

**Optimierung der Marktpreisberechnung  
von Optionen  
auf Basis von Web Mining und  
Künstlichen Neuronalen Netzen**

**Diplomarbeit**

Zur Erlangung des Grades eines Diplom-Ökonomen des  
Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der  
Universität Hannover

Vorgelegt von

**Tobias Schmidtke**



Aufgabenstellung: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Betreuung: Dipl.-Ök. Patrick Bartels

Hannover, den 27. Februar 2006

---

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
Abkürzungsverzeichnis .....	5
Symbolverzeichnis .....	6
1 Einleitung .....	8
1.1 Motivation .....	8
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit .....	9
2 Neuronale Netze .....	11
2.1 Grundlagen der neuronalen Simulation .....	11
2.2 Perzeptrons .....	14
2.3 Lernen in Neuronalen Netzen .....	21
2.4 Der Neurosimulator FAUN .....	23
3 Optionen .....	26
3.1 Geschichtlicher Hintergrund des Optionshandels .....	26
3.2 Grundlagen des Optionsgeschäftes .....	27
3.2.1 Terminologie .....	27
3.2.2 Motive des Optionshandels .....	31
3.2.3 Preisbildung und Ausübung des Optionsrechtes .....	32
3.3 Bestimmungsfaktoren des Optionspreises und Kennzahlen .....	34
3.3.1 Direkte Bestimmungsfaktoren .....	34
3.3.2 Indirekte Bestimmungsfaktoren .....	36
3.3.3 Leverage und andere Kennzahlen .....	37
3.4 Bewertungsmodelle für Optionen .....	38
3.4.1 Empirisch-ökonometrische Modelle .....	40
3.4.2 Stochastische Modelle .....	43

---

4 Marktpreisbestimmung von Optionen .....	50
4.1 Einführung.....	50
4.2 Marktpreisbestimmung mit Warrant Pro I.....	51
4.2.1 Der Modellrahmen .....	51
4.2.2 Das Modul PISA .....	54
4.2.3 Das Modul FAUN.....	56
4.3 Optimierung der Marktpreisberechnung.....	58
4.3.1 Webmining .....	58
4.3.2 Datenbankabfrage .....	62
4.3.3 Vorgehensweise und Methodik der Optimierung.....	65
4.3.4 Optimierung der Parameter .....	72
4.4 Erstellung eines Echtzeitmodells .....	78
4.5 Anwendungsmöglichkeiten .....	80
4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	83
5 Fazit und Ausblick .....	85
Literaturverzeichnis .....	88
Anhang .....	90
Inhaltsverzeichnis der CD zur Arbeit.....	90
DAX-Optionen.....	91
EUR-USD-Optionen.....	96
Trainingsergebnisse DAX-Optionen.....	99
Trainingsergebnisse EUR-USD-Optionen ohne Shortcuts.....	104
Trainingsergebnisse EUR-USD-Optionen mit Shortcuts .....	109
Danksagung .....	114
Ehrenwörtliche Erklärung.....	115

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Seit jeher werden Menschen von der Möglichkeit angezogen, in kurzer Zeit mit wenig eigenem Kapitaleinsatz eine große Menge Geld zu verdienen. Diese Möglichkeit ist aber in der Regel mit einem großen Risiko verbunden, einen Teil oder sogar das gesamte eingesetzte Kapital zu verlieren, weshalb sich die meisten Investoren im Vorfeld über diese mögliche Kapitalanlage informieren.

In Zeiten, in denen immer mehr Informationen zur Verfügung stehen, wie dies heute über das Internet der Fall ist, wird es immer wichtiger, die relevanten von den irrelevanten Informationen zu trennen. Fähigkeiten zur Selektion dieser Informationen werden wichtiger denn je, um die Informationsflut bewältigen zu können.

Kapitalmärkte, bei denen das Risiko nicht unerheblich ist, bieten meist hohe Renditemöglichkeiten. Häufig wird nicht aufgrund der Gewinn- und damit der Dividenden-erwartung in Aktien von Unternehmen investiert, sondern einfach aus spekulativen Gründen, um die gekauften Anteile zu einem späteren Zeitpunkt mit Gewinn zu verkaufen.

Auch Unternehmen investieren ungebundenes Kapital gerne an Kapitalmärkten, die eine höhere Rendite versprechen als festverzinsliche risikolose Investitionen, da diese meist eine Rendite versprechen, die unterhalb der eigenen angestrebten Eigenkapitalrendite liegt. Das erfordert allerdings ein gutes Risikomanagement, um trotz des eingegangenen Risikos möglichst geringe Verlustwahrscheinlichkeiten zu haben, was meist durch den Kauf von sich gegensätzlich entwickelnden Wertpapieren realisiert wird. Aber nicht nur Geldanlagen sollen abgesichert werden, auch zukünftige Geschäfte, die Wechselkursschwankungen unterliegen, können beträchtliche Risiken bergen. Eine Möglichkeit, solchen Risiken zu begegnen, ist die Investition in Optionen.

Ein gutes Risikomanagement erfordert in jedem Fall auch eine akkurate Bewertung der Geldanlagen. Ein erstes hierfür geeignetes Instrument wurde 1973 von Fischer Black und Myron S. Scholes vorgestellt, das Black/Scholes-Modell, das jedoch Unzu-

länglichkeiten aufweist. Hier scheinen Marktpreismodelle, die den Preisverlauf von Optionen mit Hilfe von Vergangenheitsdaten approximieren, überlegen zu sein. Bei der numerischen Approximation von Funktionen durch Künstliche Neuronale Netze wurden in der Vergangenheit große Erfolge erzielt, so dass ein Einsatz von ihnen auch in diesem Bereich sinnvoll scheint. Allerdings werden für das Training eines Neuronalen Netzes sehr viele Datensätze benötigt. Da viele dieser benötigten Daten aber kostenlos im Internet verfügbar sind, liegt es nahe, genau diese Quellen zu nutzen und nicht auf den Kauf solcher Daten zurückzugreifen.

Gerade die kostenlose Verfügbarkeit und die Menge der benötigten Daten macht den Bereich des automatisierten Webminings mit Softwareagenten interessant, die wiederum die Fähigkeit besitzen sollen, die relevanten von den unnötigen Informationen zu trennen. Ein solcher Softwareagent wurde bereits am Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität Hannover entwickelt.

### **1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit**

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, die Marktpreisberechnung von Optionen zu optimieren. Hierzu wird zunächst ein Webmining mit Hilfe des Softwareagenten PISA durchgeführt, um relevante Daten für die Bestimmung der Optionspreise zu erhalten. Aus den gesammelten Daten werden dann relevante Daten extrahiert, die dann dem von Prof. Dr. Michael Hans Breitner entwickelten Neurosimulator FAUN als Trainings- und Validierungsdaten dienen. Für einen solchen Trainingsprozess müssen eine Reihe von Parametern vorgegeben werden, die zum Teil Netze mit sehr unterschiedlicher Güte hervorbringen. Dieser Trainingsprozess soll näher betrachtet werden, um die Parameter, die für das Training notwendig sind, optimieren zu können.

In Kapitel 2 werden Neuronale Netze zunächst in die Forschung zur Künstlichen Intelligenz (KI) eingeordnet und die geschichtliche Entwicklung skizziert, ehe die theoretischen Grundlagen über Neuronale Netze erläutert werden. Hier ist besonders der Ansatz der Perzeptrons hervorzuheben. Schließlich müssen noch die Grundlagen über Lernen in Neuronalen Netzen betrachtet werden, ehe auf die spezifischen Ausprägungen des Neurosimulators FAUN eingegangen werden kann.

In Kapitel 3 werden die theoretischen Grundlagen des zu untersuchenden Objektes, der Optionen behandelt. Auch hier wird zunächst ein kurzer geschichtlicher Abriss gegeben, ehe die Grundlagen des Optionsgeschäftes geklärt werden. Zunächst wird eine einheitliche Terminologie verabredet, ehe auf die Motive des Optionshandels und die Ausübung der Optionsrechte eingegangen wird. Der darauf folgende Abschnitt geht auf die Bestimmungsfaktoren und verschiedene Kennzahlen von Optionen ein, ehe im Abschnitt 3.4 verschiedene Optionsbewertungsmodelle vorgestellt werden.

Kapitel 4 geht näher auf die Bestimmung der Marktpreise von Optionen ein. Sind in Kapitel 3 die wichtigsten Ansätze von Marktpreismodellen vorgestellt worden, so widmet sich dieses Kapitel ausschließlich der Approximation der Marktpreisfunktion mittels Neuronaler Netze. Zunächst wird der Rahmen der Software Warrant Pro 1, die unter anderem die Module PISA und FAUN umfasst, geklärt, ehe die Komponenten genauer vorgestellt werden. Abschnitt 4.3 widmet sich schließlich der Optimierung der in FAUN vorzugebenden Parameter, zunächst müssen Optionen zum Training ausgewählt und das Webmining durchgeführt werden, dann wird die Vorgehensweise und Methodik entwickelt, ehe die Parameter mit den entwickelten Methoden optimiert werden. Schließlich werden die Grundzüge für ein mögliches Echtzeitmodell und Anwendungsmöglichkeiten erläutert.

Am Schluss folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse und der Erfahrungen, die im Rahmen dieser Diplomarbeit gewonnen wurden. Ferner wird ein Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen und Potentiale dieser Art der Optionsbewertung gegeben.

## 5 Fazit und Ausblick

Es gibt eine Vielzahl von Modellen zur Bewertung und Preisberechnung von Optionen, die teilweise sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern. Das Black/Scholes-Modell beispielsweise bewertet Optionen mit großer Wahrscheinlichkeit zu hoch, wohingegen empirisch-ökonomische Modelle diesen Preis häufig gut treffen. Diesen Modellen wird aber vorgeworfen, keine theoretisch verwertbaren Ergebnisse zu liefern, wobei die Intention lediglich war, die aktuelle Situation zu beschreiben und den Preis einer Option mit Hilfe von Vergangenheitswerten und einer Regressionsanalyse zu extra- oder zu interpolieren.

Zu diesen empirisch-ökonomischen Modellen oder Marktpreismodellen gehört ebenfalls die in dieser Arbeit näher betrachtete Herangehensweise mittels Neuronaler Netze, die für eine Funktionsapproximation hervorragend geeignet sind. Ebenso zeigt sich, dass die besten Trainingsfehler weit unter den Fehlern anderer Marktpreismodelle liegen.

Eine Suche nach der optimalen Parameterallokation für ein gegebenes Problem gestaltet sich aber dennoch sehr schwierig, da sich keine mathematischen Optimierungsverfahren aufgrund der vielen lokalen Extrema des Trainingsfehlers oder der Nutzenfunktion verwenden lassen. Häufig liegen eine optimale Parameterkonstellation und eine sehr schlechte nur wenig auseinander, so dass die Suche nach guten Parametern häufig der nach der berühmten Nadel im Heuhaufen gleicht. Dies ist auch einer der Hauptkritikpunkte, die gegen Neuronale Netze hervorgebracht werden.

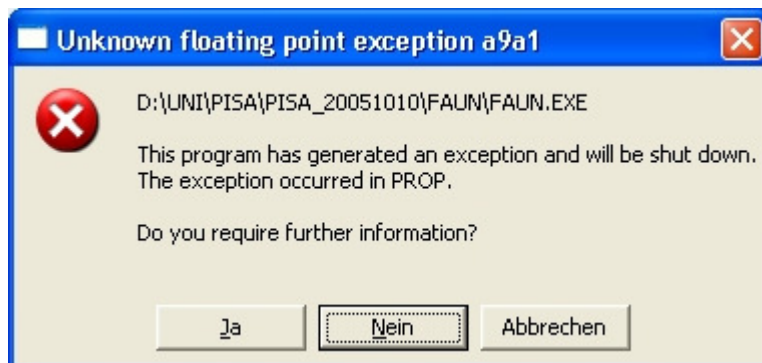
Dennoch konnte eine grundsätzliche Herangehensweise und einige heuristische Regeln aufgestellt werden, die die Suche vereinfachen und schließlich nur noch zwei Parameter übrig bleiben, über die es den Trainingsfehler zu minimieren gilt. So sollten einige Parameter zunächst sehr groß gewählt werden, um nicht frühzeitig im Trainingsprozess Netze zu verwerfen, die schließlich zu den besten gehören würden.

Weiterhin wird viel Zeit für die Gewinnung von Daten benötigt, auch wenn in Warrant Pro 1 ein Softwareagent implementiert ist, der einen automatischen Webminingpro-

zess durchführt. Beim Webmining ist darauf zu achten, dass der Computer, auf dem das Programm ausgeführt wird, nicht durch eine zu große Datenbank überlastet wird. Hierdurch kann der Extraktionsprozess wesentlich verlangsamt werden, da der Computer die großen Datenmengen nicht mehr erfassen kann. Wenn aber die Datenbank, in der der Softwareagent die Daten erfasst, jeden Tag neu gestartet wird, sollte dies kein Problem darstellen.

Insgesamt könnte der recht hohe Aufwand, der mit der Marktpreisberechnung mit Warrant Pro 1 verbunden ist und nicht zuletzt durch die Optimierung der Parameter hervorgerufen wird, einer praktischen Anwendung im Wege stehen, auch wenn die Approximationsergebnisse sehr gut sind.

Im Rahmen dieser Arbeit sind eine Reihe von Problemen mit der Software Warrant Pro 1 aufgetreten, von denen die gravierendsten gelöst werden konnten. Ein Fehler, der häufig bei großen Werten für den Parameter „Anzahl der Minimierungsschritte ohne Vergleich der Validierungsgüte“ auftrat, war ein Fehler in der Gleitkommadarstellung, vgl. hierzu die Abbildung 18. Dieser Fehler war bereits in alten FAUN-Versionen bekannt und konnte schließlich durch Implementieren einer FAUN-Version, die mit einem anderen Compiler kompiliert wurde, behoben werden.



**Abbildung 18: Gleitkomma-Fehler**

Die Fehlertoleranz des Webmining-Agenten PISA, die sich bei der Extraktion von Daten aus fehlerhaften HTML-Dokumenten positiv auswirkt, führt allerdings im späteren Prozess der Marktpreisberechnung zu weiteren Problemen. Besonders in der Datenbankabfrage mit SQL muss sehr darauf geachtet werden, dass nur vollständige Datensätze extrahiert werden. Falls das nicht der Fall ist, erstellt Warrant Pro 1 keine Trainings- und Validierungsdaten. Dies ist zum einen natürlich daran zu erkennen,



dass es keine neuen Trainings- und Validierungsdaten gibt, aber auch daran, dass Warrant Pro keine Angaben über die Menge der extrahierten Datensätze und die für die Extraktion benötigte Zeit macht, was bei korrekten vollständigen Daten der Fall ist.

Eine weitere Verbesserung könnte durch die Anpassung der Variablentypen in der Datenbank erreicht werden. Bisher werden alle im Webmining gewonnenen Daten im Format `VARCHAR` gespeichert, was keine mathematischen Operationen bei der Datenbankabfrage zulässt. Erst in FAUN werden die Daten wieder als Zahlen behandelt. Hier wäre – gerade im Hinblick einer Simulation eines Echtzeitmodells – eine Änderung auf ein Zahlenformat hilfreich, beispielsweise das Zahlenformat `INTEGER`, das für die Größenordnung der vorkommenden Zahlen bei weitem ausreichen sollte.

Bei der Anwendung von Warrant Pro 1 werden eine eingehende Beschäftigung mit der Software und ein breites Wissen über die theoretischen Hintergründe vorausgesetzt, ehe sie bedient werden kann. Dies könnte einer praktischen Anwendung im Wege stehen. Dennoch bietet Warrant Pro 1 eine umfassende Software, die letztendlich nicht nur zur Marktpreisbestimmung von Optionen, sondern für alle Prognose- und Approximationsprobleme eingesetzt werden kann. Es ist mit Warrant Pro 1 ebenso möglich, Prognosen über den Verlauf von Aktienkursen zu erstellen, wengleich hierfür nur sehr wenige Einflussgrößen auf die Entwicklung von Aktien zur Verfügung stehen. Auch Prognosen über die Zinsentwicklung wurden bereits mit einem Neurosimulator durchgeführt.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Warrant Pro 1 ein sehr leistungsfähiges und flexibles Modell zur Marktpreisberechnung von Optionen ist, das sich auch gut für andere Bereiche einsetzen lässt, obwohl eine Optimierung der Parameter schwierig ist. Wenn aber einmal gute Parameter gefunden wurden, so sind die Trainings- und Validierungsfehler sehr gering.