

Michael Sachtler

**Prognosemodelle und Handelsansätze
für Implizite Volatilitäten**



Herbert Utz Verlag · München

Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Band 43

Zugl.: Diss., Flensburg, Univ., 2003

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die
der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von
Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechani-
schem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in
Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur
auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2004

ISBN 3-8316-0442-8

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Einleitung | 1 |
| 1 Grundbegriffe zu Termingeschäften und Optionsmärkten | 3 |
| 1.1 Grundelemente des Optionskontraktes | 3 |
| 1.2 Geschichte des Optionshandels | 6 |
| 1.3 Entwicklung der DTB und EUREX | 7 |
| 1.3.1 Chronologie und Organisation | 7 |
| 1.3.2 Kooperationen und Integrationen | 8 |
| 1.3.3 Produkte | 9 |
| 1.4 Entwicklung des internationalen Terminmarktes | 9 |
| 1.4.1 England | 10 |
| 1.4.2 USA | 11 |
| 2 Bewertung von Optionen | 13 |
| 2.1 Theoretische Grundlagen von Optionspreismodellen für Europäische Optionen | 13 |
| 2.1.1 Optionswert bei Laufzeitende | 13 |
| 2.1.2 Leverage-Effekt und Renditebetrachtungen | 16 |
| 2.1.3 Put-Call-Parität | 18 |
| 2.1.4 Innerer Wert und Zeitwert einer Option | 19 |
| 2.2 Black & Scholes-Modell | 20 |
| 2.2.1 Stochastische Prozesse | 21 |
| 2.2.2 Aktienkursverläufe und Modellvoraussetzungen | 25 |
| 2.2.3 Darstellung der Berechnungsformel | 28 |
| 2.2.4 Sensitivitäten nach Black & Scholes | 29 |
| 2.2.5 Betrachtung von Dividenden und vorzeitiger Ausübung | 33 |
| 2.2.6 Zusammenhang zwischen Binomial- und Black & Scholes-Modell | 34 |
| 3 Ökonomische Zusammenhänge von Volatilitäten | 35 |
| 3.1 Formen der Volatilität | 35 |
| 3.2 Historischer Überblick wissenschaftlicher Arbeiten | 38 |
| 3.3 Ineffizienzen am Optionsmarkt | 42 |
| 3.4 Fundamentale Einflüsse auf die Implizite Volatilität | 43 |
| 3.4.1 Laufzeitanalyse | 43 |
| 3.4.2 Variierende Basispreise | 44 |
| 3.4.3 Singuläre Börsenereignisse | 45 |
| 3.4.4 Feiertags- und Wochenendeffekte | 47 |
| 3.4.5 Branchen- und Gesamtmarkteffekte | 48 |
| 3.4.6 Internationale Einflüsse | 50 |
| 3.4.7 Variationen zur Historischen Volatilität | 51 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.5 | Einfache Modelle | 54 |
| 3.5.1 | Historische Volatilität | 54 |
| 3.5.2 | Naive Prognosen der Impliziten Volatilität | 54 |
| 3.5.3 | Weighted-Average-Implied-Volatilities | 54 |
| 3.6 | Folgerungen für die statistische Modellbildung | 55 |
| 4 | Lineare Modelle zur Schätzung Impliziter Volatilitäten | 57 |
| 4.1 | Wissenschaftstheoretischer Ansatz für die Modellauswahl | 57 |
| 4.2 | Autoregressive Lineare Modelle | 59 |
| 4.2.1 | Theoretische Grundlagen von AR(p)-Modellen | 60 |
| 4.2.2 | Identifikation und Nichtstationäre Analyse mit AR(p)-Modellen . | 61 |
| 4.2.3 | Schätzung und Überprüfung von AR(p)-Modellen | 63 |
| 4.2.4 | Prognose von AR(p)-Modellen | 65 |
| 4.3 | Fehlerkorrekturmodelle | 67 |
| 4.3.1 | Grundlagen kointegrierter Prozesse | 67 |
| 4.3.2 | Das Kointegrationsmodell | 70 |
| 4.3.3 | Hypothesenprüfungen für kointegrierte Prozesse | 72 |
| 4.3.4 | Prognosen mit Kointegrationsmodellen | 74 |
| 4.3.5 | Anwendung des Kointegrationsmodells auf das Sachproblem . . . | 74 |
| 4.4 | Informationsgehalt der Modellreste | 75 |
| 4.4.1 | Grundlagen zu Modellresten | 75 |
| 4.4.2 | Störungen des Linearen Modells | 75 |
| 4.4.3 | Hypothesenprüfungen auf Nichtlinearität | 76 |
| 4.5 | Folgerungen für die weitere Modellierung | 76 |
| 5 | Neuronale Modelle zur Schätzung Impliziter Volatilitäten | 79 |
| 5.1 | Vorbemerkung | 79 |
| 5.2 | Grundbegriffe Neuronaler Netze | 80 |
| 5.2.1 | Klassifizierung und Aufbau von Neuronen | 80 |
| 5.2.2 | Funktionsformen im Neuronalen Netz | 81 |
| 5.3 | Neuronale Regressionsmodelle | 85 |
| 5.3.1 | Netzarchitektur für ökonomische Zusammenhänge der Volatilität | 85 |
| 5.3.2 | Kenngrößen und Testverfahren | 88 |
| 5.4 | Prognose Neuronaler Netze und Modellvergleich | 89 |
| 6 | Empirische Untersuchungen | 91 |
| 6.1 | Vorbemerkungen | 91 |
| 6.1.1 | Beschreibung der Datenbasis | 91 |
| 6.1.2 | Anwendung der Black & Scholes-Formel | 91 |
| 6.2 | Kointegrationstest des DAX30-Universums | 92 |
| 6.3 | Fallstudien zu DAX-Werten | 96 |
| 6.3.1 | BMW | 97 |
| 6.3.2 | Daimler-Chrysler | 100 |
| 6.3.3 | MLP | 101 |
| 6.3.4 | Fresenius | 103 |
| 6.3.5 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 103 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7 | Dynamischer Handelsansatz für Volatilitätsprognosen | 107 |
| 7.1 | Einfache und kombinierte Strategien mit Optionen | 107 |
| 7.1.1 | Motive zum Erwerb von Optionen | 107 |
| 7.1.2 | Auszahlungen von Volatilitätsstrategien | 108 |
| 7.2 | Dynamischer Handelsansatz | 111 |
| 7.2.1 | Prognosebewertung und Deltatrefferkonzept | 112 |
| 7.2.2 | Investitionsentscheidungen | 114 |
| 7.3 | Markttest des Handelsansatzes | 116 |
| 7.3.1 | Simulation | 116 |
| 7.3.2 | Reale Marktdaten | 120 |
| 7.3.3 | Alternatives Volatilitätsmodell | 121 |
| 7.4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 124 |
| 7.5 | Analyse perfekter Prognosen | 125 |
| | Epilog | 129 |
| | Kritische Würdigung | 129 |
| | Ausblick | 132 |
| | Anhang | 133 |
| A | Mathematischer Anhang | 133 |
| A.1 | Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient | 133 |
| A.2 | Der Chow-Test | 135 |
| A.3 | Der Wald-Test | 136 |
| A.4 | Der Ljung-Box-Test | 137 |
| A.5 | Arbeitstabelle zur Berechnung der Historischen Volatilität | 138 |
| A.6 | Aktuelle DAX30-Gewichtung | 139 |
| B | Verwendete Hilfsmittel | 140 |
| C | EDV-Teilprobleme | 141 |
| C.1 | Allgemeine Beschreibung zur CD-ROM | 141 |
| C.2 | Ablaufschema der Softwareverarbeitung | 142 |
| C.3 | Basisdaten und Berechnung von Volatilitäten | 143 |
| C.4 | Berechnungen mit SAS | 143 |
| C.5 | Berechnungen mit SNNS | 145 |
| C.6 | Weiterverarbeitung mit APPLIX und C++ | 147 |
| D | Internet-Quellen | 148 |
| | Literaturverzeichnis | 149 |

Einleitung

In der modernen Finanzwelt kommt neben Aktien den derivativen und strukturierten Produkten an Terminmärkten eine immer größere Bedeutung zu. Aus der Klasse der derivativen Produkte ragen dabei Optionen und Futures heraus. Für Geldinstitute sind derivative Produkte besonders im Eigenhandel interessant, um mit freiem Kapital kurzfristig zu spekulieren. Hier steckt der praktische Ansatzpunkt der vorliegenden Dissertation. Optionen besitzen wegen ihrer geringeren Kapitalbindung bessere Möglichkeiten auf große Spekulationsgewinne als Aktien. Um Gewinne erzielen zu können, ist der Einsatz der richtigen Optionsstrategie auf Basis von Prognosen über zukünftige Marktentwicklungen notwendig. Das theoretische Ziel der Arbeit liegt somit in der erfolgreichen Prognose von Volatilitäten von Aktien und ihrer Umsetzung in ein Handelsmodell für Optionen.

Im Gegensatz zu Aktien basieren Marktpreise von Optionen auf theoretischen Preismodellen. Das in dieser Arbeit fokussierte Black & Scholes-Modell enthält die sog. Volatilität (Schwankung des Basiswertes) als treibenden Faktor. Die Literatur liefert diverse Ansätze zur Bestimmung der „korrekten“ Volatilität. In diesen Ansätzen sind Implizite Volatilität und Historische Volatilität die meistgenannten Formen. Grundsätzlich wird die Historische Volatilität als gleitender Durchschnitt aus den logarithmierten Kursrenditen berechnet. Dahingegen entsteht die Implizite Volatilität als numerische Lösung aus Preismodell und gehandeltem Marktpreis der Option. Dem Spannungsverhältnis zwischen diesen beiden Größen wird besondere Beachtung in der Arbeit geschenkt.¹ Die vorliegende Dissertation soll zum wissenschaftlichen Fortgang der Untersuchungen durch klare Fokussierung auf die Zielvariable Volatilität beitragen. Neben herkömmlichen linearen Methoden zur Prognose von Volatilitäten sollen auch nichtlineare Methoden in Form von Neuronalen Netzen eingesetzt werden. In diesem Bereich sind Hypothesenprüfungen auf Nichtlinearitäten besonders wichtig.

Mit Prognosen von Volatilitäten ist die Implementierung von Handelsmodellen für Optionen sinnvoll möglich, da alle anderen Einflussfaktoren des Optionspreises beobachtbar sind. Es sollen keine neuen Optionsstrategien entwickelt werden, sondern bekannte Muster wie Straddles und Strangles eingesetzt werden. Im Handelsansatz werden auf Basis der Volatilitätsprognosen Optionspositionen eingegangen. Zur Beurteilung dieser Positionen dient ein kombiniertes Verfahren aus empirischen Beobachtungen und mathematischen Schlußweisen.

Als Handelsort derivativer Produkte etabliert sich seit einigen Jahren die europäische Terminbörse EUREX mit Sitz in Frankfurt. Dort werden mittels Market-Maker- und Margin-System standardisierte Produkte auf Aktien und Indizes angeboten. Ein Ziel der EUREX ist die Erreichung hoher Marktliquidität. Im Vergleich ist die EUREX bereits größer als die weltbekannte CBoT (Chicago Board of Trade). Das immer noch anwachsende Volumen der Geschäfte an der EUREX macht diesen Markt zum idealen Testgebiet der aufgestellten Modelle anhand empirischer Daten.

¹Vgl. Goodhall-Rathert T. (1996) zur Verdeutlichung.

Für die vorliegende Dissertation ergibt sich folgender Aufbau.

Der Bedeutung der EUREX als größtem Terminmarkt wird im allgemeinen Kapitel 1 anhand geschichtlicher und statistischer Daten Rechnung getragen. Außerdem wird die Option als Begriff klar definiert.

Kapitel 2 führt die theoretische Basis des Pricing-Modells für Optionen ein. Das Black-Scholes-Modell wird verwendet, da es vom Markt weitestgehend akzeptiert und theoretisch fundiert ist. Der Abschnitt ist in zwei Bereiche gegliedert, wobei der erste Teil den Wert einer Option allgemein beschreibt. Der zweite Teil stellt die mathematischen Grundlagen der Preisformel nach Black & Scholes für die weitere Abhandlung zur Verfügung.

Das empirische Verhalten der Zielvariable Volatilität wird in Kapitel 3 diskutiert. Nach Einführung verschiedener Formen von Volatilität und ihrer theoretischen und praktischen Bedeutung folgen Analysen zu empirischen Effekten anhand realer Optionsdaten. Eine wichtige Rolle spielt in diesem Kapitel die Kapitalmarkteffizienz, die mit den verschiedenen Volatilitätsformen verbunden wird. Einfache Modelle zur Volatilitätsschätzung liefern daran anschließend erste Modellaspekte. Folgerungen für die mathematische Modellierung bilden den Abschluß dieses Kapitels.

Die theoretische Entwicklung Linearer Modelle steht in Kapitel 4 im Fokus. Autoregressive Modelle und Fehlerkorrekturmodelle werden als Modellklassen theoretisch eingeführt. Mit ihnen wird ein späterer Modellvergleich vorbereitet. Um danach Nicht-lineare Methoden in die Theorie einreihen zu können, werden die Modellreste statistisch auf weiteren Informationsgehalt geprüft.

In Kapitel 5 wird die Modellklasse der Neuronalen Netze erläutert. Der Aufbau derartiger Strukturen und deren Optimierung im ökonomischen Kontext wird gezeigt.

Nach Abschluss des theoretischen Teils der Dissertation erfolgt in Kapitel 6 eine Überprüfung der dargestellten und entwickelten Modelle anhand von Optionen aus dem DAX30. Das Analyseergebnis sollte wegen der hohen Liquidität des Segmentes aussagekräftig und stabil sein.

Die praktische Umsetzung des Modells in die wirtschaftliche Anwendung wird in Kapitel 7 realisiert. Die Methoden aus Kapitel 4 und 5, sowie die Ergebnisse der Fallstudien aus Kapitel 6, dienen als Grundlage des Handelsansatzes. Mit Hilfe der Perspektive des Eigenhandels eines Geldinstitutes wird die Notwendigkeit der modellgestützten Prognose aufgezeigt. Neben Motiven des Optionskaufs und der Darstellung von kombinierten Strategien in Optionen ist die Überprüfung der aufgestellten Handelsregeln in Abschnitt 7.2 ein zentrales Thema.

Die Kritische Würdigung der Ergebnisse und ein Ausblick runden den Hauptteil ab.

Im Anhang finden sich mathematische Grundlagen, die nicht in den Fließtext eingebunden werden konnten, EDV-Lösungen für Teilprobleme und ein ausführliches Literatur- und Internetquellenverzeichnis.

Alle Abbildungen und Tabellen die keinen näheren Quellennachweis besitzen, entstammen der eigenen Darstellung.