

# Die Preisbildung bei Covered Warrants - Eine empirische Untersuchung für Österreich

## 1. Einleitung

Covered warrants zählen in den USA, Grossbritannien, Japan und vor allem in der Schweiz schon seit Jahren zur Angebotspalette von Banken und Wertpapierbrokern. Demgegenüber konnte sich beispielsweise in der BRD ein Markt für gedeckte Optionscheine erst ab Mitte 1989 entwickeln, nachdem die mit 1. August 1989 in Kraft getretene Börsengesetznovelle rechtliche Hindernisse bei Options- und Termingeschäften mit Privatanlegern beseitigt hat [1]. Von Anfang 1985 bis zur Jahresmitte 1990 hat sich die Anzahl der in Deutschland gehandelten Optionscheine mehr als verfünffacht, wobei zum 1.7.1990 fast ebenso viele Optionscheine auf ausländische Aktien (139) wie auf deutsche Aktien (142) am Markt vertreten waren [2].

In den letzten Jahren ist auch in Österreich der Optionscheinmarkt überdurchschnittlich gewachsen. Vor allem der starke, im wesentlichen in zwei grossen Wellen erfolgte Kursanstieg am Kassamarkt (1985-1986, 1989-1990) hat zu einer Emissionsflut von Optionscheinen geführt [3]. Innerhalb von fünf Jahren hat sich bis zum Stichtag 28. Februar 1991 die Anzahl der Call-Optionscheine auf österreichische Aktien, die im amtlichen Han-

del (= erstes Segment) notieren, fast verzehnfacht. Dazu kommen noch eine Vielzahl an Kauf-Optionscheinen auf diverse Indizes, Aktienkörbe, ausländische Aktien, Anleihen, Währungen sowie auch Put-Optionscheine. Letztere spielen aber, sowohl bezogen auf ihre Anzahl als auch auf das aufgebrachte Prämienvolumen nur eine untergeordnete Rolle. Nimmt man alle Titel am Optionscheinmarkt zusammen, so übersteigt ihre Anzahl beinahe jene am Kassamarkt [4].

Neben den warrants im klassischen Sinn, die zusammen mit einer Optionsanleihe begeben werden, waren es vor allem Emissionen von covered warrants (Stillhalteroptionen, gedeckte Optionscheine), die zum Wiener Optionscheinboom beigetragen haben. Stillhalteroptionsscheine werden im Allgemeinen von einer Finanzinstitution (Bank) emittiert, wobei die Emittentin entweder selbst als Stillhalter auftritt oder eine Mittlerfunktion zwischen institutionellen Investoren (Stillhaltern) und den Käufern der Optionscheine einnimmt. Zur Besicherung der Optionscheine wird von der Emittentin ein Deckungsbestand in der betreffenden Aktie gehalten. Das Ausmass des Deckungsbestands ist abhängig von der Risikostruktur der Emittentin und variiert in Österreich, da es keine entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen gibt, relativ stark. Oft stammen die Aktien aus langfristigen gehaltenen Beständen, wobei im Zuge einer covered warrant Emission diese Bestände durch entsprechende Käufe am Kassamarkt auch aufgestockt

\* Die Autoren danken Heinz Zimmermann für wertvolle Hinweise und Verbesserungsvorschläge.

werden können. Der Stillhalter selbst tätigt einen bedingten Terminverkauf des veroptionierten Aktienbestandes. Er behält die Aktien über den Verfalltag hinaus nur, wenn er die Optionsscheine vor dem Auslaufen zurückkauft oder der Aktienkurs am Verfalltag unter dem Ausübungspreis zu liegen kommt [5].

Der wesentliche Unterschied zwischen covered warrants und warrants im klassischen Sinn besteht darin, dass bei covered warrants durch die Ausübung des Optionsrechts das Unternehmensvermögen (das Grundkapital bzw. die Anzahl der ausstehenden Aktien) nicht verändert wird.

Grundsätzlich gibt es beispielsweise am Schweizer Markt drei Arten von covered warrants: [6]

- (a) Die erste Gruppe hat sich am Euromarkt entwickelt: Es handelt sich dabei um in US-Dollar begebene Optionsscheine auf japanische Aktien, die in covered warrants lautend auf Schweizer Franken umgebildet wurden.
- (b) Zur zweiten Gruppe zählen auf Schweizer Franken lautende vollkommen gedeckte Optionsscheine.
- (c) Die dritte Gruppe von covered warrants umfasst synthetisch gedeckte Optionsscheine. Hierbei hält die Emittentin statt 100 Prozent der veroptionierten Aktien ein Portefeuille bestehend aus Optionen, die an einer Terminbörse gehandelt werden und somit eine kurze Restlaufzeit aufweisen, sowie einem Teil der veroptionierten Aktien selbst. Weiter ist bei dieser Variante auch daran zu denken, dass die Emittentin die Optionsscheine am Markt zurückkauft.

Österreichs Optionsscheinmarkt ist hingegen überwiegend ein rein domestizierender Markt. Somit befinden sich in Österreich in Analogie zur Marktsituation in der Schweiz fast ausschliesslich Optionsscheine, die der zweiten Gruppe zuzurechnen sind. Als Emittenten treten nicht nur österreichische Grossbanken auf, sondern auch eine ganze Reihe von auf derivative Produkte spezialisierte Investment Banken. Am Sekundärmarkt werden die Optionsscheine zum Teil in unterschiedlichen

Marktsegmenten der Wiener Börse gehandelt. Die Marktsegmententscheidung dürfte vor allem von Kostenüberlegungen getragen sein, da je nach Marktsegment unterschiedliche Zulassungsprovisionen zu bezahlen sind.

In einer Reihe von Beiträgen wird in der Literatur beispielsweise folgenden Fragen nachgegangen:

1. Welche Auswirkungen hat die Begebung von covered warrants auf die Begebung einer Optionsanleihe? [7]
2. Wie ist die Interessenslage zwischen der Emittentin und dem veroptionierten Unternehmen? [8]
3. Wie hedged die Emittentin von covered warrants ihr Risiko? [9]

All diese Gesichtspunkte sind zwar auch für Österreich relevant, sie werden im vorliegenden Beitrag jedoch nicht behandelt. Ziel dieser Arbeit ist es vielmehr, die Preisbildung österreichischer covered warrants über einen längeren Zeitraum zu untersuchen. Ähnliche Untersuchungen haben beispielsweise WASSERFALLEN/STUCKI/JACOBS (1991) für die Schweiz sowie - für warrants im klassischen Sinn - SCHULZ/TRAUTMANN (1989) für die BRD, STUCKI (1989) für die Schweiz und FERRI/KREMER/OBERHELMAN (1986) für die USA durchgeführt.

Bei SCHULZ/TRAUTMANN (1989) liegen die Marktpreise der untersuchten 49 warrants gemessen am Black/Scholes Modell unter Berücksichtigung von Dividendenzahlungen um rund fünf Prozent über den Modellpreisen. Bei Anwendung des American-Constant-Variance (CV) Modells sinkt diese Abweichung auf beinahe Null. Das wesentlich aufwendigere American-Constant-Elasticity-of-Variance (CEV) Modell führt in Relation zum CV-Modell zu keiner Verbesserung der Ergebnisse.

STUCKI (1989) verwendet in seiner Untersuchung über die Preisbildung von 43 schweizer Optionsscheinen ebenfalls das Black/Scholes Modell unter Berücksichtigung von Dividendenzahlungen, des weiteren das Pseudo-American-Call Modell und ein Binomialmodell. Bei jedem der drei Bewer-

tungsmodelle liegen unter Verwendung historischer Volatilitäten die Marktpreise im Durchschnitt um rund 22 Prozent über den theoretisch richtigen Modellwerten. Das aufwendigere Binomialmodell führt zu keiner Ergebnisverbesserung.

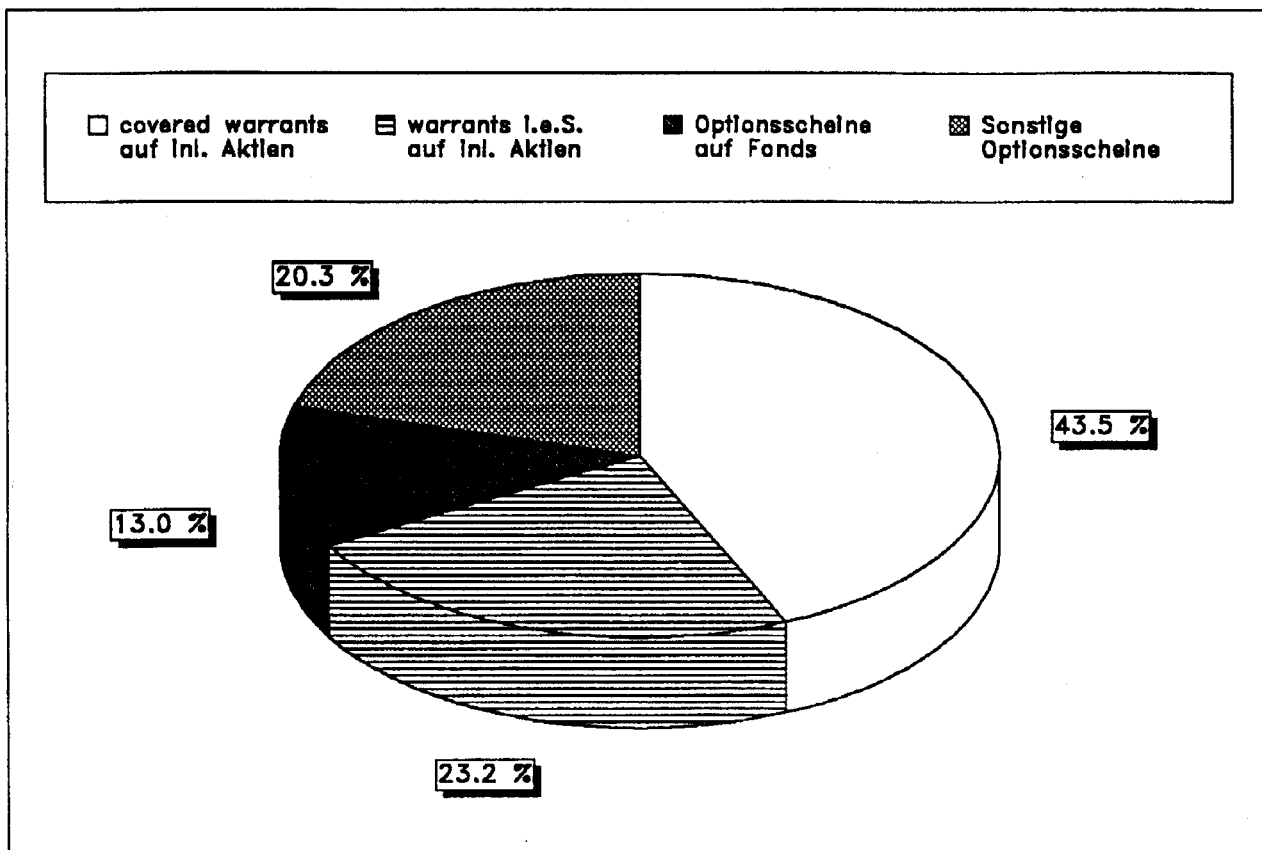
Auch WASSERFALLEN/STUCKI/JACOBS (1991) haben in ihrer Untersuchung über die Bewertung von Schweizer covered warrants Marktpreise beobachtet, die weit über den Modellpreisen liegen. Aufwendigere Modelle (Binomialmodell, Bewertungsmodell nach ROLL/GESKE/WHALEY) haben auch hier zu keiner Reduktion der Abweichung zwischen Markt- und Modellpreisen geführt. Per 28.2.1991 betrug der Anteil der Stillhalteroptionsscheine auf österreichische Aktien rund 44 % des gesamten Optionsscheinmarktes (Amtlicher Handel). Die covered warrants sind damit das bei weitem grösste Marktsegment am österreichischen Optionsscheinmarkt (siehe Abbildung 1).

Die vorliegende Arbeit ist in folgende Abschnitte gegliedert: Nach der Vorstellung der verwendeten Bewertungsmodelle im 2. Abschnitt wird im 3. Abschnitt das in den empirischen Tests verwendete Datenmaterial beschrieben. Die wesentlichsten Ergebnisse der Untersuchung werden im 4. Abschnitt vorgestellt. Danach folgt im 5. Abschnitt eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

## 2. Die verwendeten Bewertungsmodelle

Um Aussagen darüber treffen zu können, ob ein am Markt beobachteter Optionspreis ein im theoretischen Sinne "fairer" Preis ist, oder ob ein "over-" oder "underpricing" vorliegt, werden drei Standardbewertungsmodelle der Optionspreistheorie zur Ermittlung entsprechender Modellpreise verwen-

Abbildung 1: Inländische Kaufoptionsscheine im Amtlichen Handel (Stichtag: 28.2.1991).



det (siehe Tabelle 1). Ziel ist es, die Besonderheiten der Preisbildung von covered warrants im Vergleich zum auf Optionsmärkten (CBOE, SOFFEX, DTB, ÖTOB, etc.) wohl am häufigsten angewendeten Optionspreismodell, dem Black/Scholes Modell zu untersuchen.

**Tabelle 1: Verwendete Bewertungsmodelle.**

Modell	Dividenden	Ausübungstyp
Black-Scholes I	nein	europäisch
Black-Scholes II	ja	europäisch
Pseudo-American-Call	ja	amerikanisch

Wodurch unterscheiden sich nun diese Bewertungsmodelle? Hierzu seien im folgenden die einzelnen Modelle kurz beschrieben:

### 2.1 Black-Scholes I

Das Optionsbewertungsmodell von Black-Scholes [10] ist eine präferenzfreies Modell, dem in seiner Grundform im wesentlichen folgende Annahmen zugrunde liegen:

- künftige Aktienkurse unterliegen einer log-Normalverteilung
- während der Laufzeit finden keine Dividendenzahlungen statt
- konstanter risikoloser Zinssatz
- Ausübung ist nur am Verfalltag möglich (europäische Option)
- konstante Aktienvolatilität pro Zeiteinheit
- vollkommener Kapitalmarkt, insbesondere perfekte Arbitragemöglichkeiten im Basis- und Optionsmarkt

Modellgleichungen:

$$C_o = S_o \cdot N\{d_1\} - X \cdot e^{-r_{f,c} \cdot T} \cdot N\{d_2\} \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_o}{X}\right) + \left(r_{f,c} + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}} \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T} \quad (3)$$

- $C_o$  = Heutiger Modellpreis des covered warrant
- $S_o$  = Heutiger Kurs der zugrunde liegenden Aktie
- $X$  = Ausübungspreis
- $r_{f,c}$  = Kontinuierlicher risikoloser Zinssatz (p.a.)
- $\sigma$  = Volatilität (annualisierte Standardabweichung) der Aktienrenditen
- $T$  = Restlaufzeit des covered warrant
- $N(*)$  = Kumulierte Dichte der Standardnormalverteilung

Gleichung (1) kann folgendermassen interpretiert werden: Der Wert eines Calls entspricht der gewichteten Differenz zwischen dem Aktienkurs und dem Barwert des Ausübungspreises. Die Gewichte  $N(d_1)$  und  $N(d_2)$  können Werte zwischen null und eins annehmen. Je weiter "in the money" die Option liegt, umso grösser werden beide Gewichte und umso wertvoller wird der Call. Der Zeitwert nimmt dabei sowohl absolut als auch relativ zum inneren Wert immer mehr ab. Der Wert einer Option "out the money" besteht hingegen nur aus dem Zeitwert. Je ausgeprägter die "out the money" Situation ist, desto kleiner werden die beiden Gewichte und umso wertloser ist die Kaufoption.

### 2.2 Black-Scholes II

Während der Laufzeit eines covered warrant kann es zu mehreren Dividendenzahlungen beim Underlying kommen. Nach dem Dividendenabschlag setzt das Underlying seinen Kursverlauf auf einem entsprechend tieferen Niveau fort. Wie die meisten Optionen sind auch covered warrants nicht gegen Dividendenabschläge geschützt, was zur Folge hat,

dass der Optionsschein im Dividendenfall weniger wert ist als im Nichtdividendenfall. Dieser Tatbestand wird mit Hilfe des sogenannten "Black-Proxy's" [11] berücksichtigt: Nur der Aktienkurs abzüglich des Barwertes der sicheren Dividenden kann sich stochastisch entwickeln [12]. Der laufende Aktienkurs  $S_0$  wird dabei um den Barwert der während der Restlaufzeit anfallenden Dividenden nach unten korrigiert:

$$S_D = S_0 - \sum_{i=1}^n D_i \cdot e^{-r_{f,c} \cdot \tau_i} \quad (4)$$

- $n$  = Anzahl der während der Restlaufzeit der Option anfallenden Dividendenzahlungen  
 $D_i$  = Dividendenzahlung zum Zeitpunkt  $i$   
 $S_D$  = Heutiger Aktienkurs minus Barwert der während der Restlaufzeit anfallenden Dividendenzahlungen  
 $\tau_i$  = Zeit bis zur  $i$ -ten Dividendenzahlung

Dieser korrigierte Aktienkurs  $S_D$  wird dann in die Modellgleichungen (1) und (2) an Stelle von  $S_0$  eingesetzt.

### 2.3 "Pseudo-American-Call" Technik:

Die Modelle Black-Scholes I und Black-Scholes II haben den Nachteil, dass sie nur für europäische Optionen Gültigkeit haben. Kommt es während der Laufzeit des covered warrant zu Dividendenzahlungen, so kann eine vorzeitige Ausübung unter Umständen sinnvoll sein. Als Bewertungsmodell für nicht dividendengeschützte covered warrants amerikanischen Typs wird die "Pseudo-American-Call" Methode [13] verwendet. Zuerst wird der covered warrant unter der Annahme bewertet, dass nicht vorzeitig ausgeübt wird (Bewertungsvorgang nach Black-Scholes II). Da insbesondere der Zeitpunkt unmittelbar vor einer Dividendenzahlung einen potentiellen Termin für eine vorzeitige Ausübung darstellt, wird in einem zweiten Schritt (unter der Annahme, dass jeweils unmittelbar vor einer Dividendenzahlung ausgeübt wird) für jeden Dividendenzeitpunkt ein Optionswert nach Black-Scho-

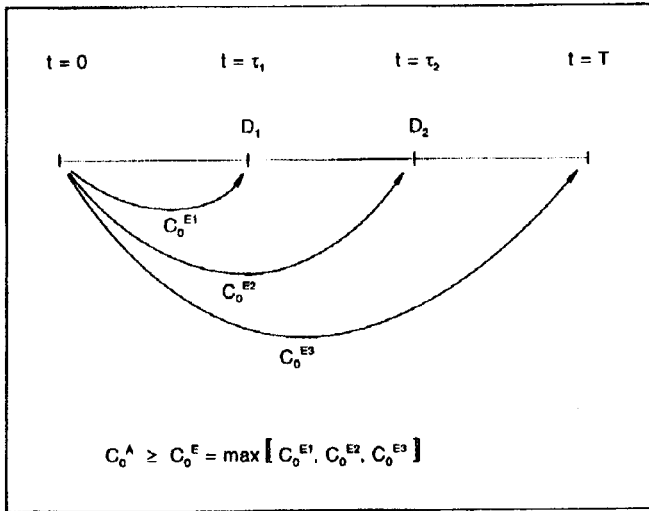
les II ermittelt. In Summe sind  $n + 1$  europäische Call-Optionen zu bewerten. Der höchste Wert aus dieser Reihe von Optionsscheinpreisen stellt eine Wertuntergrenze für den zu bewertenden covered warrant (amerikanische Kaufoption) dar.

Abbildung 2 zeigt für einen covered warrant mit zwei Dividendenzahlungen die Reihe der zu bewertenden europäischen Optionen. Wie der Name "Pseudo-American" bereits andeutet, handelt es sich auch bei dieser Methode um eine Approximation an den arbitragefreien Wert einer ungeschützten amerikanischen Kaufoption. Die Option wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  so bewertet, als ob einer der potentiellen Ausübungszeitpunkte ( $t = \tau_1$ ,  $t = \tau_2$  oder  $t = T$  (siehe Abbildung 2)) für die gesamte Restlaufzeit fixiert ist. Zwischen dem Betrachtungszeitpunkt  $t = 0$  und den Dividendenzahlungen kann sich jedoch (vor allem) der Aktienkurs, und damit die Einschätzung über die vorzeitige Ausübung der Option verändern [14]. Vernachlässigt wird daher insbesondere das (zusätzliche) Recht, entweder zu  $t = \tau_1$ , zu  $t = \tau_2$  oder zu  $t = T$  optieren zu können [15].

### 3. Das Datenmaterial:

Um sinnvolle Aussagen über die Preisbildung auf Kapitalmärkten treffen zu können, ist es notwendig, die Untersuchung auf eine entsprechend lange Zeitperiode abzustellen. Die Betrachtung einer zu kurzen Periode birgt die Gefahr einer Momentaufnahme mit kurzfristigen Extremsituationen in sich, was zu einer möglichen Beeinträchtigung der Untersuchungsergebnisse bezüglich ihrer Repräsentativität führen kann. Als Untersuchungszeitraum wird die Periode vom 3.7.1989 bis zum 28.2.1991 gewählt, die sowohl eine ausgeprägte Hausse-Phase als auch eine ausgeprägte Baisse-Phase enthält. Weiter ist darauf zu achten, dass eine möglichst grosser Anteil der im amtlichen Handel notierten covered warrants einbezogen wird. Verwendet werden die börsentäglichen Schlusskurse aller covered warrants auf Aktien und Partizipations-scheine, die folgende Bedingungen erfüllen:

Abbildung 2: "Pseudo-American-Call" Technik - Ein Beispiel mit zwei Dividenden.



Legende:

- $C_0^{E1}, C_0^{E2}$  = Heutiger Wert europäischer Kaufoptionen, die unmittelbar vor dem jeweiligen Dividendenabschlag verfallen
- $C_0^{E3}$  = Heutiger Wert einer europäischen Kaufoption, die zum gleichen Zeitpunkt wie die amerikanische Option verfällt
- $C_0^E$  = Maximum aus den drei europäischen Kaufoptionen
- $C_0^A$  = Heutiger Wert der amerikanischen Kaufoption

- (a) Durchgehende Notierung im amtlichen Handel vom 3.7.1989 bis 30.4.1990. Daraus ergeben sich 13 covered warrants auf 12 Underlyings [16] (11 Aktien und 1 Partizipationschein).
- (b) Durchgehende Notierung im amtlichen Handel vom 2.5.1990 bis 28.2.1991. Diese Voraussetzung erfüllen 24 covered warrants auf 20 Underlyings [17] (17 Aktien und 3 Partizipationsschein).

Die gesamte Untersuchungsperiode von 20 Monaten (3.7.1989 - 28.2.1991) wird in zwei gleichlange Subperioden zu je 10 Monaten bzw. jeweils 206 Börsentage geteilt. In Anhang 1 und Anhang 2 sind die verwendeten covered warrants mit den Under-

lyings und den wichtigsten Optionsbedingungen aufgelistet, wobei Anhang 1 die in der Periode I verwendeten Titel und Anhang 2 die in der Periode II einbezogenen covered warrants enthält.

Bei der Ermittlung der Modellpreise im Dividendenfall (Black Scholes II und Pseudo-American-Call) sind die während der Restlaufzeit des covered warrant anfallenden Dividendenzahlungen zu berücksichtigen. Die in der Literatur häufig verwendete Methode einer konstanten Dividendenrendite führt bei stärkeren Kursschwankungen der Aktie zu Verzerrungen in den Modellpreisen. In dieser Arbeit werden daher die Dividenden in diskreter Form berücksichtigt. Bis zum zweiten Quartal 1991 werden die tatsächlich gezahlten Dividendenzahlungen verwendet. Für covered warrants mit darüber hinausgehenden Restlaufzeiten wird aus Vereinfachungsgründen, ausgehend von der letzten Dividendenzahlung eine konstante Dividendenpolitik unterstellt.

Die Optionsbedingungen werden bei Kapitalerhöhungen entsprechend den Verwässerungsschutzvereinbarungen in den Emissionsprospekten, den Kundmachungen in den Verordnungsblättern der Wiener Börsenkammer und der Wiener Zeitung angepasst.

Ein weiterer preisbestimmender Faktor ist der risikolose Zinssatz  $r_f$ . Je grösser er ist, desto mehr ist der covered warrant unter sonst gleichen Bedingungen wert. Die Annahme eines einheitlichen risikolosen Zinssatzes über alle Restlaufzeiten führt bei einer positiv geneigten Zinskurve zu einer tendenziellen Unterschätzung des Zinssatzes von covered warrants mit langen Restlaufzeiten und damit zu einer Unterschätzung ihres theoretischen Preises [18]. In der Untersuchungsperiode konnte in Österreich im Durchschnitt eine flache Zinskurve beobachtet werden. So betrug der durchschnittliche Taggeldsatz 8.4 Prozent [19], die durchschnittliche Sekundärmarktrendite 8.5 Prozent [19] und die durchschnittliche Rendite für Bundesschatzscheine mit einer Restlaufzeit von einem Jahr 8.2 Prozent [20]. In den Untersuchungen wird der Mittelwert aus diesen drei Zinssätzen ( $r_f = 8.4$  Prozent) als risikoloser Zinssatz herangezogen. Einer der we-

sentlichsten Bestimmungsfaktoren des Optionspreises ist die Volatilität des Underlyings. Je grösser dessen Volatilität ist, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass am Verfalltag der Aktienkurs über dem Ausübungspreis liegt und umso höher ist deshalb auch der Optionspreis [21]. Alle Inputdaten ausser der Volatilität können direkt beobachtet oder auf relativ einfache Art ermittelt werden. Die in die Modellgleichungen eingehende zukünftige Volatilität der Aktienrenditen ist damit die einzige Schätzgröße. Als Proxy für die nicht beobachtbare zukünftige Volatilität der Underlyings wird auf historische Volatilitäten zurückgegriffen. In der Literatur werden für ähnliche Untersuchungen zur Schätzung historischer Volatilitäten meist die logarithmierten Renditen der letzten 12 Monate herangezogen [22]. In dieser Untersuchung wird die historische Volatilität in einem ersten Schritt aus den letzten 248 Tagesrenditen ( $\approx$  12 Monate) vor dem Bewertungstag des covered warrant geschätzt. In einem zweiten Schritt werden für Vergleichszwecke zusätzlich die historischen Volatilitäten der letzten 62 ( $\approx$  3 Monate) und 124 ( $\approx$  6 Monate) Börsentage vor dem Bewertungstermin ermittelt. Neben der historischen Volatilität wird im 4. Abschnitt auch auf die implizite Volatilität zurückgegriffen.

## 4. Empirische Ergebnisse

### 4.1 Theoretischer Modellpreis versus Marktpreis

Für beide Perioden und alle 13 bzw. 24 covered warrants werden pro Börsentag 3 Modellwerte (3 Modelle) ermittelt, und mit den tatsächlichen Marktpreisen verglichen [23]. Die durchschnittliche prozentuelle Abweichung zwischen theoretischem Modellpreis und dem Marktpreis sowie die Standardabweichung der durchschnittlichen Abweichung sind für alle covered warrants in Anhang 3 und Anhang 4 aufgelistet.

Betrachten wir zuerst die Ergebnisse der Periode I (3.7.89 bis 30.4.90). Die Abweichungen sind je

nach covered warrant sehr unterschiedlich und betragen beispielsweise im Modell Black-Scholes I für den Optionsschein Burgenland 89-94 - 7,7 Prozent, was eine Unterbewertung im entsprechenden Ausmass bedeutet. Für den Optionsschein auf Veitscher Aktien liegt hingegen der Marktpreis durchschnittlich um 60,5 Prozent über dem theoretischen Modellpreis. Die Differenz in den Ergebnissen zwischen Black-Scholes I (Nicht-Dividendenfall) und Black-Scholes II (Dividendenfall) zeigt welche Bedeutung die Berücksichtigung von Dividendenzahlungen bei der Berechnung der Modellpreise hat. Bei allen 13 covered warrants ist die Ausübung des Optionsrechts während der gesamten Laufzeit möglich (amerikanische Option), wodurch bei genügend grossen Dividendenzahlungen eine vorzeitige Ausübung vorteilhaft werden kann. Die Ergebnisse nach dem Pseudo-American-Call Modell (amerikanisch, Dividendenfall) unterscheiden sich jedoch kaum von jenen nach Black-Scholes II (europäisch, Dividendenfall) [24].

Die Periode II ist bei einigen Titeln durch extrem hohe prozentuelle Überbewertungen gekennzeichnet. Durch den Kursrückgang am Kassamarkt sind vor allem die Underlyings der am Höhepunkt der Hausse-Phase (Ende 1989, Anfang 1990) emittierten covered warrants zum Teil beträchtlich unter den Ausübungspreis gesunken. So betrug beispielsweise am 3. Dezember 1990 der Marktpreis für den covered warrant Reininghaus 90-91 99 öS bei einem Kurs der Reininghausaktie von 1680 öS, einem Ausübungspreis von 3100 öS und einem Bezugsverhältnis von 5:1. Die Optionsscheinkäufer waren an diesem Tag offensichtlich bereit, eine Reininghausaktie um 3595 öS zu kaufen. Dies entspricht einer Prämie von 114 % (Restlaufzeit = 0.77 Jahre). Der Modellpreis für eine amerikanische Option mit gleichen Ausstattungsmerkmalen beträgt für den 3.12.1990, unter der Verwendung einer aus den letzten 248 Tagesrenditen geschätzten historischen Volatilität von 46,5 Prozent (p.a.), nur 6,9 öS. Der Marktpreis liegt damit um mehr als das Vierzehnfache über dem theoretisch richtigen Modellpreis bzw. der Modellpreis liegt um 93 % unter dem Marktpreis [25]. Insbesondere bei jenen

covered warrants, die durch eine "out the money" Situation gekennzeichnet sind, konnten solche Abweichungen beobachtet werden.

Diese Ergebnisse resultieren aus der Tatsache, dass bis zur Eröffnung der Österreichischen Termin und Optionenbörse (ÖTOB), am 4. Oktober 1991, in Österreich kein institutionalisiertes Wertpapierleihsystem vorhanden war. Arbitrage war daher bislang nur in Einzelfällen möglich.

Um den verzerrenden Effekt starker Abweichungen in einzelnen Titeln auf die durchschnittliche Abweichung eines Portefeuilles von covered warrants zu vermeiden, wird in der Folge auf sechs Samples mit unterschiedlicher Titelnzusammensetzung zurückgegriffen. Covered warrants mit extremen Abweichungen werden dabei sukzessive ausgeschieden.

Die Ergebnisse dieser Samplebildung sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Tabelle 2: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent. (Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 12 Monate).**

	Black-Scholes I		Black-Scholes II		Pseudo-American-Call	
	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)
Sample 1	18.0	11.7	29.8	15.2	29.7	15.2
Sample 2	14.4	11.2	25.9	14.3	25.8	14.3
Sample 3	37.2	23.0	49.2	29.3	49.1	29.3
Sample 4	22.3	12.6	32.8	17.4	32.7	17.4
Sample 5	96.4	72.6	120.3	89.4	119.8	89.4
Sample 6	29.1	17.6	41.4	23.2	41.2	23.2

(1) DIFF: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent  

$$\left( \frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} - 1 \right) \cdot 100$$

(2) SD: Standardabweichung von DIFF

*Beschreibung der Samplezusammensetzung:*

Sample 1: Alle 13 covered warrants der Periode I.

Sample 2: Alle 13 covered warrants der Periode I ausser Veitsche 89-92 (67855).

Sample 3: Zusammensetzung wie Sample 1, jedoch bezogen auf die Periode II.

Sample 4: Zusammensetzung wie Sample 2, jedoch bezogen auf die Periode II.

Sample 5: Alle 24 Titel der Periode II.

Sample 6: Alle 24 Titel der Periode II ohne die folgenden covered warrants:

Constantia 89-91 (78086), Constantia 90-93 (75210), GZ 89-91 (68161), RZB PS 89-92 (67841), Reininghaus 90-93(65206), Reininghaus 90-91 (62407), Veitscher 89-92 (67855).

Unter der Annahme, dass es sich bei den Modellwerten um eine Richtgrösse für den "richtigen" bzw. "fairen" Preis handelt, weisen alle Samples ein, je nach Periode und Zusammensetzung, unterschiedlich starkes overpricing auf. In der Periode I ist die Überbewertung geringer als in der Periode II. So zeigt Sample 2, gemessen an Pseudo-American-Call Modellwerten, eine Überbewertung von durchschnittlich 25,8 Prozent. Bei gleicher Titelnzusammensetzung (Sample 4) ergibt sich für Periode II eine durchschnittliche Abweichung von 32,7 Prozent. Der allgemeine Kursrückgang am Kassamarkt während der Periode II und das damit einhergehende Absinken der Relation zwischen Aktienkurs (Partizipationsscheinkurs) und Ausübungspreis hat zu einem Anstieg der prozentuellen Überbewertung geführt. So weist Sample 5, das auch covered warrants beinhaltet, die am Höhepunkt des Kursanstiegs am Kassamarkt emittierten wurden, eine Überbewertung von mehr als 100 Prozent auf. Werden jene Optionsscheine, die extreme prozentuelle Abweichungen aufweisen, aus dem Sample herausgenommen, so ergibt sich für die Periode II ein overpricing von durchschnittlich 41,2 Prozent (Sample 6).

Da es sich bei den untersuchten Titeln durchwegs um nicht dividendengeschützte Optionsscheine amerikanischen Typs handelt, wird für die weiteren Untersuchungen die Pseudo-American-Call-Methode verwendet.

Dass die Überbewertung im Zeitablauf nicht konstant ist, zeigt Abbildung 3 für Sample 2 (Periode I) bzw. Sample 4 (Periode II). Das prozentuelle durchschnittliche overpricing entwickelt sich dabei fast



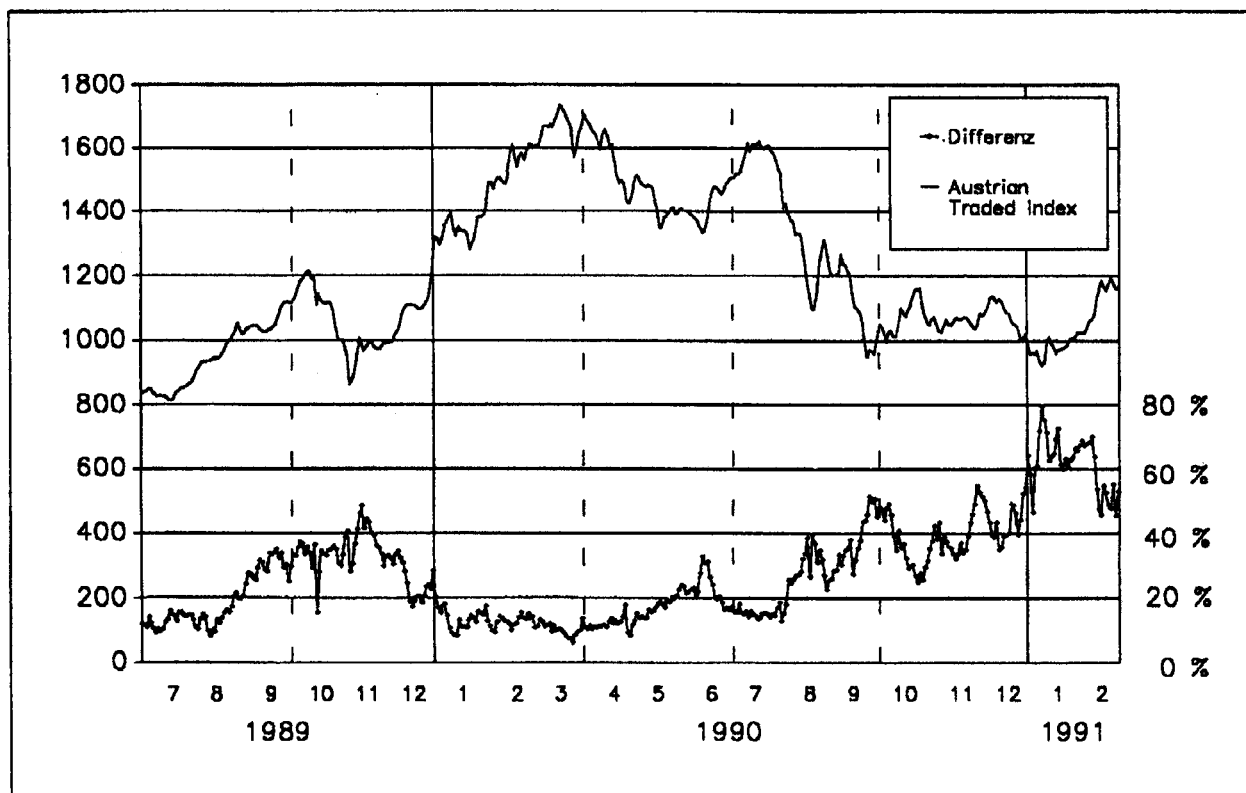
spiegelbildlich zur Höhe des Kursniveaus am Kassamarkt, repräsentiert durch den Austrian Traded Index (ATX) [26]. Daraus liesse sich der vorschnelle Schluss ziehen, dass in Hausse-Phasen das overpricing am Optionsscheinmarkt zurückgeht und in Baisse-Phasen die Überbewertung wieder stark zunimmt. Diese Schlussfolgerung ist allerdings nur bezüglich der prozentuellen Abweichung richtig. Denn je höher die Kurse am Kassamarkt sind, desto stärker sind die covered warrants "in the money", was zwangsläufig zu einem tendenziellen Rückgang der prozentuellen Abweichung führt.

#### 4.2 Mispricing in Abhängigkeit historischer Volatilitätsschätzer

In diesem Abschnitt soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit unterschiedliche historische

Volatilitätsschätzer die Modellpreise und damit auch die Abweichung zwischen Markt- und Modellpreisen beeinflussen. Zu diesem Zweck werden in einem ersten Schritt, analog zu Abschnitt 4.1, für alle Modelle und Samples nochmals die Modellpreise berechnet. Als Schätzer für die zukünftige Aktienvolatilität fungiert nun die Standardabweichung der letzten 62 bzw. 124 Tagesrenditen. Die durchschnittliche Abweichung zwischen diesen neu berechneten Modellpreisen und den am Markt beobachteten covered warrant Preisen sind im Anhang 5 zusammengestellt. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Tabelle 2 (Volatilitätsschätzung aus den letzten 248 Tagesrenditen) zeigt, dass sich an der Existenz einer prozentuellen Überbewertung nichts verändert hat. Nur die Höhe der relativen Abweichungen variiert je nach Volatilitätsschätzer.

Abbildung 3: Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis versus Austrian Traded Index im Zeitablauf.



Achsenbeschriftung links: Austrian Traded Index (ATX)

Achsenbeschriftung rechts: Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent:

$$\left( \frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} - 1 \right) * 100$$

In einem zweiten Schritt wird der Frage nachgegangen, an wievielen Börsentagen over- bzw. underpricing Situationen auftreten. Zu diesem Zweck wird folgende Technik angewendet: Für drei geschätzte Aktienvolatilitäten (aus den letzten 62, 124 und 248 Tagesrenditen) wird für jeden Börsentag ein maximaler und ein minimaler Modellpreis [27] berechnet und mit dem Marktpreis verglichen. Befindet sich der Marktpreis zwischen dem maximalen und dem minimalen Modellpreis, dann wird der Marktpreis als modellkonform (correct pricing) bezeichnet. Befindet er sich hingegen über (unter) dem Modellpreisintervall, so liegt ein overpricing (underpricing) vor. Über die Untersuchungsperiode wird so die Anzahl an Börsentagen mit correct, over- oder underpricing ermittelt.

Diese Untersuchungsvariante führt zu ähnlichen Ergebnissen wie im Abschnitt 4.1. Genau bei jenen covered warrants, für die ein hohes overpricing beobachtet werden kann, liegt auch der Marktpreis an fast allen Börsentagen über dem höchsten Modellpreis (siehe Anhang 6). Umgekehrt liegen die Marktpreise beim einzigen unterbewerteten Optionsschein, LB-Stm 89-94, an rund 95 Prozent aller Börsentage unter dem Modellpreisintervall. In Tabelle 3 sind die zugehörigen Ergebnisse für Sample 1 bis Sample 6 zusammengefasst.

### 4.3 Historische Volatilität versus implizite Volatilität

Die Volatilität des Underlyings, eine der wichtigsten Determinanten für den Optionspreis, muss, da sie nicht direkt beobachtet werden kann, geschätzt werden. Dabei bedient man sich in der Regel historischer Kursreihen der entsprechenden Aktie. Eine andere Form der Volatilitätsschätzung stellt die sogenannte implizite Volatilität dar. Es handelt sich dabei um jene Volatilität, bei welcher der am Markt zuletzt beobachtete Optionsscheinpreis als Modellpreis verwendet wird [28]. Technisch gesehen wird der Marktpreis in die Modellgleichung eingesetzt und diese dann nach der Varianz aufgelöst. Dies unter der Annahme, dass der Marktpreis dem theo-

**Tabelle 3: Mispricing unter Verwendung historischer Volatilitätsschätzer für Periode II und 206 Beobachtungen (Börsentage) je Sample.**

	overpricing		correctpricing		underpricing	
	absolut (Tage)	%	absolut (Tage)	%	absolut (Tage)	%
Sample 1	158.0	76.7%	9.8	4.8%	38.2	18.5%
Sample 2	154.0	74.8%	10.7	5.2%	41.3	20.0%
Sample 3	160.0	77.7%	7.6	3.7%	38.4	18.6%
Sample 4	156.2	75.9%	8.3	4.0%	41.5	20.1%
Sample 5	175.0	85.2%	6.2	3.0%	24.4	11.8%
Sample 6	163.6	79.4%	8.5	4.1%	33.9	16.5%

Durchschnittlich kommt es, je nach Samplezusammensetzung, an 75 bis 85 Prozent aller Börsentagen zu einem overpricing und an 12 bis 20 Prozent aller Börsentage zu einem underpricing. In nur 3 bis 5 Prozent aller Fälle liegt der Marktpreis im Intervall zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Modellpreis.

retisch richtigen Preis entspricht. In Anhang 7 sind für die Periode II und alle 24 covered warrants die geschätzten durchschnittlichen historischen Volatilitäten (annualisierte Standardabweichung), die aus historischen Aktienrenditen berechnet werden, sowie die durchschnittlichen impliziten Volatilitäten aufgelistet. Entsprechend dem in den vorhergehenden Abschnitten beobachteten overpricing, liegen die impliziten Volatilitäten fast durchwegs über den historisch geschätzten Volatilitäten.

Ein Vergleich der durchschnittlichen historischen mit der impliziten Volatilität der sechs Samples (siehe Tabelle 4) zeigt folgendes Ergebnis: Die historischen Volatilitäten betragen, egal welche Periode und welche Titelizeusammensetzung betrachtet wird, im Durchschnitt rund 40 Prozent (p.a.). Die durchschnittliche implizite Volatilität ist demgegenüber (ebenfalls unabhängig von Periode und Titelizeusammensetzung) mehr als doppelt so hoch (rund 80 Prozent).

**Tabelle 4: Historische Volatilitäten versus implizite Volatilität.**

	Historische Volatilitäten			Implizite Volatilität
	HVOL62 (1)	HVOL124 (2)	HVOL248 (3)	IMPVOL (4)
Sample 1	39.0	39.4	37.0	79.0
Sample 2	38.6	39.0	36.8	75.9
Sample 3	38.8	40.5	41.1	87.1
Sample 4	38.0	39.7	40.5	81.9
Sample 5	38.4	39.8	40.5	85.9
Sample 6	38.5	40.4	40.8	81.6

(1) HVOL62: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung geschätzt aus den letzten 62 Tagesrenditen in Prozent.

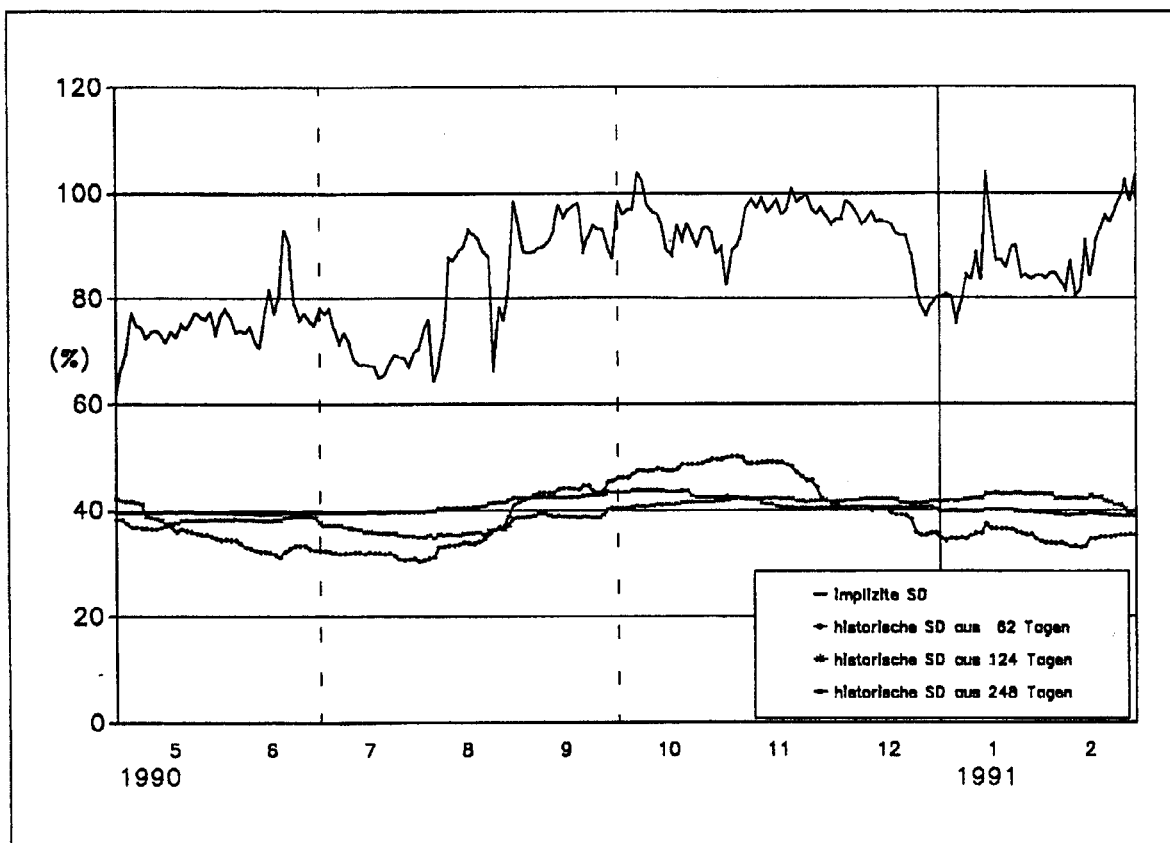
(2) HVOL124: Durchschnittliche annualisierte Standardab-

weichung geschätzt aus den letzten 124 Tagesrenditen in Prozent.

(3) HVOL248: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung geschätzt aus den letzten 248 Tagesrenditen in Prozent.

(4) IMPVOL: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung in Prozent.

Eine Gegenüberstellung der zeitlichen Entwicklung zeigt Abbildung 4 für die Periode II. Die implizite Volatilität schwankt zwar stärker als die historischen Volatilitäten, sie liegt aber mit einigem konstantem Abstand weit über den historischen Volatilitäten. Nur im August 1990 ist eine leichte Zunahme der impliziten Volatilität und damit des allgemeinen overpricing erkennbar. In keiner Phase kommt es zu einer signifikanten Annäherung oder gar zu einem Schnittpunkt der historischen mit der impliziten Volatilität.

**Abbildung 4: Durchschnittliche historische Volatilitäten versus implizite Volatilität: Annualisierte Standardabweichung (SD) in Prozent für Sample 5 und Periode II.**

## 5. Zusammenfassung

Anhand von drei Standardbewertungsmodellen der Optionspreistheorie, die auf dem Grundkonzept von Black/Scholes aufbauen, wurde der österreichische covered warrant Markt auf Preisbildungsfragen hin untersucht. Unter der Prämisse, dass die ermittelten Modellpreise "faire", arbitragefreie Preise darstellen, zeigt sich, dass abgesehen von wenigen Ausnahmen, bei allen beobachteten Titeln die Marktpreise gemessen an den Modellpreisen zu hoch sind. Insbesondere in "out the money" Situationen kann das prozentuelle overpricing extreme Ausmasse erreichen. Im Durchschnitt liegen in Periode I und Periode II die Marktpreise um rund 25 bis 32 Prozent (Sample 2 und Sample 4) über den theoretischen Modellpreisen. Diese Überbewertung ist keine temporäre Erscheinung, sondern kann während der gesamten Untersuchungsperiode beobachtet werden. Durchschnittlich kommt es an 75 bis 80 Prozent aller Börsentage zu überhöhten Marktpreisen.

Ein ähnliches Ergebnis liefert der Vergleich von impliziter und historischer Volatilität. Die implizite Volatilität liegt in der Untersuchungsperiode durchschnittlich bei einem annualisierten Wert für die Standardabweichung von gut 80 Prozent, gegenüber einer durchschnittlichen historischen Volatilität von rund 40 Prozent. Auch diese Untersuchungsvariante bestätigt das Phänomen einer Überbewertung des Marktes für österreichische covered warrants.

Einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer empirischer Untersuchungen über die Preisbildung von Optionsscheinen zeigt Anhang 8. Die Höhe der relativen Abweichung ist zwar, je nach untersuchtem Markt, der Samplegrösse und der betrachteten Periode verschieden, in allen angeführten Studien liegen die Marktpreise aber zum Teil deutlich über den Modellpreisen. Die Ergebnisse in dieser Studie sind daher kein rein österreichisches Spezifikum. Empirische Untersuchungen über die Preisbildung von traded options (Optionen die an einer eigens dafür geschaffenen Optionsbörse (CBOE, DTB, SOFFEX, ÖTOB, etc.) gehandelt werden) zeigen,

dass die Marktpreise näher bei den Modellpreisen liegen. So hat beispielsweise WHALEY [29] die Preisbildung amerikanischer Kaufoptionen unter Verwendung von drei Bewertungsmodellen [30] untersucht. Die beobachteten Marktpreise liegen, je nach Modell, durchschnittlich um (nur) 1,08 bis 2,15 Prozent über den ermittelten Modellpreisen. Die Frage nach den Ursachen für diese auf Optionscheinmärkten beobachtbaren, nicht modellkonformen Preise, lässt sich nur mit der Verletzung wesentlicher Grundannahmen des Black-Scholes Modells beantworten. So führt in Österreich das Fehlen eines entsprechenden Wertpapierleihsystem dazu, dass theoretisch vorhandene Arbitragemöglichkeiten zwischen Kassa- und Optionsscheinmarkt in den meisten Fällen praktisch nicht gewinnbringend genutzt werden können.

Unter dem Gesichtspunkt der Etablierung der Österreichischen Termin und Optionenbörse (ÖTOB) als organisierten und in diesem Sinn "effizienten" Markt für Termin- und Optionskontrakte, könnte sich auch für den österreichischen Optionsscheinmarkt eine entsprechende Effizienzsteigerung ergeben.

**Anhang 1: Datenmaterial für Periode I (3.7.1989 bis 30.4.1990)\* zum Stichtag 3.7.1989.**

Nr	WPNr (1)	Covered Warrant	Underlying	ANZ (2)	Optionsfrist	X (3)	BV (4)
1	33604	Burgenland 89-94	LB - PS	206	01.12.89-30.11.94	368	1:10
2	15614	CA/77/IIC	CA-Vzg	206	15.10.78-14.10.92	1800	5:2
3	65205	Hild 89-92	Hild-Vzg	206	01.07.89-28.02.92	600	2:1
4	75185	LB - PS 89-93	LB - PS	206	15.07.89-15.01.93	398	1:1
5	18547	LB - Vzg 87-92	LB - Vzg	206	01.02.87-31.01.92	390	1:5
6	43506	LB - Stm 89-94	LB - Stm	206	01.02.89-31.01.94	390	1:1
7	75195	Lenzing 89-92	Lenzing	206	01.06.89-31.05.92	970	1:1
8	78085	Leipnik 89-91	Leibnik-Stm	206	12.06.89-12.06.91	600	2:1
9	73266	Meinl 89-92	Meinl	206	01.07.89-28.02.92	1325	2:1
10	68158	Radex 89-91	Randex	206	20.03.89-20.12.91	480	1:1
11	64801	Universale 89-91	Universale	206	01.06.89-31.05.91	1450	1:1
12	67855	Veitscher 85-92	Veitscher	206	01.06.89-31.01.92	910	1:1
13	64800	Wienerb. 89-92	Wienerb.	206	01.06.89-29.05.92	2900	5:1

- (1) WPNr: Wertpapierkennnummer  
(2) ANZ: Anzahl der Beobachtungen  
(3) X: Ausübungspreis  
(4) BV: Bezugsverhältnis

**Anhang 2: Datenmaterial für die Periode II (2.5.1990 bis 28.2.1991)\* zum Stichtag 2.5.1990.**

Nr	WPNr (1)	Covered Warrant	Underlying	ANZ (2)	Optionsfrist	X (3)	BV (4)
1	33604	Burgenland 89-94	LB-PS	206	01.12.89-30.11.94	368	1:10
2	15614	CA/77/IIC	CA-Vzg	206	15.10.78-14.10.92	1800	5:2
3	65205	Hild 89-92	Hild-Vzg	206	01.07.89-28.02.92	600	2:1
4	75185	LB-PS 89-93	LB-PS	206	15.07.89-15.01.93	398	1:1
5	18547	LB-Vzg 87-92	LB-Vzg	206	01.02.87-31.01.92	390	1:5
6	43506	LB-Stm 89-94	LB-Stm	206	01.02.89-31.01.94	390	1:1
7	75195	Lenzing 89-92	Lenzing	206	01.06.89-31.05.92	970	1:1
8	78085	Leipnik 89-91	Leibnik-Stm	206	12.06.89-12.06.91	600	2:1
9	73266	Meinl 89-92	Meinl	206	01.07.89-28.02.92	1325	2:1
10	68158	Radex 89-91	Radex	206	20.03.89-20.12.91	480	1:1
11	64801	Universale 89-91	Universale	206	01.06.89-31.05.91	1450	1:1
12	67855	Veitscher 89-92	Veitscher	206	01.06.89-31.01.92	910	1:1
13	64800	Wienerb. 89-92	Wienerb.	206	01.06.89-29.05.92	2585	5:1
14	67840	Bundesl. 89-92	Bundesl.PS	206	01.08.89-31.07.92	620	1:1
15	78086	Constantia 89-91	Constantia	206	17.07.89-16.07.91	1400	10:1
16	75210	Constantia 90-93	Constantia	196	01.02.90-31.01.93	1750	4:1
17	68161	GZ 89-91	GZ-PS	206	09.11.89-29.11.91	400	1:1
18	62408	LB-PS 90-94	LB-PS	206	02.05.90-13.09.94	540	2:1

**Anhang 2: Fortsetzung**

Nr	WPNr (1)	Covered Warrant	Underlying	ANZ (2)	Optionsfrist	X (3)	BV (4)
19	75186	ÖMV 90-93	ÖMV	206	01.02.90-31.01.93	8500	20:1
20	75200	Perlmooser 89-92	Perlmoser	205	01.08.89-31.07.92	1250	1:1
21	65207	Radex 90-93	Radex	206	01.09.92-31.01.93	940	3:1
22	65206	Reiningh. 90-93	Reiningh.	205	01.09.92-31.01.93	2800	10:1
23	62407	Reiningh. 90-91	Reiningh.	201	12.03.90-12.09.91	3100	5:1
24	67841	RZB-PS 89-92	RZB-PS	206	16.08.89-15.08.92	419	1:1

- (1) WPNr: Wertpapierkennnummer  
(2) ANZ: Anzahl der Beobachtungen  
(3) X: Ausübungspreis  
(4) BV: Bezugsverhältnis

\* Die Daten wurden den Verordnungsblättern der WIENER BÖRSENKAMMER entnommen.

**Anhang 3: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis für Periode I (in Prozent). Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 12 Monate.**

WPNr (3)	covered warrant	Black-Scholes I		Black-Scholes II		Pseudo-American-Call	
		DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)
33604	Burgenland 94	-7.7	22.3	18.3	30.8	18.3	30.8
15614	CA/77/II/C	4.6	12.8	12.8	13.2	12.7	13.2
65205	Hild 89-92	34.7	15.4	48.9	17.5	48.9	17.5
75185	LB-PS 89-93	24.0	34.4	52.2	46.5	52.2	46.5
18547	LB-Vzg 87-92	14.2	22.4	27.6	28.8	27.6	28.8
43506	LB-Stm 89-94	-2.2	9.6	11.3	15.5	11.3	15.5
75195	Lenzing 89-92	19.0	17.1	27.6	22.1	27.6	22.1
78085	Leipnik 89-91	40.3	17.6	47.5	20.0	47.5	20.0
73266	Meinl 89-92	-10.7	7.2	-6.5	8.3	-6.5	8.3
68158	Radex 89-91	6.2	15.6	14.0	20.2	14.0	20.2
64801	Universale 89-91	32.5	22.5	34.9	23.6	34.9	23.6
67855	Veitscher 89-92	60.5	27.3	76.9	34.8	76.9	34.8
64800	Wienerberger 89-92	18.3	11.9	21.7	11.9	20.7	11.9

- (1) DIFF: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent  

$$\left( \frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} - 1 \right) * 100$$
  
(2) SD: Standardabweichung von DIFF  
(3) WPNr: Wertpapierkennnummer

**Anhang 4: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis für Periode II (in Prozent) Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 12 Monate.**

WPNr	covered warrant	Black-Scholes I		Black-Scholes II		Pseudo-American-Call	
		DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)
(3)							
33604	Burgenland 89-94	-10.2	9.4	12.9	13.0	12.9	13.0
15614	CA/77/IIC	17.1	16.1	24.8	20.9	24.8	20.9
65205	Hild 89-92	130.0	90.3	170.8	124.1	170.8	124.1
75185	LB-PS 89-93	38.9	23.6	64.2	35.4	64.2	35.4
18547	LB-Vzg 87-92	23.3	28.8	30.7	33.5	30.7	33.5
43506	LB-Stm 89-94	-11.5	4.5	-8.1	4.7	-8.1	4.7
75195	Lenzing 89-92	9.7	13.0	14.0	13.9	14.0	13.9
78085	Leipnik 89-91	21.1	22.6	15.6	25.5	15.6	25.5
73266	Meinl 89-92	5.5	10.9	8.4	11.5	8.4	11.5
68158	Radex 89-91	7.8	13.5	11.6	14.5	11.6	14.5
64801	Universale 89-91	27.4	18.8	27.7	19.0	27.7	19.0
67855	Veitscher 89-92	215.4	159.2	246.1	184.8	246.1	184.8
64800	Wienerb. 89-92	18.2	6.7	20.3	7.0	19.4	6.8
67840	Bundesl. 89-92	5.2	11.9	11.0	14.0	9.5	13.4
78086	Constantia 89-91	243.1	196.8	302.0	256.3	291.9	25.9
75210	Constantia 90-93	109.6	79.1	145.8	102.4	145.8	102.4
68161	GZ 89-91	375.7	385.9	484.7	514.5	484.7	514.5
62408	LB-PS 90-94	22.7	16.2	62.5	32.0	62.5	32.0
75186	ÖMV 90-93	80.8	23.2	97.0	27.5	97.0	27.5
75200	Perlmooser 89-92	5.6	16.5	12.1	19.3	11.3	19.2
65207	Radex 90-93	111.5	104.7	127.8	119.2	-	-
65206	Reininghaus 90-93	176.2	110.0	196.8	123.5	-	-
62407	Reininghaus 90-91	615.2	596.0	682.2	669.4	682.2	669.4
67841	RZB-PS 89-92	96.9	86.8	139.5	119.3	139.5	119.3

(1) DIFF: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent

$\left(\frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} - 1\right) \cdot 100$

(2) SD: Standardabweichung von DIFF

(3) WPNr: Wertpapierkennnummer

**Anhang 5: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis für Sample 1 bis 6 (in Prozent).**

Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 62 Tage

	Black-Scholes I		Black-Scholes II		Pseudo-American-Call	
	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)
Sample 1	12.6	9.0	22.5	10.6	22.5	10.6
Sample 2	10.2	8.9	20.0	10.3	19.9	10.3
Sample 3	50.8	48.9	67.2	63.7	67.1	63.7
Sample 4	24.5	12.1	35.7	16.8	35.6	16.8
Sample 5	156.9	192.9	197.8	241.6	197.2	241.6
Sample 6	30.9	18.7	44.1	25.0	43.9	25.0

Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 124 Tage

	Black-Scholes I		Black-Scholes II		Pseudo-American-Call	
	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)	DIFF (1)	SD (2)
Sample 1	14.2	10.9	24.7	13.4	24.6	13.4
Sample 2	11.4	10.7	21.6	13.0	21.6	13.0
Sample 3	37.1	20.5	49.3	26.2	49.2	26.2
Sample 4	24.3	12.3	35.4	16.9	35.3	16.8
Sample 5	91.9	59.0	115.0	71.4	114.5	72.4
Sample 6	29.1	15.2	41.7	20.2	41.5	20.2

(1) DIFF: Durchschnittliche Abweichung zwischen Markt- und Modellpreis in Prozent.  

$$\left( \frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} - 1 \right) * 100$$

(2) SD: Standardabweichung von DIFF

*Beschreibung der Samplezusammensetzung:*

Sample 1: Alle 13 covered warrants der Periode I.

Sample 2: Alle 13 covered warrants der Periode I ausser Veitscher 89-92 (67855).

Sample 3: Zusammensetzung wie Sample 1, jedoch bezogen auf die Periode II.

Sample 4: Zusammensetzung wie Sample 2, jedoch bezogen auf die Periode II.

Sample 5: Alle 24 Titel der Periode II.

Sample 6: Alle 24 Titel der Periode II ohne die folgenden covered warrants:

Constantia 89-91 (78086), Constantia 90-93 (75210), GZ 89-91 (68161), RZB PS 89-92 (67841), Reininghaus 90-93(65206), Reininghaus 90-91 (62407), Veitscher 89-92 (67855).



**Anhang 6: Mispricing unter Verwendung historischer Volatilitätsschätzer für Periode II.**

WPNr	covered warrant	overpricing		correct pricing		underpricing	
		absolut (Tage)	Prozent	absolut (Tage)	Prozent	absolut (Tage)	Prozent
(1)							
33604	Bgld 89-94	142	68.9	40	19.4	24	11.7
15614	CA/77/IIC	202	98.1	0	0.0	4	1.9
65205	Hild 89-92	206	100.0	0	0.0	0	0.0
75185	LB-PS 89-93	206	100.0	0	0.0	0	0.0
18547	LB-V 87-92	142	68.9	0	0.0	64	31.1
43506	LB-S 89-94	11	5.3	0	0.0	195	94.7
75195	Lenzing 89-92	188	91.3	9	4.4	9	4.4
78085	Leipnik 89-91	145	70.4	2	1.0	59	28.6
73266	Meinl 89-92	122	59.2	39	18.9	45	21.8
68158	Radex 89-91	128	62.1	9	4.4	69	33.5
64801	Universale 89-91	176	85.4	0	0.0	30	14.6
67855	Veitscher 89-92	206	100.0	0	0.0	0	0.0
64800	Wienerb. 89-92	206	100.0	0	0.0	0	0.0
67840	Bundesl. 89-92	155	75.2	33	16.0	18	8.7
78086	Constantia 89-91	206	100.0	0	0.0	0	0.0
75210	Constantia 90-93	196	100.0	0	0.0	0	0.0
68161	GZ-PS 89-91	206	100.0	0	0.0	0	0.0
62408	LB-PS 90-94	206	100.0	0	0.0	0	0.0
75186	ÖMV 90-93	206	100.0	0	0.0	0	0.0
75200	Perlmooser 89-92	135	65.9	10	4.9	60	29.3
65207	Radex 90-93	204	99.0	2	1.0	0	0.0
65206	Reininghaus 90-93	205	100.0	0	0.0	0	0.0
62407	Reininghaus 90-91	201	100.0	0	0.0	0	0.0
67841	RZB-PS 89-92	201	97.6	2	1.0	3	1.5

(1) WPNr: Wertpapierkennnummer

### Anhang 7: Durchschnittliche historische Volatilitäten versus implizite Volatilitäten für Periode II (annualisierte Standardabweichung in % p.a.)

WPNr	covered warrant	underlying	Historische Volatilitäten			Implizite Volatilität
			HVOL62 (2)	HVOL124 (3)	HVOL248 (4)	IMVOL (5)
(1)						
33604	Burgenland 89-94	LB-PS	39.5	40.8	41.1	49.6
156614	CA/77/IIC	CA-Vzg	34.0	35.4	37.5	111.1
65205	Hild 89-92	Hild-Vzg	34.8	37.4	42.6	115.7
75185	LB-PS 89-93	LB-PS	39.5	40.8	41.1	75.0
18547	LB-Vzg 87-92	LB-Vzg	29.9	32.6	35.1	61.8
43506	LB-Stm 89-94	LB-Stm	24.9	29.6	33.5	3.4
75195	Lenzing 89-92	Lenzing	32.8	34.5	36.7	60.4
78085	Leipnik 89-91	Leibnik-Stm	31.9	33.7	36.0	51.3
73266	Meinl 89-92	Meinl	53.9	53.5	48.0	61.4
68158	Radex 89-91	Radex	44.8	44.5	42.0	65.1
64801	Universale 89-91	Universale	49.7	51.2	49.5	230.1
67855	Veitscher 89-92	Veitscher	48.0	50.8	48.3	148.7
64800	Wienerberger 89-92	Wienerberger	40.4	41.8	43.1	107.2
67840	Bundesländer 89-92	Bundesländer	35.8	37.6	45.3	56.7
78086	Constantia 89-91	Constantia	38.3	38.7	36.7	103.7
75210	Constantia 90-93	Constantia	38.3	38.7	36.7	68.0
68161	GZ 89-91	GZ-PS	26.4	26.3	31.3	70.2
62408	LB-PS 90-94	LB-PS	39.5	40.8	41.1	63.9
75186	ÖMV 90-93	ÖMV	41.0	43.9	41.9	126.0
75200	Perlmooser 89-92	Perlmooser	36.7	37.2	36.3	40.0
65207	Radex 90-93	Radex	44.8	44.5	42.0	102.5
65206	Reininghaus 90-93	Reininghaus	45.0	46.1	48.0	116.3
62407	Reininghaus 90-91	Reininghaus	45.0	46.1	48.0	99.6
67841	RZB-PS 89-92	RZB-PS	26.6	27.8	30.6	71.1

(1) WPNr: Wertpapierkennnummer

(2) HVOL62: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung geschätzt aus den letzten 62 Tagesrenditen in Prozent.

(3) HVOL124: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung geschätzt aus den letzten 124 Tagesrenditen in Prozent.

(4) HVOL248: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung geschätzt aus den letzten 248 Tagesrenditen in Prozent.

(5) IMPVOL: Durchschnittliche annualisierte Standardabweichung in Prozent.

## Anhang 8: Vergleich einer Auswahl empirischer Untersuchungen zur Preisbildung von Optionscheinen (1)

Autoren	FERRI (2)	SCHULZ (3)	STUCKI (4)	WASSERFALLEN (5)	Diese Studie
Märkte	USA	BRD	Schweiz	Schweiz	Österreich (6)
Black-Scholes I	+ 4.2%	-	+ 4.8%	+ 30.0%	+ 22.3 %
Black-Scholes II	+ 10.9%	+ 5.5%	+ 22.6%	+ 39.0%	+ 32.8%
Pseudo-American-Call	-	+ 0.1%	+ 22.2%	+ 38.4%	+ 32.7%

(1) Für alle Studien wurden die relativen Abweichungen auf folgende Form adaptiert:

$$\text{Abweichung} = \left[ \frac{\text{Marktpreis} - \text{Modellpreis}}{\text{Modellpreis}} \right] \cdot 100$$

(2) FERRI/KREMER/OBERHELMAN (1986)

(3) SCHULZ/TRAUTMANN (1989)

(4) STUCKI (1989)

(5) WASSERFALLEN/STUCKI/JACOBS (1991)

(6) Sample 4, Zeitraum für die Volatilitätsschätzung: 12 Monate

### Fussnoten

- [1] Vgl. KLEIN (1990), p. 283.
- [2] Vgl. ZIEMER (1990), p. 514.
- [3] Vgl. PITAK (1991), p. 207.
- [4] Vgl. SCHUSTER (1990), p. 157.
- [5] Vgl. EBERLE (1990), p. 182.
- [6] Vgl. CHEW (1989b), pp. 44f.
- [7] Vgl. CHEW (1989b), p. 41.
- [8] Vgl. CHEW (1989b), p. 41.
- [9] Vgl. CHEW (1989a), pp. 34ff.
- [10] Vgl. COX/RUBINSTEIN (1985), pp. 196ff; UHLIR/STEINER (1991), pp. 240ff.; GRÜNBICHLER (1990), pp. 199ff.
- [11] Vgl. BLACK (1975), p. 41.
- [12] Vgl. UHLIR/STEINER (1991), p. 248.
- [13] Vgl. JARROW/RUDD (1983), pp. 124 ff; STUCKI (1989), p. 125.
- [14] Vgl. ZIMMERMANN (1988), p. 266.
- [15] Vgl. UHLIR/STEINER (1991), p. 264.
- [16] Der Optionsschein auf TAG-Aktien (TAG 89-93) wird in das Sample nicht aufgenommen, da von der zugehörigen Aktie zur Ermittlung der Volatilität zu wenig Kursvorfälle vorliegen (die TAG-Aktie wurde erst am 26.6.1989 in den amtlichen Handel eingeführt).
- [17] Die beiden covered warrants Hild Stm 89-92 und MIBA KAS 90-93 werden aufgrund der für die Volatilitätsschätzung zu geringen Anzahl an Kursvorfällen bei den Underlyings nicht einbezogen.
- [18] Vgl. MEIER (1986), p. 29.
- [19] Werte entnommen und berechnet aus: Statistische Monatsberichte der ÖSTERREICHISCHEN NATIONALBANK, diverse Ausgaben 1990 und 1991, Tabelle 5.4.
- [20] Werte entnommen und berechnet aus: Kursblatt der WIENER WERTPAPIERBÖRSE, diverse Ausgaben, p. 11.
- [21] Vgl. Meier (1986), p. 26.
- [22] Vgl. SCHULZ/TRAUTMANN (1989), p. 20; STUCKI (1989), p. 120; WASSERFALLEN/STUCKI/JACOBS (1991), p. 12.
- [23] In Summe werden über 5500 Marktpreise mit rund 50000 Modellwerten verglichen.
- [24] Ähnlich geringe Differenzen zwischen Black-Scholes im Dividendenfall und der Pseudo-American-Call Methode treten bei Optionsscheinen auf Schweizer Aktien auf (vgl. STUCKI (1989), p. 127).
- [25] SCHULZ/TRAUTMANN haben in ihrer Untersuchung über warrants auf deutsche Aktien trotz einer mittleren Abweichung von nahezu null, in Extremsituationen Modellpreise errechnet, die um bis zu 76 Prozent unter den Marktpreisen liegen; vgl. SCHULZ/TRAUTMANN (1989), p. 25, Tab. 4.
- [26] Vgl. GRÜNBICHLER (1991), pp. 432ff.

- [27] Berechnet nach der Pseudo-American-Call Technik.  
[28] Vgl. COX/RUBINSTEIN (1985), p. 278.  
[29] Vgl. WHALEY (1982), pp. 29-58.  
[30] WHALEY (1982) verwendet die folgenden drei Modelle:  
(a) Roll/Geske/Whaley - Bewertungsmodell (für amerikanische Kaufoptionen bei einer sicheren Dividendenzahlung während der Restlaufzeit der Option)  
(b) Pseudo-American-Call Methode  
(c) Black-Scholes Modell, adjustiert um Dividendenzahlungen

### Literatur

- BLACK, F. (1975): "Fact and Fantasy in the Use of Options", *Financial Analysts Journal*, July - August, pp. 36-41 und 61-72.
- CHEW, L. (1989a): "Dealing in Abstractions", *Risk* 2, March, pp. 34-40.
- CHEW, L. (1989b): "Breaking Cover", *Risk* 2, October, pp. 41-45.
- COX, J. and M. RUBINSTEIN (1985): "Options Markets", Prentice-Hall, New Jersey.
- EBERLE, M. (1990): "Bedeutung und Liquidität der Stillhalter-Optionen im Schweizer Optionenmarkt", *Finanzmarkt und Portfolio Management* 4, pp. 179-188.
- FERRI, M., KREMER, J. AND D. OBERHELMAN (1986): "An Analysis of the Pricing of Corporate Warrants", *Advances in Futures and Options Research* 1, pp. 201-226, JAI Press Inc.
- GRÜNBICHLER, A. (1990): "Die Bewertung von Optionen auf Aktien oder Wozu taugt Black/Scholes?", in: UHLIR, H., FEUCHTMÜLLER, GRÜNBICHLER, A. UND W. SCHUSTER (Hrsg.) (1990) : "Optionen-Futures-Swaps", *Bankwissenschaftliche Schriftenreihe*, Band 74, Bank Verlag, Wien, pp. 194-215.
- GRÜNBICHLER, A. (1991): "Austrian Traded Index (ATX) im Vergleich mit internationalen Aktienindices", *Österreichisches Bankarchiv* 39, pp. 432-441.
- JARROW, R. und A. RUDD (1983): "Option Pricing", Irwin, Homewood, Illinois.
- KLEIN, H-D. (1990): "Gedekte Optionsscheine auf deutsche Aktien", *Die Bank*, Mai, pp. 283-286.
- MEIER, P. (1986): "Der Einfluss der Restlaufzeit bei der Bewertung von Schweizerfranken-Optionsscheinen", *Finanzmarkt und Portfolio Management* 1, pp. 25-36.
- ÖSTERREICHISCHE NATIONALBANK: *Statistische Monatsberichte*, diverse Ausgaben.
- PITAK, E. (1991): "Der österreichische Optionsscheinmarkt - Bilanz der letzten fünf Jahre und Zukunftsaussichten", *Österreichisches Bankarchiv* 39, pp. 207-208.
- SCHULZ, G.U. und S. TRAUTMANN (1989): "Valuation of Warrants - Theory and Empirical Tests of Warrants Written on German Stocks", Second Draft, Frankfurt/Stuttgart.
- SCHUSTER, W. (1990): "Ist ein funktionierender Optionsscheinmarkt Voraussetzung für eine erfolgreiche Optionsbörse?", in: UHLIR, H., FEUCHTMÜLLER, GRÜNBICHLER, A. UND W. SCHUSTER (Hrsg.) (1990) : "Optionen-Futures-Swaps", *Bankwissenschaftliche Schriftenreihe*, Band 74, Bank Verlag, Wien, pp. 157-171.
- STUCKI, T. (1989): "Die Preisbildung von Optionsscheinen in der Schweiz - Eine empirische Untersuchung", *Finanzmarkt und Portfolio Management* 3, pp. 117 - 131.
- UHLIR, H. und P. STEINER (1991): "Wertpapieranalyse", 2. Auflage, Physica Verlag, Heidelberg.
- WASSERFALLEN, W., STUCKI, T. und A. JACOBS (1991): "Die Bewertung von Stillhalter Optionen", Working Paper, Studienzentrums Gerzensee, Februar, pp. 1 - 27.
- WHALEY, R. (1982): "Valuation of American Call Options on Dividend-Paying Stocks: Empirical Tests", *Journal of Financial Economics* 10, pp. 29-58.
- WIENER BÖRSEKAMMER: *Amtliches Kursblatt der Wiener Wertpapierbörse*, diverse Ausgaben, 1989-1991.
- WIENER BÖRSEKAMMER: *Verordnungsblätter der Wiener Börsekammer*, diverse Ausgaben, 1989 - 1991.
- ZIEMER, N. (1990): "Markt für Optionsscheine gewinnt weiter an Bedeutung", *Die Bank*, September, pp. 507-517.
- ZIMMERMANN, H. (1988): "Preisbildung und Risikoanalyse von Aktienoptionen", *Schweizerisches Institut für Aussenwirtschaft-, Struktur- und Regionalforschung an der Hochschule St. Gallen*, Band 16, Verlag Rüegger, Grösch.