegenden Arbeit verdeutlicht werden soll.

¹ WOLBERG (2000) S. xiiiif.

1.2 Zielsetzung

Gegenstand dieser Arbeit ist zunächst die Untersuchung der theoretischen Eignung, adäquaten Umsetzbarkeit und empirischen Leistungsfähigkeit der nichtparametrischen Kernregression für die Erstellung von Prognosemodellen für die Asset Allokation. Zur nichtparametrischen Selektion der relevanten Einflussgrößen (sog. Prädiktoren) existieren vielversprechende Ansätze, deren empirische Leistungsfähigkeit analysiert wird. Ein solches Modell soll nicht nur statistisch fundiert, sondern auch ökonomisch interpretierbar sein und somit die Möglichkeit bieten, den Zusammenhang nachzuvollziehen und qualitativ zu bewerten. Der theoretischen Eignung und adäquaten Umsetzbarkeit der Verfahren widmet sich diese Arbeit daher unter Berücksichtigung sowohl der finanzwirtschaftlichen Problemstellung als auch der Anforderungen der statistischen Methoden. Die empirische Leistungsfähigkeit der Modelle wird anhand umfangreicher Simulationsstudien und historischer Kapitalmarktdaten untersucht.

Die verwendete Methodik kann nun nicht nur zur Modellierung von Renditeerwartungen verwendet werden. Vielmehr formuliert die vorliegende Arbeit ein Prognosemodell mit einer konsistenten nichtparametrischen Rendite- und Risikoschätzung. Das Modell orientiert sich im Aufbau an der GARCH-Modellfamilie, stellt jedoch eine wesentliche Erweiterung dieses Ansatzes dar. Die Arbeit umfasst die adäquate Formulierung eines Risikomodells, insbesondere die Analyse der das Risiko beeinflussenden finanzwirtschaftlichen Größen. Diese nichtparametrische Variablenselektion für Risikoprognosemodelle stellt eine Neukonzeption dar.

Das Verfahren ist weiterhin für die integrierte multivariate Modellierung von Kovarianzen geeignet, die der Informationsaggregation Rechnung trägt. Die Portfoliooptimierung reduziert das Portfoliorisiko durch Diversifikation der Risiken auf die verschiedenen Investitionsalternativen. Daher beeinflussen die Interdependenzen der Rendite-Kovarianzen die Portfoliooptimierung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird somit ein konsistentes integriertes nichtparametrisches Rendite- und Risikoprognosemodell konstruiert. Die verschiedenen Aspekte der Zielsetzung sollen im Folgenden hervorgehoben werden.

- Nichtparametrische Modellierung: Einem parametrischen Modell liegt die Annahme zugrunde, dass der funktionale Zusammenhang grundsätzlich der Parametrisierung – also der angenommenen Funktion – entspricht. Eine evtl. schlechte Anpassungsgüte des Modells ist nicht notwendigerweise ein Zeichen dafür, dass kein oder nur ein geringer Zusammenhang zwischen den betrachteten Größen besteht. Vielmehr kann eine unpassende Parametrisierung die (bessere) Anpassung des Modells verhindern. Eine geeignete nichtparametrische Modellierung ist wesentlich flexibler und im Ansatz intuitiver anwendbar als jedes parametrische Modell, da es auf wesentlich einschränkende, a priori zu treffende Annahmen verzichtet.

- Nichtlineare Zusammenhänge: Zur Prognose von Kapitalmarktveränderungen sind allgemein viele mögliche Einflussgrößen zu berücksichtigen, deren Zusammenhang zu der Zielgröße im Allgemeinen höchstens grob in der Tendenz vermutet werden kann. Durch den Einsatz nichtparametrischer Methoden ist eine Berücksichtigung sowohl (beinahe) linearer als auch nichtlinearer Zusammenhänge möglich. Diese Arbeit hat daher neben anderen Zielen den Anspruch, die Existenz nichtlinearer Zusammenhänge auf Kapitalmärkten zu untersuchen.
- Signifikanztestbasierte Prädiktorselektion: Idealerweise wird die Selektion relevanter Prädiktoren aus einer großen Anzahl von Prädiktorkandidaten aufgrund eines geeigneten statistischen Signifikanztests durchgeführt. Bei parametrischen Modellen sind solche Signifikanztests methodisch problemlos durchführbar und daher omnipräsent, bei nichtparametrischen Modellen haben die methodischen Entwicklungen erst in den letzten Jahren zu anerkannten, umsetzbaren Tests geführt, deren Leistungsfähigkeit im Rahmen dieser Arbeit untersucht wird. Die Identifikation von Prädiktoren ist ein wesentlicher Gütefaktor von Prognosemodellen.
- Potentialanalyse auf künstlichen Daten: Bei realen Daten sind die tatsächlichen Zusammenhänge unbekannt. Eine Verifizierung der selektierten Prädiktoren ist somit ausgeschlossen. Daher wird eine umfassende Studie mit künstlich generierten Datensätzen durchgeführt, um zu untersuchen, bei welchen nichtlinearen Zusammenhängen und bis zu welchen Verrauschungsgraden die Prädiktorselektion zuverlässig funktioniert und die generierten Zusammenhänge korrekt erkannt werden.
- Dynamische Modellierung auf einer langen Historie realer finanzwirtschaftlicher Daten: Bei einem Echtzeiteinsatz der Modellierung hätte man im Zeitablauf das Modell immer wieder neu konfiguriert. Daher wird die Modellierung auf einer langen historischen Datenbasis dynamisch rollierend quasi ex ante durchgeführt. Interessant ist insbesondere, ob sich die Selektion von Prädiktoren als stabil erweist oder im Zeitablauf stark schwankt. Stabil selektierte Prädiktoren stehen dabei für persistente (zeitstabile) Zusammenhänge.
- Konsistente bedingte Renditeerwartungswert- und Renditevarianzmodellierung: Gängige Portfoliooptimierungsmodelle basieren auf Schätzern für die Erwartungswerte, Varianzen und Kovarianzen der Assetrenditen. Diese Größen sind aufgrund der Definition der Volatilität als mittlere Schwankungsbreite um die Renditeerwartung untrennbar miteinander verbunden und werden daher im Folgenden im Verbund untersucht.
- Integrierte bedingte Korrelationsmodellierung: Ein wesentliches Ziel der Portfolio-Selection ist mit der sog. Diversifikation eine Streuung des Risikos auf verschiedene Anlageobjekte. Die Korrelationen der Assetrenditen erfahren daher zentrale Bedeutung als Risikogröße bei der Portfoliooptimierung. Um dieser zentralen Bedeutung

gerecht zu werden, bedarf die Modellierung dieses zentralen Risikomaßes besondere Beachtung. Die Korrelationsmatrix hängt von allen berücksichtigten Assets ab und wird daher integriert – d.h. für alle Assets kombiniert – modelliert.

1.3 Vorgehensweise

Die Arbeit gliedert sich in sechs Kapitel. Eine Übersicht über die Verknüpfungen der einzelnen Kapitel gibt Abbildung 1.2.

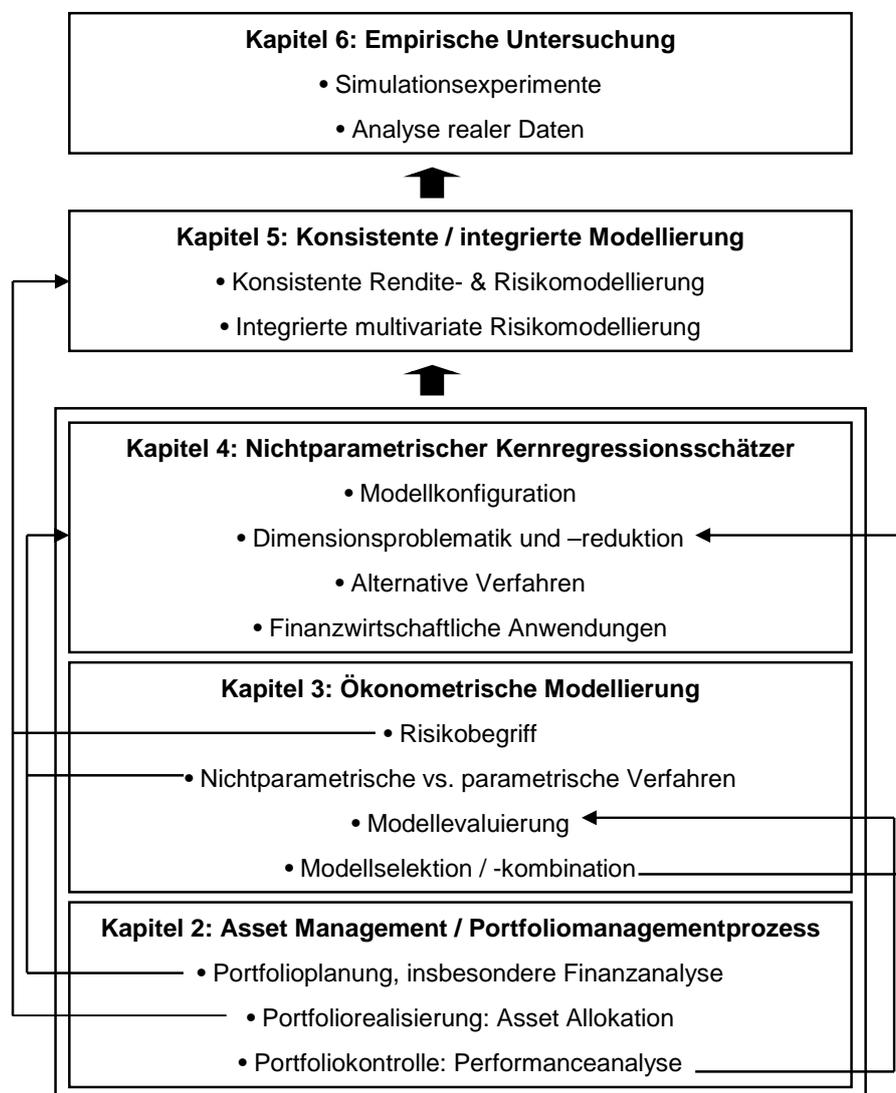


Abbildung 1.2: Aufbau der Arbeit