



Doctoral Thesis

Optimal portfolio construction and active portfolio management including alternative investments

Author(s):

Keel, Simon T.

Publication Date:

2006

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005194893> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 16514

**Optimal Portfolio Construction
and Active Portfolio Management
Including Alternative Investments**

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of

Doctor of Technical Sciences

presented by

Simon Theodor Keel

Dipl. Masch.-Ing. ETH

born 26 January 1976

citizen of Rebstein, SG

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. H. P. Geering, examiner

Prof. Dr. A. J. McNeil, co-examiner

Prof. Dr. D. B. Madan, co-examiner

2006

Abstract

One aspect of financial engineering is the development of portfolio management strategies. The research field of optimal stochastic control is well suited for the derivation of these strategies in a dynamic environment. It is the aim of this work to explore and extend optimal portfolio construction techniques currently found in the literature. A special emphasis is given to alternative investments. In order to derive an optimal asset allocation strategy, a risk measure has to be introduced and the asset price dynamics have to be modeled. This results in dynamic optimal control problems, which are well studied in control engineering. However, the main emphasis of control engineering is given to deterministic models. Since the prices of financial assets are predominantly driven by randomness, the concepts and techniques of control engineering have to be extended to the stochastic case.

The first step of the elaboration of an asset allocation strategy is the definition of the risk measure. However, not all risk measures are well suited for the derivation of optimal asset allocation strategies. Therefore, the terms coherent and convex risk measures are discussed in detail. For the modeling of asset prices, the statistical properties of asset returns have to be taken into account. Several distributions are investigated which are better suited than the typically found normal distribution. Since the literature is mainly concerned with the univariate case, special consideration is given to the multivariate case. It is found that the distribution called generalized hyperbolic and some of its limiting cases yield much more realistic models of asset returns than the normal distribution. In addition to parametric distributions, semi-parametric models including elliptical copulas are analyzed. Particularly, the event of concurrent extreme losses of different financial assets is considered.

This work includes an in-depth study of alternative investments. Special consideration is given to their statistical properties. Hedge funds make use of dynamic asset allocation

strategies and may have a large investment universe. Therefore, hedge funds need special attention with respect to risk management. The specific structure and properties of hedge funds are elaborated and discussed. The process of investing in hedge funds is analyzed in detail. A wide range of different statistical properties among the different hedge funds styles is found. Therefore, a universal treatment of hedge fund returns as such is not possible.

Following the analysis of the static and dynamic statistical properties of asset returns, optimal asset allocation strategies are derived. At first, a framework of continuous-time stochastic differential equations is considered. The stochastic differential equations are driven by Brownian motion. Again, alternative investments are analyzed in particular. A closed-form solution of an investment strategy with common asset classes is derived. Furthermore, the optimal asset allocation is investigated for the case in which the asset price models contain unknown parameters or processes. It is shown that this problem can be transformed into one in which all parameters and processes are measurable. The properties of the Kalman filter are used for the derivation. The results of these theoretical investigations are tested in a detailed case study including alternative investments.

Finally, the topic of active portfolio management is discussed. The importance of the benchmark for active portfolio management is highlighted. A deeper systematic treatment of active portfolio management has not been carried out because there exist neither a generally accepted terminology nor a unified framework for comparing different strategies. A specific active portfolio management problem is presented as well as a procedure for obtaining a solution for a single-period and a multi-period formulation. The single-period solution is backtested with historical data. The very last part of this work considers the use of Lévy processes for the construction of optimal portfolios. The multivariate Lévy measures of the generalized hyperbolic Lévy process and its limiting cases are presented and derived for one limiting case. The work concludes with the presentation of optimal portfolio strategies derived with Lévy processes.

Zusammenfassung

Portfolio Management ist ein wichtiger Aspekt des Fachgebietes Financial Engineering. Die optimale, stochastische Regelung bietet die hierfür notwendigen mathematischen Grundlagen. Ziel dieser Arbeit ist es, die momentan in der Literatur vorhandenen Techniken für die Portfolio Konstruktion zu erweitern. Im speziellen werden alternative Anlagen untersucht. Um optimale Portfolio Management Strategien herzuleiten, muss vorab ein Risikomass bestimmt und die Dynamik der Preise der Anlagemöglichkeiten modelliert werden. Hieraus ergeben sich optimale Regelungsprobleme, welche im entsprechenden Fachgebiet bereits gründlich erforscht wurden. Leider sind aber viele Resultate nur für den deterministischen Fall gefunden worden. Da aber bei Finanzproblemen die betrachteten Systeme hauptsächlich vom Zufall getrieben werden, müssen die Konzepte auf den stochastischen Fall erweitert werden.

Der erste Schritt für die Entwicklung einer Portfolio Management Strategie ist die Einführung eines Risikomasses. Es sind jedoch nicht alle Risikomasse gleichermassen geeignet. Kohärente und konvexe Risikomasse besitzen für die betrachteten Problemstellungen geeignete Eigenschaften. Die Modelle für die Renditen von Wertpapieren sollen deren statistische Eigenschaften in realistischer Weise berücksichtigen. Hierfür werden mehrere Distributionen untersucht, welche die häufig angetroffene Normalverteilung ersetzen. Da in Studien oft nur der eindimensionale Fall behandelt wird, wird besonderes Augenmerk auf den mehrdimensionalen Fall gelegt. Die Distribution, welche unter dem Namen Generalized Hyperbolic in der Literatur zu finden ist, kann die betrachteten Renditen sehr viel realistischer beschreiben als die Normalverteilung. Dies gilt auch für einige Grenzfälle der Generalized Hyperbolic Verteilung. Zusätzlich werden elliptische Copulas untersucht.

Diese Arbeit enthält eine ausführliche Untersuchung von alternativen Anlagen. Im speziellen werden deren statistische Eigenschaften untersucht. Hedge Funds verfolgen in der Regel dynamische Anlagestrategien, was im Risikomanagement berücksichtigt werden muss. Hierfür werden die spezifischen Eigenschaften von Hedge Funds untersucht und der Anlageprozess analysiert. Die Eigenschaften von Hedge Funds variieren enorm für die verschiedenen Hedge Fund Stile. Deshalb können keine universellen Aussagen über die statischen und dynamischen Eigenschaften von Hedge Funds gemacht werden.

Der erste Teil der Arbeit konzentriert sich auf die statische und die dynamische Modellierung von Anlagemöglichkeiten. Im zweiten Teil werden aufgrund der erarbeiteten Modelle optimale Anlagestrategien entwickelt. Als erstes werden Modelle betrachtet, welche auf stochastischen Differentialgleichungen fussen. Als Zufallsprozesse in diesen werden Brownsche Bewegungen eingeführt. Auch alternative Anlagen werden als ein solches System modelliert und eine optimale Anlagestrategie in geschlossener Form hergeleitet. Zusätzlich werden Modelle betrachtet, welche für den Investor unbekannte Parameter und Prozesse enthalten. Um dieses Problem zu lösen, wird ein Kalman Filter eingesetzt, die Resultate werden in einem Anwendungsbeispiel getestet.

Der letzte Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit aktivem Portfolio Management. Die zentrale Bedeutung des Benchmarks für das aktive Portfolio Management wird diskutiert. Da das aktive Portfolio Management kein eigentliches Forschungsgebiet darstellt, ist jedoch nur eine oberflächliche Abhandlung möglich. Nichtsdestotrotz wird ein spezifisches aktives Portfolio Management Problem diskutiert und werden zwei mögliche Lösungsansätze präsentiert. Einer dieser Lösungsansätze wird mittels historischer Daten verifiziert. Der letzte Abschnitt dieser Arbeit beschäftigt sich mit Lévy Prozessen im Zusammenhang mit Portfolio Konstruktion. Die multivariate Lévy Dichte für einen Grenzfall des Generalized Hyperbolic Lévy Prozesses wird hergeleitet. Die Arbeit wird mit der Betrachtung von Lévy Prozessen für die Berechnung von optimalen Portfolios abgeschlossen.