

Wandel- und Optionsanleihen als Finanzierungsinstrument

Diplomarbeit

am

Institut für Schweizerisches Bankwesen
Universität Zürich

Prof. Dr. Christoph Auckenthaler

Fach: Corporate Finance

Fachgebiet: Finance

Verfasser: Kudret Kutbay

Lauriedhofweg 4B

6300 Zug

Tel. 041 710 53 19

E-Mail: kkutbay@yahoo.com

Betriebswirtschaftslehre, 9. Semester

Zürich, den 27. Dezember 2000

Executive Summary

1. Problemstellung

Die unter den Marktteilnehmern vorherrschenden Informations-, Ziel- und Interessenasymmetrien sorgen dafür, dass Unternehmen nach wie vor spezielle Finanzierungsinstrumente wie die hybriden Wandel- und Optionsanleihen emittieren. Diese Arbeit untersucht diese beiden Instrumente aus der Sicht des Corporate Finance.

Hybride Finanzinstrumente beinhalten Elemente von Obligationen und bedingten Ansprüchen (contingent claims). Es sind dies einerseits Zinszahlungen und Rückzahlung des Nennwertes und andererseits weitere Rechte, die eine Beteiligung am Eigenkapital des Emittenten versprechen.

Während die Bewertung der Obligationenkomponente der Optionsanleihe vereinfacht mit dem DCF-Ansatz durchgeführt werden kann, verlangt die Bewertung des Optionsscheines eine genauere Analyse, weil eine allfällige Ausübung zur Verwässerung der Beteiligungsrechte der bisherigen Anteilseigner führt.

Das Problem bei der Bewertung von Wandelanleihen liegt darin, dass die verschiedenen Klauseln in solchen Verträgen mehrere implizit vorhandene Optionen repräsentieren, welche sich gegenseitig beeinflussen. So bewirkt zum Beispiel die Kündigungsoption, die der Emittent hält, dass der Wert der Wandlungsoption bei einer Kündigung sofort erlischt. Aus diesem Grund kann aus der Sicht eines Investors eine Wandelanleihe nicht einfach als lange Position in einer Obligation und einer Call-Option für das Wandlungsrecht plus einer kurzen Call-Option für das Kündigungsrecht betrachtet werden.

2. Vorgehen

Im ersten Teil der Arbeit werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie Gründe für die Existenz der beiden Instrumente sowohl aus finanztheoretischer als auch aus finanzpraktischer Sicht aufgezeigt.

Auf der Seite der finanztheoretischen Sicht werden zuerst die Grundlagen der Agency-Theorie erörtert, welche dann auf die Signaling- und Pecking-Order-Theorie erweitert werden. Zusammen mit dem Erklärungsansatz des After-Issue Risk-Shifting-

Problems werden diese Theorien zur Erklärung der Existenz von hybriden Finanzinstrumenten herangezogen.

Aus finanzpraktischer Sicht werden die primären Gründe von Emittenten und Investoren untersucht, die sie zum Gebrauch von Wandel- und Optionsanleihen bewegen. Dabei werden strategische Gründe wie die Finanzierung von langfristigen Projekten, Verschiebung von Verwässerungseffekten sowie Realoptionen untersucht. Ausserdem werden auch steuerliche und nachfrageseitige Gründe erwähnt. Zum Abschluss wird die althergebrachte Meinung analysiert, hybride Finanzinstrumente seien eine Quelle billigen Kapitals.

Im zweiten Teil geht es um die Beschreibung und Erklärung ausgewählter Bewertungsmodelle.

Dabei wird zuerst für den Obligationenteil der Optionsanleihe der DCF-Ansatz vorgestellt. Für den Optionsschein werden Ansätze dargestellt, welche die Verwässerungseffekte nicht berücksichtigen, wie zum Beispiel das Black/Scholes- und Binomialmodell. Der Abschnitt über Ansätze, welche die Verwässerungseffekte des Optionsscheines explizit modellieren, behandelt den Ansatz von Galai/Schneller 1978 sowie denjenigen von Schulz/Trautmann 1994.

Zur Bewertung der Wandelanleihe werden die Ansätze von Ingersoll 1977 sowie derjenige von Brennan/Schwarz 1977 erläutert. Zusätzlich wird das Binomialmodell zur Bewertung von Wandelanleihen erweitert. Diese Erweiterung wurde aufgrund einer Beschreibung von Hull 2000 durch den Verfasser in einer Spreadsheet-Lösung implementiert. Am Schluss des zweiten Teils wird die Eignung der dargestellten Modelle zur praktischen Anwendung auf Wandel- und Optionsanleihen untersucht.

Im dritten Teil werden ausgewählte Modelle praktisch auf verschiedene Wandel- und Optionsanleihen im schweizerischen und amerikanischen Markt angewendet. Allfällige Preisabweichungen der modellmässig berechneten Werte zum Markt werden in einem weiteren Schritt zu erklären versucht.

3. Resultate

Die Betrachtungen aus finanztheoretischer- und finanzpraktischer Sicht zeigen, dass hybride Finanzinstrumente nach wie vor im Stande sind, gewisse Probleme zu mildern, welche auf asymmetrisch verteilte Informationen zurückzuführen sind.

Die Emittenten können aufgrund gewährter indirekter Beteiligungsrechte ihre laufenden Zahlungsverpflichtungen entlasten, indem sie einen tieferen Coupon entrichten.

Damit jedoch das Ausmass der Couponsenkung gegenüber gewöhnlichen Anleihen fair berechnet werden kann, braucht es Bewertungsverfahren, welche den Wert der indirekten Beteiligungsrechte ermitteln.

Die Bewertung von Optionsanleihen konzentriert sich auf die Ermittlung des Optionscheinwertes, während der Wert der Obligation mit dem vereinfachten DCF-Ansatz berechnet wird.

Schulz/Trautmann 1994 haben mit ihrem Modell gezeigt, dass die Vernachlässigung des Verwässerungseffektes von Optionsscheinen, welche „at-the-money“ oder „in-the-money“ liegen, keinen wesentlichen Fehler verursacht. Mit zunehmender Restlaufzeit können auch zunehmend tiefer „out-of-the-money“ liegende Optionsscheine ohne Berücksichtigung der Verwässerung bewertet werden, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen. Unter Beachtung dieser Einschränkungen kann die Bewertung des Optionsscheines mit relativ kleinem Fehler anhand der existierenden Optionsbewertungsmethoden für gewöhnliche Optionen durchgeführt werden. In ihrer Argumentation gehen Schulz/Trautmann 1994 davon aus, dass die „option-like warrant valuation“ sehr präzise ist, falls die potentielle Verwässerung im aktuellen Aktienkurs vorweg genommen wird, der Optionsschein „in-the-money“ und das sequentielle Ausüben von amerikanischen Optionsscheinen nicht optimal ist.

Die relativen Abweichungen der Modellpreise zum Marktpreis reichen von -0.28% bis $+0.31\%$, weshalb die praktische Anwendung als Bestätigung der Hypothese von Schulz/Trautmann 1994 betrachtet werden kann. In einem Fall konnte die Hypothese nicht angewendet werden, weil der Optionsschein „deep-out-of-the-money“ lag.

Die analytischen Ansätze zur Bewertung von Wandelanleihen gehen von der Black/Scholes-Differentialgleichung aus und lösen diese, nachdem die Randbedingungen der betrachteten Situation entsprechend festgelegt wurden. Für die praktische Anwendung erfordern diese Ansätze ein gutes mathematisches Verständnis.

Das intuitiv leicht verständliche Binomialmodell erlaubt die Einbindung von komplizierten Vertragsbedingungen. In der vorliegenden Arbeit wird das in Hull 2000 beschriebene Binomialmodell vom Verfasser dieser Arbeit in einer Spreadsheet-Lösung implementiert, wobei die Kündigungsoption des Emittenten, das Wandlungsrecht des Investors, in der Zeit variable Kündigungspreise, Couponzahlungen,

Dividendenzahlungen und damit die vorzeitige Ausübung des Wandlungsrechts berücksichtigt worden sind.

Die praktische Anwendung hat gezeigt, dass das implementierte Binomialmodell durchaus in der Lage ist, die Wandelanleihe richtig zu bewerten. Allerdings sind dabei folgende Tatsachen zu berücksichtigen:

- Die Volatilität des Basiswertes hat den grössten Einfluss auf die Bewertung. Die Schätzung der Volatilität darf deshalb nicht unabhängig von der am Bewertungstag herrschenden impliziten Marktvolatilität getroffen werden.
- Die Liquidität des Basiswertes ist ein weiterer wichtiger Parameter, der die Bewertung wesentlich beeinflussen kann. Weil das angewendete Modell diesen Parameter nicht berücksichtigt, konnte in einem Fall, wo der Basiswert sehr illiquide ist, eine Überbewertung der Wandelanleihe gegenüber dem Marktpreis festgestellt werden.

Eine Eigenschaft des Bewertungsmodells für Wandelanleihen verdient eine besondere Erwähnung. Die spezielle Konstruktion des Binomialmodells, welches das Kreditrisiko des Emittenten berücksichtigt, indem sowohl der risikofreie als auch der risikoadjustierte Zinssatz zur Berücksichtigung des Emittentenkreditrisikos in den Bewertungsalgorithmus eingehen, erlaubt eine Berechnung des von den Marktteilnehmern für den Emittenten implizit geschätzten Credit Spreads. Dabei wird die im Markt beobachtete implizite Volatilität in das Modell eingesetzt. Aufgrund der Gleichsetzung des Modellpreises mit dem Marktpreis kann der Credit Spread iterativ berechnet werden.

4. Allgemeine Beurteilung

Die momentane Situation auf den schweizerischen und amerikanischen Märkten deutet darauf hin, dass die Optionsanleihen nicht mehr gefragt sind. Dieser Trend scheint eine Folge der effizienten Märkte zu sein, die es den Investoren erlauben, Optionsanleihen mittels anderer Instrumente zu replizieren.

Hingegen sind Wandelanleihen nach wie vor gefragt, weil sie aufgrund der komplexen Vertragskonstruktionen weniger leicht zu replizieren sind.

Aus Sicht des Aktieninvestors erlauben Wandelanleihen eine Absicherung gegen Aktienkursverluste, weil sie weniger stark auf die Volatilität der Aktien reagieren und einen Bondfloor aufweisen. Dem Obligationenanleger erlauben die Wandelanleihen

eine Partizipation an Aktienkurssteigerungen, wobei sie nicht auf die regelmässigen Couponzahlungen verzichten müssen.

Die Emittenten erhalten mit der Wandelanleihe eine Möglichkeit, die Probleme aufgrund von asymmetrisch verteilten Informationen zu mildern, indem sie den Investoren indirekte Beteiligungsrechte gewähren.

Wandel- und Optionsanleihen ermöglichen den Unternehmungen, ihre Projekte zu finanzieren, ohne ihre laufenden Zahlungsverpflichtungen zu stark zu belasten, indem der Zinscoupon gegenüber von gewöhnlichen Anleihen gesenkt werden kann. Als Entschädigung dafür werden den Investoren Rechte zugestanden, welche eine Beteiligung am zukünftigen Erfolg versprechen.

Inhaltsübersicht

<i>Inhaltsübersicht</i>	<i>VI</i>
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>VII</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>X</i>
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	<i>XI</i>
1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung.....	1
1.2. Zielsetzung	1
1.3. Aufbau der Arbeit.....	2
2. Vergleich von Wandel- und Optionsanleihen	4
2.1. Gemeinsamkeiten	4
2.2. Unterschiede	4
2.3. Gründe für die Existenz dieser Instrumente	6
3. Bewertung der Wandel- und Optionsanleihe	19
3.1. Bewertung der Optionsanleihe.....	19
3.2. Bewertung der Wandelanleihe.....	43
3.3. Eignung der Modelle zur Bewertung in der Praxis	71
4. Praktische Anwendung	73
4.1. Optionsanleihen.....	74
4.2. Wandelanleihen.....	83
4.3. Erklärung allfälliger Wert- bzw. Preisabweichungen	91
5. Resultate und allgemeine Beurteilung	95
5.1. Resultate.....	95
5.2. Allgemeine Beurteilung und Ausblick.....	97
6. Literatur	98
7. Verzeichnis der Gesprächspartner	103

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsübersicht</i>	<i>VI</i>
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>VII</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>X</i>
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	<i>XI</i>
1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Zielsetzung	1
1.3. Aufbau der Arbeit	2
2. Vergleich von Wandel- und Optionsanleihen	4
2.1. Gemeinsamkeiten	4
2.2. Unterschiede	4
2.3. Gründe für die Existenz dieser Instrumente	6
2.3.1. Finanztheoretische Sicht.....	6
2.3.1.1. Agency-Theorie	6
2.3.1.2. Signaling-Theorie	8
2.3.1.3. Pecking-Order-Theorie	9
2.3.1.4. After-Issue Risk-Shifting.....	10
2.3.1.5. Anwendung der finanztheoretischen Sicht zur Begründung von Wandel- und Optionsanleihensemissionen.....	11
2.3.2. Finanzpraktische Sicht.....	13
2.3.2.1. Strategische Gründe.....	14
Finanzierung von langfristigen Projekten	14
Verschiebung der Verwässerungseffekte	14
Realoptionen.....	14
2.3.2.2. Steuerliche Gründe	16
Steuerliche Abzugsfähigkeit von Fremdkapitalzinsen versus Dividendenausschüttungen.....	16

Exchangeable bonds zur steuerfreien Veräusserung von Kreuzbeteiligungen in Deutschland	16
2.3.2.3. Durch Investoren getriebene Gründe.....	17
Grösse der Nachfrage beziehungsweise Aufnahmefähigkeit des Marktes	17
Institutionelle Gründe.....	17
2.3.2.4. Wandelanleihe als billige Finanzierungsmöglichkeit.....	18
3. Bewertung der Wandel- und Optionsanleihe	19
3.1. Bewertung der Optionsanleihe.....	19
3.1.1. Bewertung der Obligation	20
3.1.2. Bewertung des Optionsscheines ohne Berücksichtigung der Verwässerung	22
3.1.2.1. Das Black/Scholes-Modell	22
3.1.2.2. Das Binomialmodell	26
Eine Periode	27
Zwei Perioden.....	29
N Perioden.....	31
Vorzeitige Ausübung.....	31
Dividendenzahlungen	33
3.1.3. Bewertung des Optionsscheines mit Berücksichtigung der Verwässerung	34
3.1.3.1. Das Galai/Schneller-Modell	34
3.1.3.2. Das Schulz/Trautmann-Modell.....	38
3.2. Bewertung der Wandelanleihe.....	43
3.2.1. Das Ingersoll-Modell	44
3.2.1.1. Wertgrenzen und optimale Strategien	45
3.2.1.2. Anwendung der Optionspreistheorie und Resultate	47
3.2.1.3. Erweiterungen.....	48
3.2.2. Das Brennan/Schwartz-Modell.....	49
3.2.2.1. Definitionen und Annahmen.....	49
3.2.2.2. Wertgrenzen und optimale Strategien	51
3.2.2.3. Differentialgleichung und Randbedingungen.....	53
3.2.2.4. Darstellung der Lösung.....	56

3.2.2.5. Erweiterung des Modells	60
3.2.3. Das Binomialmodell zur Bewertung von Wandelanleihen	63
3.2.4. Beurteilung der Bewertungsansätze für Wandelanleihen.....	68
3.3. Eignung der Modelle zur Bewertung in der Praxis	71
4. Praktische Anwendung.....	73
4.1. Optionsanleihen.....	74
4.1.1. Schweizer Markt.....	76
4.1.1.1. 1% Optionsanleihe der Generali (Schweiz) Holding.....	76
4.1.1.2. 2% Optionsanleihe der Generali (Schweiz) Holding.....	77
4.1.2. Amerikanischer Markt.....	79
4.1.2.1. 14% Optionsanleihe der APP China Group Ltd.	79
4.1.2.2. 3% Optionsanleihe der Nestlé Holdings Inc.....	81
4.2. Wandelanleihen.....	83
4.2.1. Schweizer Markt.....	84
4.2.1.1. 1.50% Wandelanleihe der Georg Fischer AG	84
4.2.1.2. 2.25% Wandelanleihe der Swisslog Holding AG.....	85
4.2.2. Amerikanischer Markt.....	87
4.2.2.1. 3% Wandelanleihe der Nestlé Holdings Inc.....	87
4.2.2.2. 3.75% Wandelanleihe der Human Genome Sciences Inc.	88
4.3. Erklärung allfälliger Wert- bzw. Preisabweichungen	91
5. Resultate und allgemeine Beurteilung.....	95
5.1. Resultate.....	95
5.1.1. Optionsanleihen	95
5.1.2. Wandelanleihen	96
5.2. Allgemeine Beurteilung und Ausblick.....	97
6. Literatur	98
7. Verzeichnis der Gesprächspartner	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich von Wandel- und Optionsanleihe im Überblick	5
Abbildung 2: Kursverlauf der Aktie und der Call-Option im Binomialmodell mit einer Periode	27
Abbildung 3: Kursverlauf der Aktie und der Call-Option im Binomialmodell mit zwei Perioden.....	30
Abbildung 4: Kursverlauf der Aktie im Binomialmodell mit N Perioden und einer Dividendenzahlung zwischen der Periode n-1 und n.....	34
Abbildung 5: Bilanzen im Zeitpunkt der Liquidation	36
Abbildung 6: Kapitalstruktur vor und bei Verfall	40
Abbildung 7: Zugrunde liegende Bilanzstruktur im Modell von Ingersoll.....	45
Abbildung 8: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V ohne und mit Kündigungsklausel.....	57
Abbildung 9: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V unter Einfluss des Kündigungszeitpunktes t und des Wandelverhältnisses WV	58
Abbildung 10: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V unter Einfluss von Dividendenzahlungen und der Volatilität	60
Abbildung 11: Bilanzstruktur im erweiterten Brennan/Schwartz Modell.....	61
Abbildung 12: Wandelanleihenbewertung mit einem 3 Perioden Binomialmodell.....	65
Abbildung 13: Entwicklung des Wandelanleihenpreises bei Veränderung der Anzahl Perioden im Binomialmodell.....	68

Abkürzungsverzeichnis

AK	Aktienkomponente (Parameter im Binomialmodell für die Wandelanleihe)
$C = Q_3$	Wandelwert, auch innerer Wert oder Parität genannt
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CB	Convertible Bond (Wandelanleihe)
$CP = Q_2$	Call Price (Kündigungspreis der Wandelanleihe)
CSFB	Credit Suisse First Boston
CV	Constant Variance Diffusion Model
DK	Debt Komponente (Parameter im Binomialmodell für die Wandelanleihe)
FPDE	Fundamental Partial Differential Equation (grundlegende partielle Differentialgleichung)
NPV	Net Present Value (Netto Gegenwartswert)
PV	Present Value (Gegenwartswert)
Q_1	Diskontierter Erwartungswert der beiden Nachfolgeknoten im Binomialbaum für die Wandelanleihe
S	Marktwert der Aktie
SWX	Schweizer Börse
V	Marktwert der gesamten Unternehmung
VIC	Value If Called (Wert der gekündigten Wandelanleihe)
WV	Wandelverhältnis (conversion ratio)

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Die unter den Marktteilnehmern vorherrschenden Informations-, Ziel- und Interessenasymmetrien sorgen dafür, dass Unternehmen nach wie vor spezielle Finanzierungsinstrumente wie die hybriden Wandel- und Optionsanleihen emittieren. Diese Arbeit untersucht diese beiden Instrumente aus der Sicht des Corporate Finance.

Hybride Finanzinstrumente beinhalten Elemente von Obligationen und bedingten Ansprüchen (contingent claims). Es sind dies einerseits Zinszahlungen und Rückzahlung des Nennwertes und andererseits weitere Rechte, die eine Beteiligung am Eigenkapital des Emittenten versprechen.

Während die Bewertung der Obligationenkomponente der Optionsanleihe vereinfacht mit dem DCF-Ansatz durchgeführt werden kann, verlangt die Bewertung des Optionsscheines eine genauere Analyse, weil eine allfällige Ausübung zur Verwässerung der Beteiligungsrechte der bisherigen Anteilseigner führt.

Das Problem bei der Bewertung von Wandelanleihen liegt darin, dass die verschiedenen Klauseln in solchen Verträgen mehrere implizit vorhandene Optionen repräsentieren, welche sich gegenseitig beeinflussen. So bewirkt zum Beispiel die Kündigungsoption, die der Emittent hält, dass der Wert der Wandlungsoption bei einer Kündigung sofort erlischt. Aus diesem Grund kann aus der Sicht eines Investors eine Wandelanleihe nicht einfach als lange Position in einer Obligation und einer Call-Option für das Wandlungsrecht plus einer kurzen Call-Option für das Kündigungsrecht betrachtet werden.

1.2. Zielsetzung

Diese Arbeit soll die Gründe der Existenz der betrachteten Finanzierungsinstrumente untersuchen und ausgewählte Bewertungsmodelle vorstellen. Anschliessend wird eines dieser Modelle auf ausgesuchte Wandel- und Optionsanleihen des amerikanischen und schweizerischen Marktes angewendet.

Theoretische Grundlagen, welche zur Erreichung dieser Ziele herangezogen werden, sollen nur insofern behandelt und dargestellt werden, als diese zur Erreichung der Zielsetzung hilfreich erscheinen. Auf die vielfältigen Ausgestaltungsmöglichkeiten von Wandel- und Optionsanleihen soll nur wo nötig eingegangen werden.

1.3. Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung ist die vorliegende Arbeit in folgende vier Teile gegliedert:

- Kapitel 2 zeigt Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie Gründe für die Existenz der beiden Instrumente sowohl aus finanztheoretischer als auch aus finanzpraktischer Sicht auf. Auf der Seite der finanztheoretischen Sicht werden zuerst die Grundlagen der Agency-Theorie erörtert, welche dann auf die Signaling- und Pecking-Order-Theorie erweitert werden. Zusammen mit dem Erklärungsansatz des After-Issue Risk-Shifting-Problems werden diese Theorien zur Erklärung der Existenz von hybriden Finanzinstrumenten herangezogen. Aus finanzpraktischer Sicht werden die primären Gründe von Emittenten und Investoren untersucht, die sie zum Gebrauch von Wandel- und Optionsanleihen bewegen. Dabei werden strategische Gründe wie die Finanzierung von langfristigen Projekten, Verschiebung von Verwässerungseffekten sowie Realoptionen untersucht. Ausserdem werden auch steuerliche und nachfrageseitige Gründe erwähnt. Zum Abschluss wird die althergebrachte Meinung analysiert, hybride Finanzinstrumente seien eine Quelle billigen Kapitals.
- In Kapitel 3 geht es um die Beschreibung und Erklärung ausgewählter Bewertungsmodelle. Dabei wird zuerst für den Obligationenteil der Optionsanleihe der DCF-Ansatz vorgestellt. Für den Optionsschein werden Ansätze dargestellt, welche die Verwässerungseffekte nicht berücksichtigen, wie zum Beispiel das Black/Scholes- und Binomialmodell. Der Abschnitt über Ansätze, welche die Verwässerungseffekte des Optionsscheines explizit modellieren, behandelt den Ansatz von Galai/Schneller 1978 sowie denjenigen von Schulz/Trautmann 1994. Zur Bewertung der Wandelanleihe werden die Ansätze von Ingersoll 1977 sowie derjenige von Brennan/Schwarz 1977 erläutert. Zusätzlich wird das Binomialmodell zur Bewertung von Wandelanleihen erweitert. Diese Erweiterung wurde aufgrund einer Beschreibung von Hull 2000 durch den Verfasser in einer Spreadsheet-Lösung implementiert. Am Schluss des zweiten Teils wird die Eignung der

dargestellten Modelle zur praktischen Anwendung auf Wandel- und Optionsanleihen untersucht.

- In Kapitel 4 werden ausgewählte Modelle praktisch auf verschiedene Wandel- und Optionsanleihen im schweizerischen und amerikanischen Markt angewendet. Allfällige Preisabweichungen der modellmässig berechneten Werte zum Markt werden in einem weiteren Schritt zu erklären versucht.
- Kapitel 5 fasst die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick.

2. Vergleich von Wandel- und Optionsanleihen

2.1. Gemeinsamkeiten

Beide Anleiheformen sind Finanzierungsarten zur Beschaffung von mittel- bis langfristigem Fremdkapital. Sie beinhalten beide einerseits einen Anleihenstil, der meist einen konstanten Coupon trägt und dessen Nennwert bei Laufzeitende zurückbezahlt wird. Andererseits existiert jeweils das Recht, Anteile am Eigenkapital (dem sogenannten Basiswert) des Emittenten während einer im voraus bestimmten Frist und zu einem bestimmten Preis zu erwerben. Diese Anteile müssen vom Emittenten neu ausgegeben werden, was eine Verwässerung der alten Anteile verursacht.

Oft behält sich der Emittent das Recht auf vorzeitige Kündigung der Anleihe vor (sogenannte call provision).

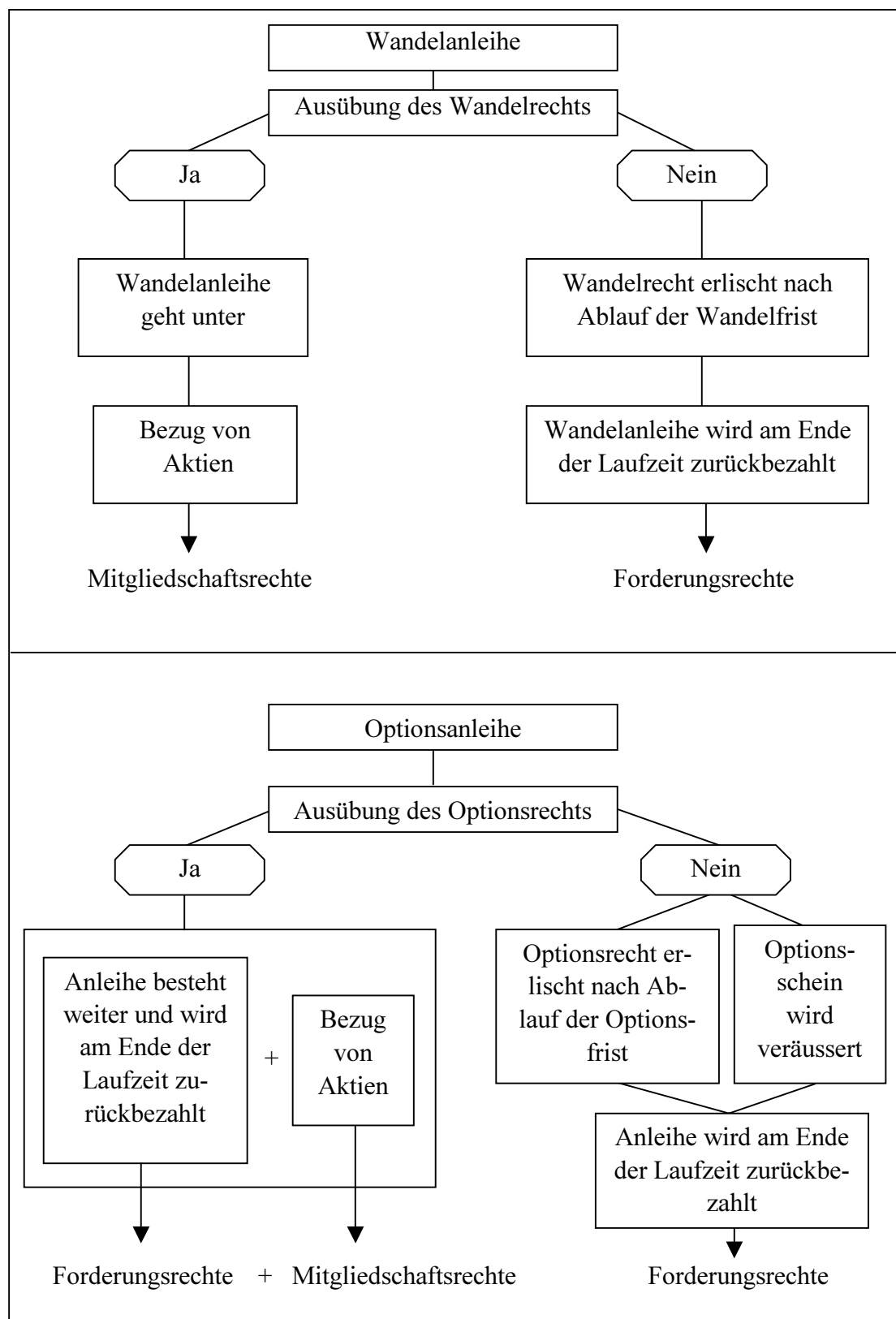
2.2. Unterschiede

Das Recht zum Erwerb von Beteiligungskapital (das sogenannte Optionsrecht) ist bei der Optionsanleihe separat in einem Optionsschein verbrieft. Dieser kann getrennt vom Anleihenstil (Obligation genannt) an der Börse gehandelt werden und berechtigt den Inhaber, durch Bezahlung des Ausübungspreises vor oder am Verfalltag einen Teil des Eigenkapitals des Emittenten zu erwerben. Eine Folge der Trennung ist, dass drei Kursnotierungen derselben Optionsanleihe existieren können: Die Optionsanleihe „cum“ steht für den Kurs des kombinierten Instruments, „ex“ steht nur für die Obligationen selbst und der Kurs für den abgetrennten Optionsschein. In der Regel sind es Aktien der emittierenden Unternehmung, welche dazu eigens neu geschaffen werden müssen. Im Falle der Ausübung geht der Optionsschein unter, die Obligation bleibt jedoch samt den Rechten auf Zinscoupons und Rückzahlung bestehen.

Im Gegensatz zur Optionsanleihe ist bei der Wandelanleihe das Recht zum Bezug von Beteiligungskapital, auch Wandlungsrecht bezeichnet, untrennbar mit dem Anleihenstil verbunden. Dies führt dazu, dass bei einer Wandlung die ganze Wandelanleihe untergeht.

Abbildung 1 fasst die wesentlichen Unterschiede im Überblick zusammen.

Abbildung 1: Vergleich von Wandel- und Optionsanleihe im Überblick



Quelle: Meier-Hayoz/von der Crone 2000, S. 314, leicht abgeändert

2.3. Gründe für die Existenz dieser Instrumente

In diesem Abschnitt sollen zuerst relevante Theorien und Erklärungsansätze vorgestellt und dann auf die Wandel- und Optionsanleihen angewendet werden. Die Motivation zur Emission dieser Instrumente kann sowohl aus finanztheoretischer als auch aus finanzpraktischer Sicht betrachtet werden.

Die **finanztheoretische Sicht** versucht durch wissenschaftliche Untersuchung mittels empirischer und analytischer Methoden, Erklärungen sowie empirische Evidenz für die Existenz der betrachteten Finanzierungsformen offenzulegen.

Die **finanzpraktische Sicht** hingegen untersucht die primären Gründe, welche die Emittenten und Investoren dazu bewegen, diese Finanzinstrumente zu gebrauchen.

2.3.1. Finanztheoretische Sicht

Die Ausgangslage der finanztheoretischen Sicht sind die unter den Marktteilnehmern vorherrschenden asymmetrisch verteilten Informationen, welche zusammen mit Ziel- und Interessenasymmetrien die Kernprobleme darstellen. Als Meilenstein gilt in diesem Bereich die Arbeit von Jensen/Meckling 1976, welche den Begriff der Agency-Theorie entscheidend geprägt hat.

2.3.1.1. *Agency-Theorie*

Die Ausführungen in diesem Abschnitt orientieren sich hauptsächlich an Megginson 1997 und geben einen kurzen Überblick über die wichtigsten Punkte der Agency-Theorie.¹

Der fundamentale Beitrag zur Agency-Theorie von Jensen/Meckling 1976 besteht darin, dass sie menschliches Verhalten zur Modellierung einer Unternehmung berücksichtigen. Dabei wird die Unternehmung als ein Netzwerk von Verträgen dargestellt. Sämtliche Parteien dieser Verträge handeln im eigenen Interesse und sind sich bewusst, dass die Gegenparteien auch so handeln werden. Daher werden sie Schritte unternehmen, um sich gegenüber vorhersehbarem Ausnutzen von Spielräumen zu schützen, die nicht explizit in den Verträgen geregelt sind.

Die Analyse von Jensen/Meckling 1976 geht von der Frage aus, was passieren würde, wenn ein Unternehmer einen Anteil α seiner Unternehmung einem aussenstehenden

¹ Vgl. Megginson 1997, S. 17-19.

Investor verkauft. Da sich die Unternehmung anfänglich zu hundert Prozent im Eigentum des Unternehmers befindet, trägt er sämtliche Konsequenzen, wie Erträge und Risiken, seines Handelns selbst.

In der Agency-Theorie wird der Unternehmer als **Agent** bezeichnet, der als Insider die Unternehmung im Auftrag der Kapitalgeber führt. Den aussenstehenden Investor bezeichnet man als **Principal**, der dem Unternehmen Kapital zur Verfügung stellt.

Sobald der Anteil α an den Principal verkauft ist, trägt der Agent nicht mehr sämtliche Kosten seiner „Nebeneinkünfte“ wie luxuriöse Büromöbelausstattung oder Firmenfahrzeuge (perquisites), sondern nur noch $1-\alpha$ der Kosten. Dies erlaubt es dem Agenten, seine Nebeneinkünfte zum Nachteil und somit auf Kosten des Principals auszudehnen.

Da der Principal sich solchen Verhaltens bewusst ist, wird er diese Kosten in seiner Bereitschaft für den Kauf von Aktien berücksichtigen. Das bedeutet, der Agent wird sämtliche **Agency Kosten** tragen müssen, welche durch den Aktienverkauf entstehen und zur Trennung von Eigentum und Kontrolle (separation of corporate ownership and control) führen.

Durch die neue Beteiligungsstruktur wird der ehemals alleinige Eigentümer einen Anreiz haben, diese Agency Kosten zu minimieren, da er durch den für die Aktien bezahlten tieferen Preis die gesamten Agency Kosten selbst tragen muss.

Die Reduktion der Kosten können auf zwei Arten bewerkstelligt werden. Einerseits kann der Agent durch **Bonding Massnahmen** seine eigene Glaubhaftigkeit unter Beweis stellen. Andererseits erlauben **Monitoring Ausgaben**, dem Principal kostengünstige Überwachungsmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen.

„Unter Bonding Costs werden die Kosten verstanden, die beim Kontraktpartner B [damit ist der Agent gemeint, Anmerkung des Verfassers] z.B. durch Selbstbindung anfallen.“² Bonding Massnahmen umfassen zum Beispiel Stimmrechte, die der Principal mit den Aktien bekommt, die es ihm erlauben, den Agenten aus dem Management der Unternehmung zu entfernen, falls er sich nicht im Sinne der Aktionäre verhält. Durch Behalten eines höheren Anteils an der Unternehmung als ursprünglich von ihm erwünscht, kann der Agent auch Bonding Anstrengungen nachweisen. Die monetären Werte dieser Massnahmen werden als Bonding Ausgaben bezeichnet.

² Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber 1998, S. 100.

Durch Beauftragen von externen Rechnungsprüfungsgesellschaften zur Überprüfung der Gesellschaftsbücher, durch Abschliessen von Versicherungen für das Vermögen der Unternehmung oder durch Bezahlen von Ratingunternehmen zur Bewertung von Anleihen der Unternehmung können Monitoring Massnahmen getroffen werden.

Der monetäre Wert aus den totalen Agency Kosten, der noch übrig bleibt, nachdem die Bonding- und Monitoring Ausgaben getätigt wurden, wird als **Residual Loss** bezeichnet. Dieser Wert stellt den durch weitere Massnahmen nicht mehr reduzierbaren Anteil der Agency Kosten dar, welche durch die Trennung von Eigentum und Kontrolle in grossen Publikumsgesellschaften entstehen.

Die Agency Kosten können somit in der folgenden Formel zum Ausdruck gebracht werden:³

$$\text{Agency Kosten} = \text{Bonding Kosten} + \text{Monitoring Kosten} + \text{Residual Loss}$$

Zur Reduktion dieser Kosten können die beteiligten Parteien nun Verträge vereinbaren, die auf eine möglichst optimale Weise die Probleme von Agency Beziehungen mildern. Die detaillierte Ausgestaltung von Verträgen, welche das Verhalten der Parteien regeln sollen, kann unter Umständen so weit gehen, dass die dabei entstehenden Kosten zu hoch werden. Es wird immer ein Handlungsspielraum übrig bleiben, welchen die rational agierenden Parteien zu ihren eigenen Gunsten ausnützen werden. Dieses Ausnützen von Vertragslücken wird in der Agency-Theorie als Hold Up bezeichnet.⁴

2.3.1.2. *Signaling-Theorie*

Als wichtiges Problem der Agency-Theorie stellt sich die Informationsasymmetrie heraus, welche es dem Principal erschwert, die Qualität des Agenten zu beurteilen. Die Signaling-Theorie versucht, die Mechanismen zur wahrheitsgemässen Informationsübertragung vom Agenten zum Principal aufzuzeigen, wobei davon ausgegangen wird, dass der Agent als Insider einer Unternehmung zwar über mehr Informationen über die Zukunftsaussichten seiner Unternehmung verfügt, aber gleichzeitig Mühe bekundet, die Qualität seines Signals dem Principal glaubhaft zu machen.⁵

³ Vgl. Jensen/Meckling 1976, S. 308.

⁴ Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber 1998, S. 99. Die Autoren übersetzen den Hold Up Begriff mit dem deutschen Wort „Überfall“.

⁵ Vgl. Megginson 1997, S.19.

„Verbunden mit der Agency-Theorie werden häufig auch Fragen von Anreizsystemen zur wahrheitsgemässen Informationsübertragung [...] diskutiert.“⁶ Wahrheitsgemässe Informationsübertragung führt zur Senkung der Informationsasymmetrien und kann als Bonding Massnahme des Agenten betrachtet werden. „Das von B [gemeint ist der Agent, Anmerkung des Verfassers] verbreitete Signal muss die Eigenschaft haben, dass es nur von Anbietern guter Qualität kostenlos oder zu geringen Kosten gesendet werden kann. [...] Ein Unternehmer könnte Signale seiner Qualität aussenden durch den unaufgeforderten Erwerb von Zertifikaten und Zeugnissen [was zu den Bonding Ausgaben gezählt werden kann, Anmerkung des Verfassers], die seine Fähigkeiten und Qualifikationen nachweisen. Natürlich könnte auch ein unfähiger Unternehmer diese Unterlagen erwerben. Für ihn wäre die Aussendung eines solchen Signals allerdings mit grossen Anstrengungen verbunden.“⁷

Eine Erhöhung des Fremdkapitals kann auch positive Signale aussenden. „Fremdkapital steht dem Unternehmen nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung und erzeugt fixe Zahlungsverpflichtungen, die unbedingt erfüllt werden müssen.“⁸ Die regelmässigen Zinszahlungen zwingen das Management, kontinuierlich interne Mittel zu generieren, welche langfristig nur aus gut laufenden operativen Geschäftstätigkeiten finanziert werden können. Falls das Fremdkapital in Form eines Bankkredites ausgestaltet ist, zeigt es den Marktteilnehmern, dass sich eine vertrauenswürdige Institution von der Qualität des Geschäftsganges überzeugt hat.

2.3.1.3. Pecking-Order-Theorie

Die Pecking-Order-Theorie ist eine direkte Folge der Signaling-Theorie. Sie besagt, dass das Management bei der Beschaffung von Finanzmitteln eine ganz bestimmte Vorliebe hat:

- Wenn immer möglich sollen intern generierte Zahlungsströme (cash flows) zur Finanzierung herangezogen werden. Dies bedingt jedoch, dass die Unternehmung einen hohen Bestand an Financial Slack unterhält. Damit sind flüssige oder leicht verflüssigbare Finanzmittel gemeint.
- In zweiter Linie, falls die Möglichkeiten des Financial Slack erschöpft sind, wird die Beschaffung von mittel- bis langfristigem Fremdkapital in Betracht

⁶ Elschen 1991, S. 1006.

⁷ Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber 1998, S. 102.

⁸ Perridon/Steiner 1999, S. 518.

gezogen. Dies erlaubt es dem Management zwar einerseits den Steuervorteil des Fremdkapitals auszunutzen, aber andererseits muss es beachten, dass mit der Zunahme der Fremdkapitalquote potentielle Konkurs- und Financial Distress-Kosten überproportional ansteigen.⁹

- Erst in der letzten Stufe wird das Eigenkapital erhöht, wenn alle anderen Finanzierungsanstrengungen ausgeschöpft sind.

Ein vorliegendes Projekt mit positivem NPV könnte durch eine Eigenkapitalerhöhung finanziert werden. Diese Finanzierungsart würde das Management nur wählen, wenn es glaubt, dass der Aktienkurs zu hoch ist und damit eine günstige Möglichkeit besteht, die Aktien zu einem überhöhten Preis unter die neuen Aktionäre bringen zu können. Diese antizipieren jedoch dieses Verhalten und werden deshalb die Ankündigung einer Eigenkapitalerhöhung als Zeichen interpretieren, dass der Aktienkurs viel zu hoch sei.

Im umgekehrten Fall, wenn das Management denkt, die Aktien der Unternehmung seien zu tief bewertet, werden sie nicht auf die Idee kommen, Aktien zu emittieren. Im Gegenteil: Die Unternehmung würde sogar eigene Aktien zurückkaufen, wenn es der Bestand an Financial Slack erlauben würde und keine Projekte mit positivem NPV vorhanden wären.

Wegen den vorherrschenden Informationsasymmetrien können die Investoren gute Unternehmungen kaum von schlechten unterscheiden. Deshalb werden sie eine Aktienkapitalerhöhung immer als schlechte Nachricht auffassen und dadurch die Aktien tiefer bewerten.

Dieses Dilemma zwingt eine Unternehmung einen hohen Bestand an Financial Slack zu unterhalten, um profitable Projekte durchführen zu können, ohne den Kapitalmarkt beanspruchen zu müssen.

2.3.1.4. *After-Issue Risk-Shifting*

Zum Zeitpunkt der Emission von Fremdkapital kann das Unternehmensvermögen als eine Summe von Projekten betrachtet werden, deren Werte zusammengenommen eine bestimmte Volatilität aufweisen. Nach der Emission des Fremdkapitals hat das Management grundsätzlich die Freiheit, die Zusammensetzung seines Projekteportfolios

⁹ Vgl. Volkart 1998, S. 17.

frei zu wählen. Insbesondere kann das Projektrisiko, gemessen als erwartete Renditevolatilität, frei gewählt werden, wodurch ganz bewusst eine Wertverschiebung von Fremd- zu Eigenkapital bewirkt werden kann: „Black-Scholes (1973) discuss ways in which [...] future financing policy can redistribute wealth between classes of claimants on the firm.“¹⁰ Mit „future financing policy“ ist gemeint, dass das Management durch nachträgliche Erhöhung des Business Risk den Wert des Eigenkapitals auf Kosten des Fremdkapitals erhöhen kann.

Diese Wertverschiebung kann dadurch begründet werden, indem man das Eigenkapital als Call-Option auf das Unternehmensvermögen betrachtet. Erhöht das Management nun das Business Risk, das heisst, durch Wahl von Projekten, welche stark volatile Renditen versprechen, erhöht sich der Wert dieser Option. Unter der Annahme eines konstanten Unternehmensvermögens wird der Wert des Fremdkapitals um den gleichen Wert abnehmen, den die Option (und damit das Eigenkapital) zugenommen hat.¹¹

2.3.1.5. Anwendung der finanztheoretischen Sicht zur Begründung von Wandel- und Optionsanleihensemissionen

Die Pecking-Order-Theorie erklärt, wieso vor einer Eigenkapitalerhöhung zuerst sämtliche Möglichkeiten zur Emission von Fremdkapital ausgeschöpft werden, nachdem der Financial Slack aufgebraucht wurde. Die Reihenfolge des Kapitaleinsatzes gemäss Pecking-Order-Theorie wird daher so eingehalten, weil das Management seine Investitionspolitik nicht glaubhaft nach aussen kommunizieren kann, „[...] da B [gemeint ist das Management beziehungsweise der Agent, Anmerkung des Verfassers] stets einen Anreiz besitzt, eine für ihn vorteilhafte Fehlinformation zu verbreiten.“¹²

Unter Umständen werden dadurch Projekte mit positivem Net Present Value (NPV) nicht durchgeführt, wenn eine Aussenfinanzierung zu ungünstig erscheint. Damit entstehen aus den asymmetrisch verteilten Informationen „zusätzliche ökonomische Opportunitätskosten.“¹³

¹⁰ Jensen/Meckling 1976, S. 338, Fussnote 45.

¹¹ Vgl. Black/Scholes 1973, S. 649-650.

¹² Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber 1998, S. 101.

¹³ Volkart 1999, S. 72.

Das kann häufig bei jungen Unternehmen der Fall sein: „Young, entrepreneurial growth companies are especially likely to have more valuable investment projects than they can finance through retained earnings, and these companies are also the most prone to experience serious informational asymmetry problems.“¹⁴ Diese Probleme können durch Emission von Wandelanleihen gemildert werden, weil sie zuerst die zweite Stufe und erst später durch eine Wandlung in Aktien, bei entsprechendem Verlauf des Unternehmenserfolges, die dritte Stufe der Pecking-Order in Anspruch nimmt: „Convertible bonds are also particularly appropriate debt securities for rapidly-growing firms - or for companies with a large number of intangible assets - to issue.“¹⁵ Zu den immateriellen Anlagen gehören unter anderem das Wissenspotential der Mitarbeiter als auch „strategische Potentiale in Form sogenannter *Realloptionen*.“¹⁶ Sie bewirken, dass Aktionäre einer dem Konkurs nahen Unternehmung kaum Aussichten haben, etwas aus der Konkursmasse zu erhalten, weil diese Anlagen sehr mobil sind und von der Unternehmung schnell abwandern. Die privilegierte Stellung des Fremdkapitals in Form von Wandel- und Optionsanleihen gewähren im Falle des Konkurses eine grössere Chance, noch etwas als Konkursdividende ausbezahlt zu bekommen, während der Bezug zum Eigenkapital und somit die Partizipation an den Chancen zum Erfolg der strategischen Potentiale gewahrt bleibt.

Ausserdem spielen Informationsasymmetrien zwischen Principal und Agent eine besondere Rolle bei Vorliegen von einem grossen Anteil an immateriellen Vermögensanlagen, weil deren Werte um einiges schwerer zu beurteilen sind als materielle Anlagen. Das verlangt vom Management einen sorgfältigen Umgang beim Aussenden von Signalen.

Zu den Opportunitätskosten sind auch die aufgrund der ersten Stufe der Pecking-Order-Theorie vermehrt kurzfristig angelegten Mittel zu zählen. Diese werfen zwar bei einer normalen Zinsstruktur einerseits wenig Ertrag ab, andererseits können damit Signaling-Probleme umgangen werden, weil die Unternehmung nicht zur Aussenfinanzierung und dadurch unter Umständen zur Aussendung falsch verstandener Signale gezwungen wird.

¹⁴ Megginson 1997, S. 341.

¹⁵ Megginson 1997, S. 185.

¹⁶ Volkart 1999, S.72.

Die Thematik des After-Issue Risk-Shifting zeigt, dass Zielasymmetrien zwischen Fremd- und Eigenkapitalgeber zur Benachteiligung der Fremdkapitalgeber führen können.

Falls jedoch der Wert des Fremdkapitals positiv zum Wert des Eigenkapitals korreliert, dann ist der Investor, der Anteile am Fremdkapital hält, gegen Änderungen in der Finanz- und Investitionspolitik des Managements weitgehend immun. In anderen Worten, das Management, das den Wert der Anteile der aktuellen Inhaber steigern soll, handelt auch im Sinne der Fremdkapitalgeber, falls der Wert des Fremdkapitals einen positiven Bezug zum Eigenkapital hat. Diese positive Korrelation zwischen dem Wert von Fremdkapital und Eigenkapital ist gerade bei Wandel- und Optionsanleihen gegeben: „It seems that the incentive effects of warrants would tend to offset to some extent the incentive effects of the existence of risky debt because the owner-manager would be sharing part of the proceeds associated with a shift in the distribution of returns with the warrant holders.“¹⁷ Diese Aussage kann auf Wandelanleihen erweitert werden: Wandel- und Optionsanleihen bewirken eine Reduktion der Anreize, eine riskantere Investitionspolitik zu verfolgen, welche die Eigenkapitalgeber zu Lasten der Fremdkapitalgeber bevorteilen würde. Damit wäre ein weiteres Beispiel für eine Bonding Massnahme gegeben, welche die Zielasymmetrien zwischen dem Fremdkapital besitzenden Principal und dem Management reduziert, welches in der Rolle des Agenten Anteile am Eigenkapital besitzt.

Zur gleichen Thematik des After-Issue Risk-Shifting kann die Vertragsgestaltung zwischen den Parteien gezählt werden: „[...] convertible bonds mitigate agency costs. One implication is that convertible bonds have less-restrictive debt covenants than do straight bonds in the real world.“¹⁸ Der Halter der Wandelanleihe kann also auf viele Vertragsklauseln verzichten, die einen Halter von gewöhnlichen Obligationenanleihen vor negativen Entscheidungen des Agenten schützen und so die Agency Kosten senken.

2.3.2. Finanzpraktische Sicht

Die finanzpraktische Sicht konzentriert sich im Gegensatz zur finanztheoretischen Sicht auf die konkreten Gründe, welche primär den Entscheid der Emittenten und In-

¹⁷ Jensen/Meckling 1976, S. 354.

¹⁸ Ross/Westerfield/Jaffe 1996, S. 620.

vestoren zum Gebrauch von hybriden Instrumenten prägen. Dabei können strategische und steuerliche Gründe für die Emittenten sowie bedürfnisorientierte und institutionelle Gründe für die Investoren ausschlaggebend sein.

2.3.2.1. Strategische Gründe

Finanzierung von langfristigen Projekten

Investitionen in langfristige Projekte erfordern eine langfristige Finanzierung. Diese Erkenntnis folgt aus der goldenen Finanzierungsregel, welche eine Fristenkongruenz zwischen Kapitalüberlassungsdauer und Kapitalbindungsdauer fordert.¹⁹ Die idealste Finanzierungsform wäre Eigenkapital, da diese theoretisch unendlich lang zur Verfügung stehen würde. Aufgrund der Erkenntnisse der Pecking-Order-Theorie ist jedoch dieses Vorgehen nicht zu empfehlen. Folglich stellt eine Fremdkapitalemission mit Eigenkapitalbezug einen Kompromiss dar, der durch Wandel- und Optionsanleihen hergestellt werden kann. Bei erfolgreichem Geschäftsverlauf und entsprechend gestiegenem Aktienwert erfolgt schliesslich die Wandlung oder die Ausübung des Optionsrechts, was zur ursprünglich gewünschten Finanzierungsform führt.

Verschiebung der Verwässerungseffekte

Hybride Anleihen erlauben es einem Emittenten, die Verwässerungseffekte um die Laufzeit dieser Instrumente zu verschieben. Die Erhöhung des Eigenkapitals bewirkt eine sofortige Verwässerung der Stimmenanteile der alten Aktionäre und auch ihrer Ansprüche auf das von der Unternehmung selbst erarbeitete Eigenkapital. Die Verschiebung dieser Effekte kann insbesondere für Unternehmungen wichtig sein, welche von kleinen Gruppen von Investoren gehalten werden, die ihren Mehrheitsanteil nicht sofort weggeben wollen. Durch die Ausgabe von hybriden Finanzinstrumenten können gleich beide Ziele erreicht werden: Augenblicklich zur Verfügung stehende flüssige Mittel und verschobene Aufgabe von Kontrollrechten.²⁰

Realoptionen

Realoptionen werden oft „strategische Investitionen“ genannt. Damit sind langfristige Projekte mit potentiell hohen Renditen gemeint, welche, falls nach gewöhnlichen Pro-

¹⁹ Vgl. Perridon/Steiner 1999, S. 530.

²⁰ Vgl. Deutsche Morgan Grenfell (Hrsg.) 1997, S. 74.

jektvaluationsverfahren wie der DCF-Analyse bewertet, einen negativen NPV aufweisen, aber bei Anwendung von optionstheoretischen Erkenntnissen zu einem erstaunlicherweise positiven Wert führen.

Brealey/Myers 2000 demonstrieren es an einem eindrücklichen Beispiel. Sie betrachten die Investition in ein Produkt, welche berechnet nach der DCF-Methode einen negativen NPV ergibt. Falls man jedoch die Realisierung dieses Projektes als Option zur Durchführung eines Nachfolgeprojektes betrachtet, kann man der Option einen positiven Wert zuweisen. Erstaunlich daran ist, dass die beiden Projekte für sich betrachtet einen negativen NPV haben, aber wenn man die Durchführung des ersten Projektes als Option auf das Nachfolgeprojekt betrachtet, dann weist das ganze Paket einen positiven Wert auf. Diese Konstellation kann daher entstehen, weil die im ersten Projekt gesammelten Erfahrungen im nachfolgenden Projekt ohne zusätzlichen Aufwand eingesetzt werden können, denn das Know-How muss nicht mehr von neuem erarbeitet werden. Die gesteigerte Unsicherheit (sprich Volatilität) über den Wert des Nachfolgeprojektes erhöht den Wert dieser Option zusätzlich, weil die Entscheidung über deren Durchführung nicht sofort getroffen werden muss und so alternative Investitionsmöglichkeiten offen bleiben.²¹

Mayers 1998 empfiehlt Unternehmungen mit vorhandenen Realoptionen (er nennt sie Investment Optionen), Wandelanleihen zur Finanzierung zu gebrauchen, weil „[...] an initial project that requires funding is assumed to be followed by an investment option that also requires funding if it is profitable.“²² Die Wandelanleihe hält der Unternehmung dadurch zwei Möglichkeiten offen: Stellt sich einerseits heraus, dass das Anfangsprojekt nicht profitabel genug war, um die Investment Option zu realisieren, dann wird die Unternehmung die Wandelanleihe bei Verfall mit den erarbeiteten Mitteln aus dem Anfangsprojekt zurückzahlen. Falls das Projekt sich profitabel entwickelt, so dass die Investment Option realisiert werden sollte, dann besteht andererseits die Möglichkeit, die erarbeiteten Mittel für die Folgefinanzierung zurückzubehalten, indem die Wandlung in Aktien mittels der Kündigungsklausel (call provision) erzwungen wird. Dies setzt natürlich voraus, dass der Aktienkurs infolge der Anfangsinvestition beziehungsweise infolge der viel versprechenden Investment Option soweit gestiegen ist, dass die Wandlung für den Investor lohnenswert erscheint.

²¹ Vgl. Brealey/Myers 2000, S. 620-621.

²² Mayers 1998, S. 84.

Für ein solches Vorgehen findet Mayers 1998 in seiner Untersuchung von 289 Unternehmen, welche von der Kündigungsklausel Gebrauch gemacht haben, empirische Evidenz. Er hat festgestellt, dass „Firms undertake substantial incremental investment and new financing around conversion.“²³

2.3.2.2. Steuerliche Gründe

Steuerliche Abzugsfähigkeit von Fremdkapitalzinsen versus Dividendenausschüttungen

„Die meisten Steuersysteme begünstigen das Fremdkapital gegenüber dem Eigenkapital, indem die Fremdkapitalzinsen den steuerbaren Reingewinn reduzieren, was für die Dividendenzahlungen nicht zutrifft.“²⁴ Aus Sicht des Investors eröffnen Anleihen mit Eigenkapitalbezug eine Möglichkeit, sich an der Wertsteigerung des Unternehmenswertes durch das Ausnutzen dieses sogenannten *Tax Shields* zu partizipieren und gleichzeitig von der privilegierten Stellung gegenüber Eigenkapital im Konkursfall Nutzen zu ziehen.

Exchangeable bonds zur steuerfreien Veräußerung von Kreuzbeteiligungen in Deutschland

Im Unterschied zu gewöhnlichen Wandelanleihen ermöglichen austauschbare Wandelanleihen (exchangeable bonds) eine Wandlung in andere Beteiligungstitel als diejenige des Emittenten. Diese Ausgestaltungsform ist gerade in jüngster Zeit bei Konzernen in Deutschland beliebt, weil eine deutsche Steuerreform ab dem Jahr 2002 die Veräußerungen von Beteiligungen von der Kapitalgewinnsteuer befreit: „Sie sind einfach auszugeben und ermöglichen es den Konzernen, schon heute Kapital aufzunehmen, aber die Aktien der Tochtergesellschaften erst nach dem Jahr 2002 unter die Anleger zu bringen – indem erst dann eine Wandlung ermöglicht wird.“²⁵

²³ Mayers 1998, S. 100.

²⁴ Zimmermann 1999, S. 425.

²⁵ Gabriel-Schneider 2000a, S. 18.

2.3.2.3. Durch Investoren getriebene Gründe

Grösse der Nachfrage beziehungsweise Aufnahmefähigkeit des Marktes

Der Emittent von hybriden Finanzinstrumenten muss sich vor der Emission überlegen, ob der Markt überhaupt bereit ist, den gesamten Umfang der Anleihe aufzunehmen. Grosse institutionelle Anleger können eine Optionsanleihe problemlos mittels Transaktionen an Derivatemarkten nachbilden. Die komplexen Vertragsbedingungen einer Wandelanleihe, wie etwa Kündigungsrechte des Emittenten, aber auch Rückgaberechte des Investors, erschweren die Replikation mittels anderer Finanzinstrumente.²⁶ Also muss das Bedürfnis des Marktes erörtert werden, bevor ein Entscheid über eine bestimmte Finanzierungsart gefällt werden kann. Diese Überlegungen können unter anderen auch Gründe sein, wieso die Emissionstätigkeit bei den Optionsanleihen immer weiter abnimmt, wie weiter hinten in Abschnitt 4 festgestellt werden kann.

Institutionelle Gründe

Pensionskassen sind durch staatlich vorgeschriebene Anlagerichtlinien in ihren Möglichkeiten eingeschränkt, Aktienpositionen zu halten. Der Staat schreibt aus Risikoüberlegungen meistens einen maximalen Anteil im Portfolio vor. Pensionskassen, welche die Implikationen aus der modernen Portfoliotheorie erkannt haben, möchten jedoch ein Aktienexposure eingehen, das über die erlaubte Grenze hinausgeht, damit sie eine möglichst optimale Diversifikation erreichen können. Auch Brigham 1966 hat aufgrund einer Umfrage und Interviews unter Institutionellen festgestellt, dass die strengen Vorschriften das Bedürfnis, mehr Aktien halten zu können, zu stark einschränkt: „Convertible bonds provide these intermediaries with a method of indirectly holding more equities than the law permits.“²⁷

Ein Praxisbeispiel dazu bietet die in der Verwaltung von Wandelanleihen spezialisierte Unternehmung Fisch Asset Management AG in Zürich. Sie verwaltet unter anderen den „HYBRID CHF FUND“, welcher fast ausschliesslich in ein Portfolio von Wandelanleihen investiert.²⁸ Obwohl dieser Fonds indirekt durch die Wandelrechte eine Beteiligung von 20% bis 30% des Portfolios an Aktien hält, konnte ein Gutachten der PricewaterhouseCoopers AG die Erfüllung der gesetzlichen Anlagerichtlinien

²⁶ Vgl. Ammann/Kind/Wilde/Zimmermann 2000, S. 2.

²⁷ Brigham 1966, S. 53.

²⁸ Vgl. Fisch Asset Management AG (Hrsg.) 2000, S. 11.

gemäss BVV²⁹ bestätigen, welche es einer Vorsorgeeinrichtung erlauben, die Investition in einen Fonds wie den „HYBRID CHF FUND“ in der Jahresrechnung als „Obligation Inland“ zu bilanzieren.³⁰

Ein anderes Argument, warum Pensionskassen eine Anlage in Wandelanleihen bevorzugen, bringt Gabriel-Schneider 2000a: „Vor allem die Pensionskassen wollen mit Wandlern von Aktien-Kursgewinnen profitieren, ohne die Vorteile von Obligationen (regelmässige Zinszahlungen und Kapitalerhaltung) aufzugeben.“³¹

2.3.2.4. Wandelanleihe als billige Finanzierungsmöglichkeit

Oft wird argumentiert, die Wandelanleihe sei eine Möglichkeit, Fremdkapital zu günstigen Konditionen zu beschaffen. Zudem meinen Manager, die an einen zukünftigen Anstieg des Aktienkurses glauben, sie könnten dadurch Unternehmensaktien zu einem höheren Kurs als den zum Zeitpunkt der Wandelanleihensemission herrschenden Aktienpreis verkaufen.³²

Copeland/Weston 1992 widersprechen dieser Auffassung und zeigen an einem Beispiel, dass die wirklichen Kosten einer Wandelanleihe vor Steuern sogar über diejenigen einer gewöhnlichen Anleihe liegen.³³ Sie argumentieren, dass die Wandelanleihen ein grösseres Risiko inne haben und daher aufgrund des Capital Asset Pricing Modells (CAPM) eine höhere erwartete Rendite bieten müssen, was für die Unternehmung in höheren Fremdkapitalkosten resultiert.

Was zutrifft ist, dass der Zinscoupon für Wandel- und Optionsanleihen gegenüber von gewöhnlichen Anleihen des gleichen Schuldners tiefer ist. Das bedeutet jedoch nicht, dass dadurch eine billigere Finanzierungsmöglichkeit entsteht. Denn der tiefere Zinscoupon wird dadurch erkaufte, indem zusätzliche Rechte zur Beteiligung am Eigenkapital gewährt werden. Der Wert dieser Rechte kann im Rahmen der Bewertung von Wandel- und Optionsanleihen in Kapitel 3 für die Optionsanleihe direkt und für die Wandelanleihe indirekt ermittelt werden.

²⁹ Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge vom 18. April 1984 (Stand am 23. Mai 2000).

³⁰ Vgl. PricewaterhouseCoopers AG (Hrsg.) 2000, S.18.

³¹ Gabriel-Schneider 2000a, S. 18.

³² Vgl. Brigham 1966, S. 51.

³³ Vgl. Copeland/Weston 1992, S. 475-478.

3. Bewertung der Wandel- und Optionsanleihe

3.1. Bewertung der Optionsanleihe

„Eine Optionsanleihe setzt sich aus zwei verschiedenen Wertschriftentypen zusammen, einer Obligation und einem oder mehreren Optionsscheinen.“³⁴ Da der Optionsschein getrennt von der Obligation gehandelt werden kann, darf auch die Bewertung dieser Teile getrennt betrachtet werden, und somit stellt die Bewertung dieser Teile, bis auf den Verwässerungseffekt im Falle der Ausübung des Optionsrechtes, aus methodischer Sicht kein grundsätzliches Problem dar.

Die *Obligation* gibt dem Investor in der Regel das Anrecht auf regelmässige Zahlungen in Form von Zinscoupons und - bei Verfall - auf die Rückzahlung des Nennwertes.

Der *Optionsschein*, im angelsächsischen Raum auch Warrant genannt, verkörpert das Recht, den zugrunde liegenden Basiswert an (im Falle des europäischen Typs) oder vor (im Falle des amerikanischen Typs) einem bestimmten Verfallstermin zu einem bestimmten Preis (dem sogenannten Ausübungspreis) zu kaufen. Als Basiswert wird in den meisten Fällen die Aktie der emittierenden Gesellschaft festgelegt.

Die Bewertung des Optionsscheines verlangt eine besondere Behandlung: „[...] while the call option is issued by an individual, the warrant is issued by the firm and its proceeds increase the firm's equity. Furthermore, when a warrant is exercised, new shares are issued, and the cash payment that is made increases the assets of the issuing firm. Because of this there is some dilution of equity and dividend.“³⁵ Diese Tatsache wird im folgenden dadurch berücksichtigt, indem die Bewertung des Optionsscheines mit und ohne Verwässerungseffekt dargestellt wird.

³⁴ Stucki 1989, S. 118.

³⁵ Schulz/Trautmann 1994, S. 842.

3.1.1. Bewertung der Obligation

Ganz allgemein wird der Gegenwartswert PV (Present Value) eines Zahlungsstromes durch Diskontierung der erwarteten Zahlungen mit dem risikogerechten Zinssatz r (auch erforderliche Rendite genannt) errechnet:³⁶

$$PV = \sum_{t=1}^{mn} \frac{C_t / m}{(1 + r / m)^t} + \frac{RW}{(1 + r / m)^{mn}} \quad (1)$$

Dabei ist C_t die Couponzahlung zum Zeitpunkt t , und RW ist der Restwert der Anleihe, welcher bei Verfall zurückbezahlt wird. RW ist im Normalfall der Nennwert der Anleihe. Weil in den USA üblicherweise der Coupon halbjährlich ausgezahlt wird, muss dies mit dem Faktor m berücksichtigt werden, dabei ist aber zu beachten, dass nur die Hälfte (beziehungsweise das $1/m$ -fache) des Coupons an einem Zinstag gezahlt wird. Der Faktor m sagt aus, wieviel Mal pro Jahr die Couponzahlung durchgeführt wird. Für die USA wäre somit $m=2$.

Die dabei auftretenden Probleme sind:³⁷

- Bestimmung der Zinszahlungen und der Rückzahlung
- Bestimmung des zeitlichen Anfalls der Zahlungen
- Bestimmung des risikogerechten Zinssatzes r

Bei gewöhnlichen Anleihen sind die Couponzahlungen und die Rückzahlung des Nennwertes bereits fest im voraus vereinbart und stellen daher keine Probleme dar, falls die Zahlungsfähigkeit des Emittenten einwandfrei ist.

Bei der Herleitung des Gegenwartswertes wird angenommen, dass die Zahlungen jeweils am Ende der entsprechenden Zeitperioden stattfinden, und dass der risikogerechte Zinssatz r während diesen Perioden konstant ist.

Erfolgt jedoch der zeitliche Anfall der Zahlungen nicht exakt nach einer beziehungsweise nach einem ganzzahligen Vielfachen einer Periode ab dem Bewertungsdatum, sondern nach einem Bruchteil der zugrundeliegenden Periode, dann muss die sogenannte „day count convention“ beachtet werden.³⁸ Für Anleihen von Unternehmen und Gemeinden wird die sogenannte 30/360-Konvention angewendet. Dabei wird angenommen, dass jeder Monat aus 30 Tagen und ein Jahr aus 360 Tagen besteht. Zum

³⁶ Vgl. Auckenthaler 2000, Kapitel 2, S.6.

³⁷ Ebenda.

³⁸ Vgl. Hull 1997, S. 85.

Beispiel betragen die Anzahl Tage zwischen dem 1. März und dem 1. September des gleichen Jahres $6 \cdot 30 = 180$ Tage. Zwischen dem 1. März und dem 3. Juli des gleichen Jahres beträgt die Anzahl Tage $4 \cdot 30 + 2 = 122$. Wäre der Bewertungstag der 1. März und die Couponzahlung im Betrage von C_t/m der zugrundeliegenden Periode der Länge $360/m$ am 3. Juli fällig, dann beträgt der Anteil der Couponzahlung der zwischen den beiden Daten anfällt:

$$\frac{C_t}{m} \cdot \frac{122}{360/m} \quad (2)$$

Während die Zahlungsströme bei einer Anleihe bereits im voraus eindeutig festgelegt sind, verlangt der risikogerechte Zinssatz eine eingehendere Behandlung. Grundsätzlich wird in der Literatur empfohlen, den risikoadäquaten Zinssatz zur Diskontierung der Erwartungswerte von unsicheren zukünftigen Zahlungen anzuwenden, der aus dem Vergleich von Anleihen gleich riskanter Schuldner abgeleitet wird.³⁹

In der Praxis arbeitet man mit dem sogenannten Credit Spread.⁴⁰ Dieser wird zum risikolosen Marktzins für die entsprechende Laufzeit addiert und bildet so den risikogerechten Zinssatz r :

$$r = r_f + \text{Credit Spread}$$

Für r_f wird der der Laufzeit der Anleihe entsprechende Swapsatz eingesetzt.⁴¹ Wurde die Anleihe durch ein Ratingunternehmen bewertet, so kann man dieses Rating benutzen, um den Credit Spread aufgrund von Tabellen zu bestimmen.⁴²

Zur Bewertung aller Zahlungsströme wird oft aus Vereinfachungsgründen mit einer *uniformen Diskontierungsrate*⁴³ gearbeitet, das heisst, alle Zahlungsströme werden gleich behandelt, obwohl diese zeitlich auseinander liegen. Bei einer nicht flachen Zinsstruktur kann dieses Vorgehen zu Fehlbewertungen führen. Will man diese vermeiden, so können auch laufzeitdifferente Spotzinssätze verwendet werden, welche aus der Zinsstrukturkurve hervorgehen.

³⁹ Vgl. Perridon/Steiner 1999, S. 184.

⁴⁰ Vgl. Aussage eines Gesprächspartners.

⁴¹ Falls man eine genauere Bewertung durchführen will, kann auch ein der Duration der Anleihe entsprechender Satz angewendet werden.

⁴² Vgl. zum Beispiel http://www.moodys.com/moodys/cust/ecocomm/averages_ecocom.asp, 7. Dezember 2000.

⁴³ Vgl. Volkart 1995, S. 255.

3.1.2. Bewertung des Optionsscheines ohne Berücksichtigung der Verwässerung

Zur Bewertung einer Option werden hauptsächlich das Black/Scholes Modell und das Binomialmodell als die am weitesten verbreiteten Ansätze eingesetzt.⁴⁴ „The Black-Scholes model produces a closed-form solution to the valuation of call or put options.“⁴⁵ Das bedeutet, dass man direkt den Preis der Option berechnen kann, falls die Eingabeparameter bekannt sind. Die herausragende Eigenschaft des Binomialmodells ist, dass sie ausschliesslich mit elementarer Mathematik auskommt. Damit ist dieser Ansatz speziell auch für Leute attraktiv, die nicht in die Geheimnisse der Differentialgleichungen eingeweiht sind.

Andere Ansätze, wie etwa die Monte Carlo Simulation und das Differenzenverfahren, werden in dieser Arbeit nicht behandelt. Die Monte Carlo Simulation versucht, ähnlich wie das Binomialmodell, mittels eines Rückwärtsalgorithmus auf den Preis der Option zu schliessen, nachdem der Aktienkurs simuliert wurde.⁴⁶ Das Differenzenverfahren ist ein Ansatz, die Black/Scholes-Differentialgleichung mit numerischen Methoden zu lösen.⁴⁷

3.1.2.1. Das Black/Scholes-Modell

Der Bewertungsansatz nach Black/Scholes 1973 nimmt folgende ideale Bedingungen für die Märkte der Aktien und Optionen an:⁴⁸

- a) Der kurzfristige Zinssatz ist bekannt und konstant in der Zeit.
- b) Der Aktienkurs folgt einem „random walk“ in stetiger Zeit. Die Verteilung von möglichen Aktienkursen am Ende eines beliebigen Intervalls ist lognormal verteilt. Die Volatilität der Aktienrendite ist konstant.
- c) Die Aktie zahlt keine Dividenden oder macht keine anderen Ausschüttungen.
- d) Die Option ist von europäischem Typ, das heisst, sie kann nur bei Verfall ausgeübt werden.

⁴⁴ Vgl. Zwyssig 1993, S. 243.

⁴⁵ Saunders 1994, S. 462.

⁴⁶ Vgl. Tilley 1993, S. 499-520.

⁴⁷ Vgl. Schwartz 1977, S. 79-93.

⁴⁸ Vgl. Black/Scholes 1973, S. 640.

- e) Es existieren keine Transaktionskosten, die beim Kauf oder Verkauf von Aktien oder Optionen anfallen.
- f) Es ist möglich, einen beliebigen Bruchteil des Preises einer Wertpapier zum kurzfristigen Zinssatz zu borgen und diesen ohne Einschränkung zu halten oder zu verkaufen.
- g) Leerverkäufe sind ohne Einschränkungen möglich.

Die Formel zur Berechnung einer Europäischen Call-Option lautet:⁴⁹

$$c = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot (T-t)} \cdot N(d_2) \quad (3)$$

wobei

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2) \cdot (T-t)}{\sigma \cdot \sqrt{(T-t)}} \quad (4)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{(T-t)} \quad (5)$$

$N(\cdot)$	=	Verteilungsfunktion der Standard-Normalverteilung
c	=	Wert der Europäischen Call-Option
S	=	Aktienkurs zum Bewertungszeitpunkt
X	=	Ausübungspreis der Option
r	=	risikoloser Zinssatz pro Periode (in diesem Fall 1 Jahr)
σ	=	Volatilität der logarithmierten Aktienkursrenditen pro Periode (in diesem Fall 1 Jahr)
$T-t$	=	Restlaufzeit der Option in Jahren (T = Verfallstermin und t = Bewertungszeitpunkt). Wenn für den Bewertungszeitpunkt der heutige Tag eingesetzt wird, kann $t = 0$ eingesetzt werden.

Die Herleitung der Formel (3) geschieht über folgende Schritte des Black/Scholes Modells:⁵⁰

- Wiener-Prozess für den Aktienkurs
- Kontinuierliche duplizierende Strategie und grundlegende partielle Differentialgleichung (FPDE) samt Nebenbedingungen

⁴⁹ Vgl. Hull 1997, S. 263. Hier wird die gebräuchlichere Notation von Hull 1997 anstelle derjenigen von Black/Scholes 1973 verwendet.

⁵⁰ Vgl. Zimmermann 1988b, S. 367-372.

- Direkte Lösung der Differentialgleichung (gemäss Black/Scholes 1973) oder über den Umweg des risikoneutralen Bewertungsprinzips (gemäss Cox/Ross 1976)
- Beweis, dass die Lösung (Formel (3)) die FPDE erfüllt

Die grundlegende partielle Differentialgleichung, aus welcher der Callpreis c ⁵¹ gemäss der Optionspreisformel (3) hergeleitet werden kann, lautet:⁵²

$$\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 c_{SS} + r S c_S - r c + c_t = 0 \quad (6)$$

Der Index beim Symbol der Call-Option c bedeutet, dass der Callpreis c jeweils nach der entsprechenden Variable partiell abgeleitet wird. Also bedeutet c_{SS} , dass der Callpreis c zwei Mal nach dem Aktienpreis S partiell abgeleitet wird. Weil die FPDE zweiter Ordnung ist, werden zu ihrer Lösung zwei Nebenbedingungen benötigt.⁵³

$$c(S_T, T, X) = \max(0, S_T - X)$$

$$c(S_t=0, T, X) = 0$$

Die erste Nebenbedingung sagt aus, dass der Callpreis c zum Verfallszeitpunkt T entweder den inneren Wert $S_T - X$ annimmt, falls der Aktienkurs S_T zum Verfallszeitpunkt T grösser als X ist (also die Call-Option „in-the-money“ verfällt) oder den Wert null annimmt, falls die Call-Option „out-of-the-money“ verfällt. Die zweite Nebenbedingung sagt aus, dass die Call-Option „wertlos ist, sobald der Aktienkurs null wird.“⁵⁴

Mit dem nötigen mathematischen Rüstzeug kann die grundlegende partielle Differentialgleichung (6) zusammen mit den beiden Nebenbedingungen gelöst werden. Der grosse Vorteil der Black/Scholes Optionspreisformel (3) liegt darin begründet, dass Black/Scholes „keine Annahme bezüglich der Risikopäferenz der Investoren“⁵⁵ gemacht haben.

⁵¹ Es ist zu beachten, dass nach der Konvention von Hull 1997 das kleine c für die Europäische Call-Option steht. Der Black/Scholes Ansatz betrachtet somit nur Optionen, die bei Verfall ausgeübt werden können, wie in der Black/Scholes Annahme d) erwähnt.

⁵² Vgl. Black/Scholes 1973, S. 643, Formel (7), wobei nach wie vor die Notation von Hull 1997 verwendet wird.

⁵³ Vgl. Copeland/Weston 1992, S. 298.

⁵⁴ Büttler 1998, S. 31.

⁵⁵ Zimmermann 1988b, S. 370. Diese Tatsache ist eine Grundlage, auf der der Begriff der risikoneutralen Bewertung beruht (vgl. Abschnitt 3.1.2.2 über das Binomialmodell, insbesondere das Ende des Abschnitts „Eine Periode“).

Leider existieren auch Nachteile, welche in den Annahmen begründet sind, und welche auch zur Erklärung von abweichenden Marktpreisen zu den theoretisch nach Black/Scholes berechneten herangezogen werden können:

- Die Annahmen, die Zinsen und die Aktienkursvolatilität seien während der Laufzeit konstant, sind in der Realität problematisch. Insbesondere sind diese Annahmen für Optionsscheine kritisch, weil sie in der Regel wesentlich längere Laufzeiten aufweisen als die sogenannten Traded Options, welche an speziellen Derivatebörsen mit nur einigen Monaten Laufzeit gehandelt werden.
- Dass die Aktienkurse keine stetigen Kursprozesse sind, sondern sich zum Teil sprunghaft ändern können, zeigen die täglichen Aktienkursveränderungen an den Börsen. Ausserdem sind die Aktien zwischen den Börsenöffnungszeiten selten kontinuierlich handelbar.
- Die meisten Basiswerte zahlen den Haltern Dividenden und andere Zahlungsströme aus.
- Die meisten Optionsscheine sind amerikanischen Typs.
- Die Transaktionskosten, Geld-Brief Spannen bei den Zinssätzen sowie Leerverkaufsrestriktionen stellen in der Praxis weitere Hürden dar.

Nach der Arbeit von Black/Scholes 1973 sind weitere Ansätze entwickelt worden, welche die erwähnten Probleme zum Teil berücksichtigen.

Eine dieser Erweiterungen ist das „Proportional Dividend Model“ von Merton 1974, welches die Möglichkeit von Dividendenzahlungen zulässt.⁵⁶ Das Modell unterstellt eine konstante Dividendenrendite δ bei einer kontinuierlichen Ausschüttung und kann in der hier vorgestellten Form für Europäische Optionen angewendet werden. „Der aktuelle Aktienkurs wird nach unten korrigiert, indem die während der Restlaufzeit der Option anfallende Dividende abgezogen wird.“⁵⁷ Die Formel lautet:⁵⁸

$$c = S \cdot e^{-\delta \cdot (T-t)} \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot (T-t)} \cdot N(d_2) \quad (7)$$

wobei

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r - \delta + \sigma^2 / 2) \cdot (T-t)}{\sigma \cdot \sqrt{(T-t)}} \quad (8)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{(T-t)} \quad (9)$$

⁵⁶ Vgl. Stucki 1989, S. 125.

⁵⁷ Stucki 1989, S. 125.

⁵⁸ Vgl. Kolb 1997, S. 444.

Die Übereinstimmung mit der Black/Scholes-Formel (vgl. Formel (3)) kann dadurch überprüft werden, indem für $\delta=0$ eingesetzt wird.

3.1.2.2. Das Binomialmodell

Das Binomialmodell ist ein weiterer Ansatz, der einige Aspekte modelliert, welche im Black/Scholes-Modell nicht eingehen. Es erlaubt die Berücksichtigung von Dividendenzahlungen, Handelbarkeit der Aktien in diskreten Zeitpunkten und die vorzeitige Ausübung der Option.

In diesem Abschnitt wird das Binomialmodell ausführlich behandelt, weil Abschnitt 3.2.3 darauf aufbauend die Bewertung von Wandelanleihen implementieren wird. Dabei soll zuerst die Bewertung von Europäischen Call-Optionen und danach diejenige für Amerikanische Call-Optionen samt Dividendenzahlungen auf den Basiswert dargestellt werden. Die Ausführungen folgen hauptsächlich Cox/Rubinstein 1985.⁵⁹

Das Binomialmodell geht von folgenden Grundannahmen aus:⁶⁰

- Es fallen keine Transaktionskosten und Steuern an.
- Der Wertpapiermarkt ist nur zu endlich vielen Zeitpunkten geöffnet

$$t \in T = \{0=t_0 < t_1 < \dots < t_N\},$$

wobei die Länge Δt der Zeitintervalle zur Vereinfachung immer gleich ist (äquidistante Diskretisierung), das heisst

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i = T/N \quad \forall i = 0, \dots, N-1.$$

- Der Markt ist *reibungslos* (frictionless market), das heisst, Transaktionen können in beliebigem Umfang ohne Einfluss auf das Preissystem durchgeführt werden. Es liegt ein striktes Preisnehmerverhalten vor, was bedeutet, dass der einzelne Marktteilnehmer durch sein Handeln den Marktpreis nicht beeinflussen kann.

Ausserdem solle gelten:⁶¹

- Der Aktienpreis S_0 zum Zeitpunkt t_0 sei gegeben.
- Es existiere ein r , wobei r gleich dem risikolosen Zinssatz plus eins entspricht, das heisst, es gilt $r = 1+r_f$. Der risikolose Zinssatz sei während der Laufzeit der Option

⁵⁹ Vgl. Cox/Rubinstein 1985, S. 171-178.

⁶⁰ Vgl. Sandmann 1999, S. 157-158.

⁶¹ Vgl. Cox/Rubinstein 1985, S. 171.

konstant und positiv. Es kann beliebig viel Kapital zum risikolosen Zinssatz angelegt oder geborgt werden. Es gelte $u > r > d$.

- Zusätzlich existiere eine Call-Option auf die gleiche Aktie mit Ausübungspreis X und Verfall im Zeitpunkt $T = t_N$.
- Die Investoren handeln rational und ziehen mehr Reichtum weniger Reichtum vor.
- Es existieren keine Arbitragegelegenheiten.

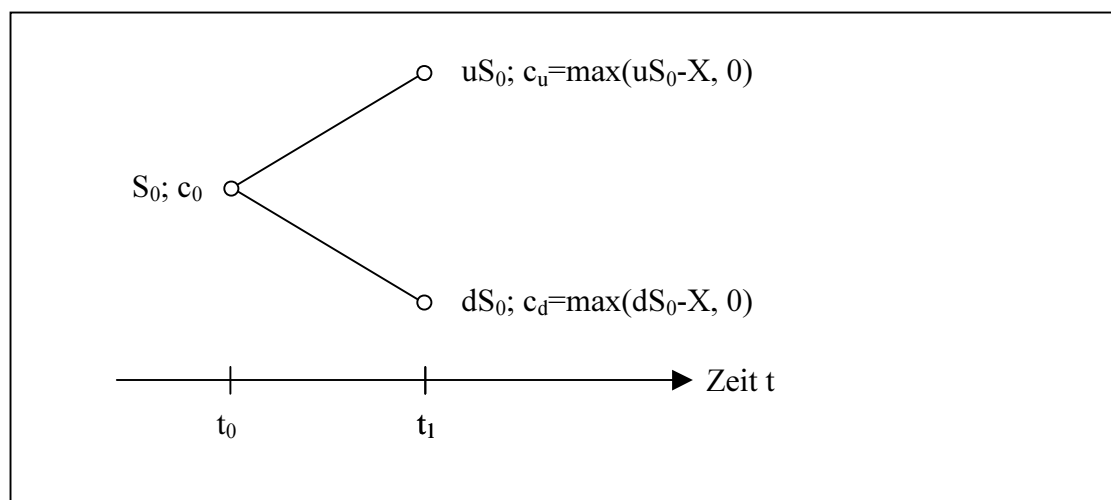
Eine Periode

Vorerst sollen nur Optionen vom europäischen Typ betrachtet werden. Im Zeitpunkt t_1 , am Ende der Periode, kann der Aktienpreis einen von zwei Werten annehmen: Entweder endet der Aktienpreis im Umweltzustand „up“ mit dem Aktienpreis uS_0 oder, falls der Umweltzustand „down“ eintritt, mit dS_0 . Die Faktoren u („up“) und d („down“) sagen aus, um wieviel sich der Aktienpreis jeweils in den beiden Umweltzuständen „up“ und „down“ verändert hat. Der Wert der Call-Option beim Verfallszeitpunkt $T=t_1$ ist $\max(S_T - X, 0)$ und kann in den beiden Umweltzuständen geschrieben werden als (vgl. Abbildung 2):

Wert c_u der Call-Option im Umweltzustand „up“: $c_u = \max(uS_0 - X, 0)$

Wert c_d der Call-Option im Umweltzustand „down“: $c_d = \max(dS_0 - X, 0)$

Abbildung 2: Kursverlauf der Aktie und der Call-Option im Binomialmodell mit einer Periode



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Cox/Rubinstein 1985, S. 171

Zum Zeitpunkt t_0 soll nun ein *äquivalentes Portfolio* gebildet werden, so dass die Auszahlung des Portfolios in den beiden Umweltzuständen jeweils die gleiche ist wie diejenige der Call-Option c . Das Portfolio soll aus Δ Teilen Aktien sowie aus einem Kredit vom Betrage B bestehen.

$$\begin{array}{ll} \text{Wert des Portfolios im Um-} & \Delta u S_0 + rB = c_u \\ \text{weltzustand "up":} & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Wert des Portfolios im Um-} & \Delta d S_0 + rB = c_d \\ \text{weltzustand "down":} & \end{array}$$

Aus diesem Gleichungssystem können Δ und B hergeleitet werden:

$$\Delta = \frac{(c_u - c_d)}{(u - d)S_0} \quad (10)$$

$$B = \frac{(uc_d - dc_u)}{(u - d)r} \quad (11)$$

Weil Δ und B so gewählt wurden, dass das Portfolio, bestehend aus Δ Teilen der Aktie und einem Kredit vom Betrage B , im Zeitpunkt t_1 die gleiche Auszahlung wie die Call-Option leistet, muss der Wert des Portfolios im Zeitpunkt t_0 den gleichen Wert aufweisen wie die Call-Option c_0 . Ansonsten wäre eine Arbitragemöglichkeit vorhanden, welche durch den Kauf des billigeren Portfolios und den gleichzeitigen Verkauf des teureren ausgenutzt werden könnte. In Formeln ausgedrückt muss also zum Zeitpunkt t_0 der Wert der Call-Option c_0 gleich dem Wert des äquivalenten Portfolios sein:

$$c_0 = \Delta S_0 + B \quad (12)$$

Nach dem Einsetzen von Δ und B folgt daraus:

$$c_0 = \frac{\frac{r-d}{u-d}c_u + \frac{u-r}{u-d}c_d}{r} \quad (13)$$

und durch Substitution von $(r-d)/(u-d) = p$ folgt:

$$c_0 = \frac{pc_u + (1-p)c_d}{r} \quad (14)$$

Damit wäre der Preis der Call-Option mit dem *Replikationsprinzip* berechnet, indem die Auszahlung der Call-Option durch ein äquivalentes Portfolio repliziert worden ist.

Es ist zu beachten, dass in Formel (14) zur Bewertung des Callpreises c_0 keinerlei Wahrscheinlichkeitsannahmen über die Umweltzustände „up“ und „down“ eingehen. Das bedeutet, dass die verschiedenen Investoren unabhängig davon, welche subjektiven Einschätzungen über die Aufwärts- oder Abwärtsbewegung der Aktie sie sich bilden, der Call-Option den Wert c_0 aus der Formel (14) beimessen. Darüber hinaus wurde keine Annahme über das Risikoverhalten der Investoren gemacht.⁶²

Deshalb ist der Wert c_0 der Call-Option unabhängig vom Risikoverhalten der Investoren und auch unabhängig von der Wahrscheinlichkeitsverteilung der beiden Umweltzustände „up“ und „down“. Daraus folgt, dass man beliebige Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der beiden Umweltzustände und die Risikoeinstellung der Investoren machen darf, ohne dass der Callpreis c_0 sich verändern würde. Insbesondere darf man also annehmen, die Investoren seien risikoneutral und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Umweltzustände „up“ und „down“ seien p und $(1-p)$. „We define a *risk-neutral investor* to be one who is indifferent between an investment with a certain rate of return and another investment with an uncertain rate of return which has the same expected value.“⁶³

Der Wert $p = (r-d)/(u-d)$ darf als Wahrscheinlichkeit interpretiert werden wegen der Annahme, dass $u > r > d$. Diese Annahme garantiert, dass $0 < p < 1$ ist. Denn der Zähler $(r-d)$ als auch der Nenner $(u-d)$ sind positiv und darüber hinaus ist $(r-d) < (u-d)$.

Somit kann der Wert c_0 der Call-Option aus Formel (14) als diskontierter Erwartungswert der zukünftigen Auszahlung gedeutet werden. Diese Deutung ist ein wichtiges allgemeines Prinzip der Optionspreisbewertung, das *risikoneutrale Bewertung* genannt wird.⁶⁴

Zwei Perioden

Das Binomialmodell soll nun auf zwei Perioden ausgedehnt und danach auf den N -Periodenfall erweitert werden, wobei immer noch von einem Europäischen Call ausgegangen wird.

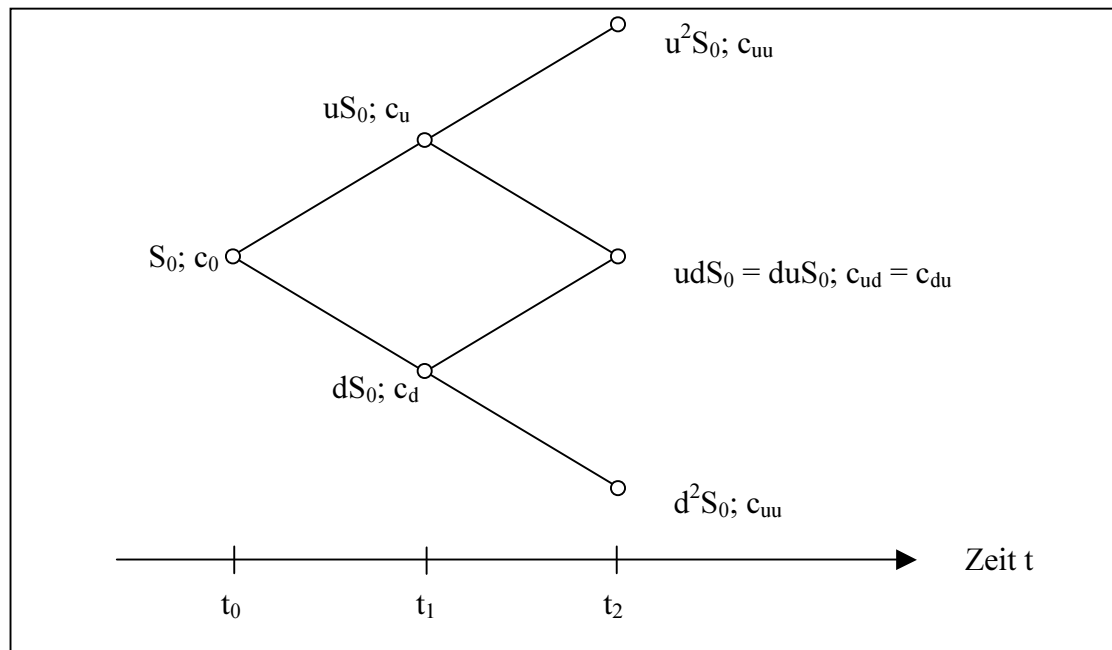
Es sollen die gleichen Annahmen beibehalten werden. Der Aktienkurs und die Call-Option entwickeln sich gemäss Abbildung 3.

⁶² Vgl. Cox/Rubinstein 1985, S. 173.

⁶³ Cox/Rubinstein 1985, S. 174.

⁶⁴ Vgl. Hull 1997, S. 198.

Abbildung 3: Kursverlauf der Aktie und der Call-Option im Binomialmodell mit zwei Perioden



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Cox/Rubinstein 1985, S. 175

Zu beachten ist, dass wegen dem Kommutativgesetz der Multiplikation, das heisst wegen $a \cdot b = b \cdot a$, die Pfade „up-down“ und „down-up“ zum gleichen Aktienkurs $udS_0 = duS_0$ führen, wodurch auch die Optionswerte $c_{ud} = c_{du}$ zum gleichen Resultat führen. Der Wert der Call-Option beim Verfallszeitpunkt $T=t_2$ ist $\max(S_T - X, 0)$:

Wert c_{uu} der Call-Option im Umweltzustand „up-up“: $c_{uu} = \max(u^2S_0 - X, 0)$

Wert c_{ud} der Call-Option im Umweltzustand „up-down“: $c_{ud} = \max(udS_0 - X, 0)$

Wert c_{dd} der Call-Option im Umweltzustand „down-down“: $c_{dd} = \max(d^2S_0 - X, 0)$

Die Optionspreise c_u und c_d im oberen und unteren Teilstaat können nun auf die gleiche Weise wie im Einperiodenmodell entweder mittels Replikation oder der risikoneutralen Bewertung berechnet werden. Damit resultieren analog zur Formel (14):

$$c_u = \frac{pc_{uu} + (1-p)c_{ud}}{r}$$

$$c_d = \frac{pc_{du} + (1-p)c_{dd}}{r}$$

In einem weiteren Schritt kann schliesslich der Optionspreis zum Zeitpunkt t_0 berechnet werden:

$$c_0 = \frac{pc_u + (1-p)c_d}{r} \quad (15)$$

Durch sukzessives Einsetzen der Formeln für c_u , c_d , c_{uu} , c_{ud} und c_{dd} in die Gleichung (15) und anschliessendes Umformen resultiert der Optionspreis c_0 im Zweiperioden Binomialmodell in Abhängigkeit von der Auszahlung bei Verfall, wobei zur Vereinfachung anstelle von $S_0 = S$ und $\max(\alpha, 0) = [\alpha]^+$ verwendet werden:

$$c_0 = \frac{p^2 [u^2 S - X]^+ + 2p(1-p)[udS - X]^+ + (1-p)^2 [d^2 S - X]^+}{r^2} \quad (16)$$

N Perioden

Die Gleichung (16) kann nun zur Verallgemeinerung auf N Perioden erweitert werden, indem die Binomische Formel angewendet wird. Es folgt für den Optionspreis c_0 im Binomialmodell mit N Perioden:

$$c_0 = \frac{\sum_{j=0}^N \binom{N}{j} p^j (1-p)^{N-j} \max(u^j d^{N-j} S - X, 0)}{r^N} \quad (17)$$

Die Zahl $\binom{N}{j}$ ist der Binomialkoeffizient und j ist die Anzahl „up“ Bewegungen im Binomialbaum mit N Perioden. Die Gleichung (17) „[...] is simply the probability of each final outcome multiplied by the value of that outcome and discounted at the risk-free rate for T time periods.“⁶⁵ Die T Zeitperioden sind identisch mit den N Perioden in der vorliegenden Schreibweise. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens jeder Endauszahlung in den $N+1$ Endzuständen ist gleich $p^j(1-p)^{N-j}$, wobei jede Endauszahlung $\binom{N}{j}$ mal vorkommt. Der Wert jeder Endauszahlung beträgt $\max(u^j d^{N-j} S_0 - X, 0)$.

Vorzeitige Ausübung

Der Wert einer Amerikanischen Call-Option ist gleich einer sonst identischen Europäischen Call-Option, ausser die Aktie zahle dem Inhaber einen Betrag aus, zu dem der

⁶⁵ Copeland/Weston 1992, S. 265.

Optionsinhaber nicht berechtigt ist.⁶⁶ Merton 1973 zeigt, dass die vorzeitige Ausübung eines Amerikanischen Calls optimal sein kann, wenn die Aktie einen bestimmten Betrag auszahlt. Insbesondere kann es optimal sein, die Call-Option vor dem Ex-Dividendentag auszuüben.

In jedem Knoten des Binomialbaumes muss überprüft werden, ob die Option sofort ausgeübt, oder ob sie für eine später mögliche Ausübung gehalten werden soll. Durch den Vergleich des „Haltewertes“ der Option mit dem „Ausübungswert“ kann dieser Entscheid getroffen werden.⁶⁷

Der Ausübungswert der Call-Option entspricht dem inneren Wert und kann in jedem Knoten des Baumes berechnet werden, weil der Aktienpreis S_t in diesem Knoten durch den Binomialbaum gegeben ist. Ausserdem ist der Ausübungspreis X eine von Anfang an bekannte Grösse. Somit gilt:

$$\text{Ausübungswert(im betrachteten Knoten)} = \max(S_t - X, 0) \quad (18)$$

Der Haltewert der Call-Option ist der erwartete und auf den betrachteten Knoten diskontierte Erwartungswert der beiden Nachfolgeknoten. Die Formel entspricht jener aus Gleichung (15), wobei $C_{\eta_u^+}$ und $C_{\eta_d^+}$ die Optionswerte der beiden Nachfolgeknoten sind:

$$\text{Haltewert(im betrachteten Knoten)} = \frac{pC_{\eta_u^+} + (1-p)C_{\eta_d^+}}{r} \quad (19)$$

Für die Knoten im (N-1)-ten Schritt, das heisst eine Periode vor Verfall, entsprechen die beiden Optionswerte der Nachfolgeknoten $C_{\eta_u^+}$ und $C_{\eta_d^+}$ gerade den Endauszahlungen, die auf den betrachteten Knoten folgen.

Der rationale Investor würde natürlich den grösseren Wert zwischen dem Ausübungs- und Haltewert wählen, weshalb der Optionswert im betrachteten Knoten nicht mehr lediglich dem diskontierten, erwarteten Wert der Nachfolgeknoten entspricht, wie dies bei einer Option europäischen Typs der Fall wäre, sondern dem Maximum aus dem Ausübungs- und Haltewert:

$$\text{Optionswert(im betrachteten Knoten)} = \max(\text{Ausübungswert, Haltewert}) \quad (20)$$

⁶⁶ Vgl. Merton 1973, S. 144.

⁶⁷ Vgl. Tilley 1993, S. 503.

Würde der Ausübungswert grösser als der Haltewert sein, dann käme es zu einer vorzeitigen Ausübung. Wie eingangs erwähnt, kann dies nur der Fall sein, wenn die Aktie dem Inhaber einen Betrag auszahlt, auf welchen der Halter der Option keinen Anspruch hat. Dies kann insbesondere bei Dividendenzahlungen der Fall sein.

Dividendenzahlungen

Die Grundannahmen sind nach wie vor gleich, ausser dass nun vorzeitige Ausübung und Dividendenzahlungen berücksichtigt werden. „Sei S der Wert einer Aktie unmittelbar vor Ausschüttung der Dividende $D \leq S$, dann ist unter Ausschluss einer Arbitragemöglichkeit der Wert der Aktie unmittelbar nach der Dividendenzahlung gleich $S-D$.“⁶⁸

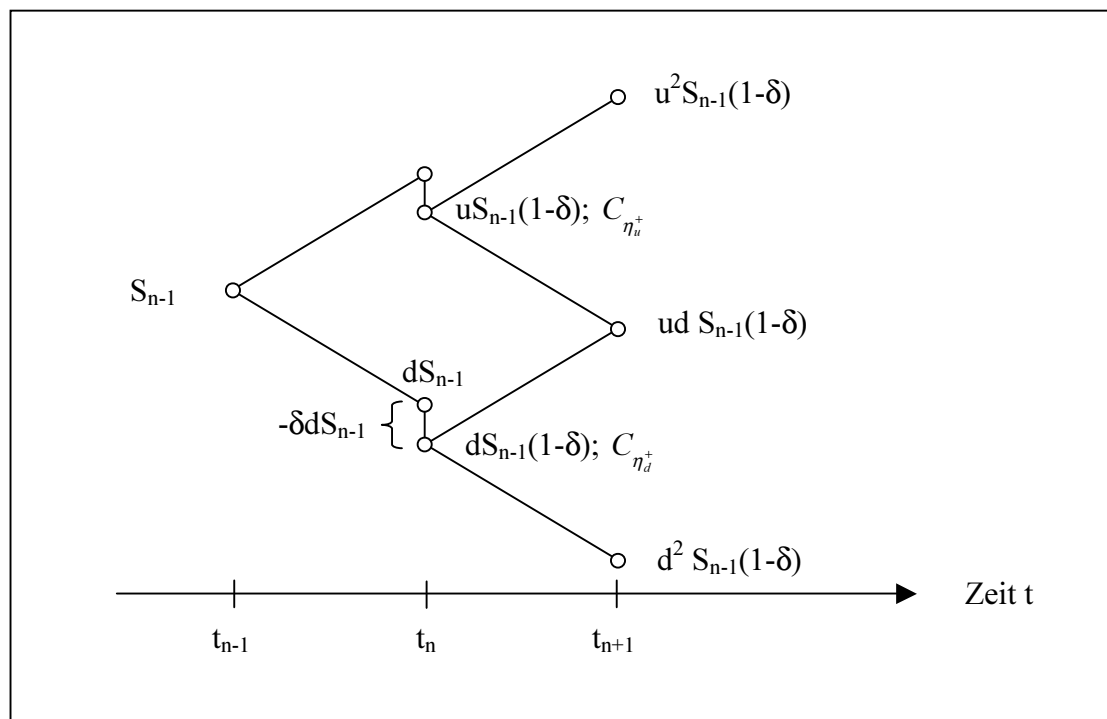
Aus Vereinfachungsgründen wird bei der Modellierung von Dividendenzahlungen anstelle von absoluten Dividendenbeträgen die Dividendenrendite $\delta = D/S$ in Betracht gezogen. Diese bewirkt, dass der Aktienkurs nach der Dividendenzahlung auf $S-S\delta = S(1-\delta)$ fällt. Relativ zum ursprünglichen Verlauf des Binomialbaumes ohne Dividendenzahlungen wird damit der Baum ab dem Ex-Dividendentag um den Faktor $(1-\delta)$ korrigiert, welcher danach in alle nachfolgenden Knoten eingeht (vgl. Abbildung 4).⁶⁹

In der vorliegenden Situation von Abbildung 4 muss nun der rationale Halter der Call-Option im Zeitpunkt t_{n-1} prüfen, ob sich eine vorzeitige Ausübung lohnt, um sich die Dividendenzahlung zu sichern. Dazu wird er den Ausübungs- und Haltewert im Zeitpunkt t_{n-1} anhand den Formeln (18) und (19) berechnen und die Option ausüben, falls der Ausübungswert grösser ist als der Haltewert. Im Falle der Ausübung wird der Ausübungswert anstelle des Haltewertes für die weitere Berechnung der Call-Option zum Zeitpunkt t_0 in den Binomialbaum eingehen. Das heisst, der Wert der Call-Option zum Zeitpunkt t_{n-1} wird gleich $\max(\text{Ausübungswert}, \text{Haltewert})$ sein.

⁶⁸ Sandmann 1999, S.174.

⁶⁹ Weil $D \leq S$ (es kann keine höhere Dividende ausgeschüttet werden als die Aktie an Wert hat) muss $0 \leq (1-\delta) \leq 1$ sein, und somit wird der Binomialbaum fast immer nach unten korrigiert.

Abbildung 4: Kursverlauf der Aktie im Binomialmodell mit N Perioden und einer Dividendenzahlung zwischen der Periode n-1 und n



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Hull 1997, S. 353

3.1.3. Bewertung des Optionsscheines mit Berücksichtigung der Verwässerung

Im folgenden soll angenommen werden, dass ein Optionsschein das Recht auf den Kauf genau einer Aktie gegen Bezahlung des Ausübungspreises X verkörpert. Die Ausübung des Optionsrechtes hat zwei Auswirkungen auf die Bilanz des Emittenten: Einerseits nehmen die flüssigen Mittel um den Ausübungspreis X zu, und andererseits erhöht sich der Bestand ausstehender Aktien um die Zahl der ausgeübten Optionsscheine.

3.1.3.1. Das Galai/Schneller-Modell

Dieser Abschnitt folgt den Erläuterungen von Galai/Schneller 1978 und benutzt auch deren Notation.⁷⁰ Sie betrachten in ihrem Modell Optionsscheine unabhängig von einer Anleihe. Da eine Optionsanleihe als ein Finanzinstrument mit zwei separaten Bestandteilen betrachtet werden kann, ist es für die Bewertung der Optionsscheine uner-

⁷⁰ Vgl. Galai/Schneller 1978, S. 1333-1336.

heblich, ob diese zusammen mit einer Anleihe emittiert worden sind oder nicht. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die emittierende Unternehmung den Preis der Optionsscheine bar kassiert, während bei einer Optionsanleihe der Preis der Optionsscheine dazu genutzt wird, den Coupon der Obligation zu senken.

Das Modell betrachtet eine Unternehmung, die zu hundert Prozent mit Eigenkapital finanziert ist, welches aus n Aktien besteht. Es liegt eine Situation mit einer Periode vor, das heisst, die Unternehmung wird im Zeitpunkt t_0 gegründet und in t_1 liquidiert. Der stochastische Liquidationswert des Vermögens ist eine Zufallsvariable \tilde{X}_1 . Der Preis einer Aktie wird somit in t_1 den Wert \tilde{X}_1 / n haben.

Eine zweite ansonsten identische Unternehmung emittiert im Zeitpunkt t_0 $n \cdot q$ Optionsscheine mit dem Ausübungspreis k und Verfallszeitpunkt t_1 . Das Symbol q steht für das Verhältnis der Anzahl emittierter Optionsscheine zu der Anzahl bestehender Aktien, dargestellt als Formel:

$$q = \frac{\text{Anzahl emittierter Optionsscheine}}{\text{Anzahl alter Aktien } n}$$

Es wird angenommen, dass die Investitionspolitik der Unternehmung durch den Finanzierungsentscheid nicht beeinflusst wird, und dass der kassierte Preis der Optionsscheine sofort an die alten Aktionäre in Form einer Bardividende ausbezahlt wird. Die Bilanz umfasst somit das gleiche Vermögen wie vor der Optionsscheinemission, jedoch kommen die Verpflichtungen der emittierten $n \cdot q$ Optionsscheine zu den n alten Aktien dazu, wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist.

Falls die Optionsscheine ausgeübt werden, dann steigt der Wert \tilde{X}_1 der Unternehmung um den Wert der einkassierten Ausübungspreise, welcher der Anzahl emittierter Optionsscheine $n \cdot q$ multipliziert mit dem Ausübungspreis k entspricht. Auf diesen Unternehmungswert $\tilde{X}_1 + n \cdot q \cdot k$ werden dann aber nicht nur die alten n Aktien, sondern auch die neu durch die Ausübung entstandenen $n \cdot q$ Aktien einen Anspruch haben. Der Wert \tilde{P}_1 eines Anteils nach der Ausübung wird somit (vgl. Abbildung 5):

$$\tilde{P}_1 = \frac{\tilde{X}_1 + nqk}{n + nq} \quad (21)$$

Abbildung 5: Bilanzen im Zeitpunkt der Liquidation

Bilanz in t_1 ohne Optionsscheine		Bilanz in t_1 mit Optionsscheinen		Bilanz in t_1 nach Ausübung der Optionsscheine	
Aktiven	Passiven	Aktiven	Passiven	Aktiven	Passiven
Wert der Aktiven \tilde{X}_1	n Aktien	\tilde{X}_1	nq Optionsscheine + n Aktien	nqk in Cash + \tilde{X}_1	nq neue Aktien + n alte Aktien

Quelle: Eigene Darstellung

Die Ausübung der Optionsscheine wird sich nur lohnen, wenn der Wert der Aktien *nach* der Ausübung grösser ist als der Ausübungspreis, also nur falls $\tilde{P}_1 > k$. Daraus folgt für den Wert W_1 des Optionsscheins im Zeitpunkt t_1 :

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \max\{\tilde{P}_1 - k, 0\} = \max\left\{\frac{\tilde{X}_1 + nqk}{n + nq} - k, 0\right\} \\
 &= \max\left\{\frac{\tilde{X}_1 + nqk - nk - nqk}{n + nq}, 0\right\} = \max\left\{\frac{\tilde{X}_1 - nk}{n + nq}, 0\right\} \\
 &= \max\left\{\frac{\frac{\tilde{X}_1}{n} - k}{1 + q}, 0\right\} \\
 W_1 &= \frac{1}{1 + q} \max\left\{\frac{\tilde{X}_1}{n} - k, 0\right\} \tag{22}
 \end{aligned}$$

Eine Call-Option auf dieselbe Unternehmung ohne Optionsscheine berechtigt zum Kauf einer Aktie. Da eine Call-Option unabhängig von der Unternehmung zwischen zwei beliebigen Parteien entstehen kann, führt die Ausübung nicht zur Schaffung von neuen Aktien, weshalb keine auch Verwässerungseffekte beachtet werden müssen.

Die Ausübung findet statt, falls der Preis \tilde{X}_1/n der Aktien den Ausübungspreis k übersteigt, ansonsten verfällt die Call-Option wertlos. Der Wert C_1 der Call-Option bei Verfall kann somit beschrieben werden mit:

$$C_1 = \max \left\{ \frac{\tilde{X}_1}{n} - k, 0 \right\} \quad (23)$$

Nach Einsetzen von Gleichung (23) in (22) folgt:

$$W_1 = \frac{C_1}{1+q} \quad (24)$$

Aus dem Grundprinzip der Linearität⁷¹ folgt, dass die Beziehung in Gleichung (24) unter Ausschluss von Arbitrage auch für den Zeitpunkt t_0 gelten muss. Das Grundprinzip der Linearität besagt, dass, wenn der Wert einer Auszahlung in t_1 als Linearkombination anderer Auszahlungen darstellbar ist, so gilt es auch für den heutigen Zeitpunkt t_0 , da sonst risikolose Gewinne möglich wären. Somit kann der heutige Wert des Optionsscheines berechnet werden, indem man eine sonst identische Call-Option mit den üblichen Bewertungsmethoden wie der Black/Scholes Formel (vgl. Gleichung (3)) oder dem in Abschnitt 3.1.2.2 beschriebenen Binomialmodell bewertet und mit dem Faktor $1/(1+q)$ korrigiert:

$$W_0 = \frac{C_0}{1+q} \quad (25)$$

Weil immer $q \geq 0$ ist, folgt, dass der Wert eines Optionsscheines immer kleiner oder gleich dem Wert einer sonst identischen Call-Option auf die gleiche Unternehmung *ohne* Optionsscheine ist.

Dass der Korrekturfaktor unter Umständen erheblich sein kann, zeigen Galai/Schneller 1978 gleich selbst: "From analyzing the data for 118 warrants listed in the July 4, 1977 issue [gemeint ist eine Ausgabe der Zeitschrift Value Line Options and Convertibles Report, Anmerkung des Verfassers], we find that 41 warrants had a dilution factor of less than 10 per cent, for 25 warrants this factor was between 10 and 19 per cent, and for 13 warrants-between 20 and 29 per cent. There were 21 warrants

⁷¹ Vgl. Vorlesung Finanzmärkte II, Bewertung und Absicherung derivativer Finanzinstrumente, an der Universität Zürich im Wintersemester 1999/2000, gelesen von Professor Dr. Rüdiger Frey.

with a dilution factor of more than 50 per cent.”⁷² Im letzteren Fall bewirkt somit eine Vernachlässigung des Verwässerungseffektes, unter den gegebenen Annahmen, eine um mehr als das $1+q = 1.5$ fache höhere Fehlbewertung des Optionsscheines, was nicht unerheblich ist.

Die Erweiterung des Einperiodenmodells auf mehrere Perioden zeigt, dass das Resultat aus der Gleichung (25) beibehalten werden kann.⁷³

Man beachte, dass „ C_0 [...] is the price of a call option on a share in a firm *with no warrants*.“⁷⁴ Das bedeutet, dass man den Optionsschein nicht einfach so behandeln darf, als hätte man eine gewöhnliche Call-Option auf dieselbe Unternehmung, welche man mit den üblichen Optionsbewertungsverfahren bewertet und danach mit dem Korrekturterm gemäss Gleichung (25) gewichtet. Man muss gemäss der Idee von Galai/ Schneller 1978 eine ansonsten identische Call-Option auf die gleiche Unternehmung bewerten, welche aber *keine ausstehenden Optionsscheine* hat!⁷⁵

Nach Ansicht des Autors der vorliegenden Arbeit erschwert diese Tatsache die praktische Anwendung der Idee von Galai/Schneller 1978. Um die Optionsscheine dennoch nach deren Idee bewerten zu können, könnte ein mögliches Vorgehen darin bestehen, den Wert der Optionsscheine aus der Bilanz der betrachteten Unternehmung wegzudenken und so zu tun, als hätte man eine gewöhnliche Call-Option auf diese modifizierte Unternehmung. Nur ist es gerade dieser Wert, der ja eigentlich mit dem Korrekturterm $1/(1+q)$ berechnet werden soll.

3.1.3.2. Das Schulz/Trautmann-Modell

Ausgehend vom Galai/Schneller 1978 Ansatz entwickeln Schulz/Trautmann 1994 ein Modell, welches das am Ende des vorigen Abschnitts angesprochene Problem löst. Das Ziel ist es, mit ihrem Vorschlag den korrekten Wert eines Optionsscheines zu berechnen. Dieser Wert dient ihnen als Referenz, um den oft angewendeten „option-like warrant valuation“ Ansatz zu rechtfertigen. Damit sind Ansätze gemeint, die den Verwässerungseffekt bei Ausübung von Optionsscheinen ignorieren, indem sie die Optionsscheine einfach als gewöhnliche Call-Optionen auf den Basiswert behandeln.

⁷² Galai/Schneller 1978, S. 1336.

⁷³ Vgl. Galai/Schneller 1978, S. 1340.

⁷⁴ Galai/Schneller 1978, S. 1336.

⁷⁵ Vgl. Schulz/Trautmann 1994, S. 843.

Die Autoren benutzen dazu das „constant variance diffusion model“ anstelle des Black/Scholes Ansatzes, weil damit Optionen vom amerikanischen Typ bewertet werden können. Zur empirischen Überprüfung dienen 50'960 Tageskurse von 37 verschiedenen Optionsscheinen des amerikanischen Typs, emittiert auf 16 verschiedene Aktien deutscher Unternehmen, welche in der betrachteten Periode an der Frankfurter Börse kotiert waren. Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich auf die Arbeit von Schulz/Trautmann 1994.⁷⁶

Die Autoren machen folgende Grundannahmen:

- Während der Laufzeit der Optionsscheine folge der nicht beobachtbare Wert V_t des Unternehmensvermögens einem stetigen Prozess mit konstanter Volatilität σ_V . Diese beiden Variablen bilden die mit dem Modell und den beobachtbaren Marktdaten zu berechnenden Unbekannten, welche es erlauben, das nicht stationäre Verhalten der Aktienkursvolatilität zu beobachten, wenn Optionsscheine ausstehend sind.
- Während der Laufzeit der Optionsscheine werden keine Dividenden auf den Basiswert ausgezahlt. Das sequentielle Ausüben der Optionsscheine sei für die Halter nicht optimal.
- Die Aktienkursvolatilität sei nicht stationär, das heisst, die Volatilität ändert sich im Zeitablauf.
- Die Unternehmung hat N ausstehende Aktien und n Optionsscheine als einzige Finanzierungsinstrumente, so dass der aktuelle Unternehmenswert

$$V_t = NS_t + nW_t \quad (26)$$

beträgt.

- Jeder Optionsschein berechtigt den Halter zum Kauf einer Aktie gegen Bezahlung des Ausübungspreises K .

Analog zur Formel (21) im Galai/Schneller Modell beträgt der Aktienkurs S_T beim Verfallszeitpunkt T

$$S_T = \frac{V_T + nK}{N + n}, \quad (27)$$

falls die Optionsscheine mit Sicherheit ausgeübt werden.

⁷⁶ Vgl. Schulz/Trautmann 1994, S. 841-859.

Falls die Optionsscheininhaber über die Ausübung indifferent sind, dann beträgt der Unternehmenswert bei Verfall $V_T = NK$, und somit hat eine Aktie einen Preis von K . Vor dem Verfall der Optionsscheine, oder falls die Optionsscheine bei Verfall „in-the-money“ enden, sind die Aktien immer weniger Wert als das Unternehmensvermögen, weil die Optionsscheine als Teil des Eigenkapitals einen positiven Wert besitzen (vgl. linken Teil der Abbildung 6). Aufgrund dieser speziellen Kapitalstruktur können die Optionsscheine als bedingte Ansprüche auf die ganze Unternehmung betrachtet werden, und nicht nur auf das Aktienkapital. Analog zur Herleitung von Gleichung (22) ergibt sich damit aus $W_T = \max\{S_T - K, 0\}$ der Wert eines Optionsscheines W_T am Verfallstag:

$$W_T = \frac{1}{1 + \lambda} \max \left\{ \frac{V_T}{N} - K, 0 \right\} \quad (28)$$

Der Verwässerungsfaktor $\lambda = n/N$ entspricht dem q aus dem Galai/Schneller-Modell.

Abbildung 6: Kapitalstruktur vor und bei Verfall

Falls Optionsschein „in-the-money“ oder vor Verfall $t \leq T$		Falls Optionsschein „at-the-money“ oder „out-of-the-money“ $t = T$	
Aktiven	Passiven	Aktiven	Passiven
V_t	nW_t + NS_t	V_t	$nW_t=0$ + NK

Quelle: Eigene Darstellung

Wo nicht anders erwähnt, soll zur Vereinfachung der Schreibweise im folgenden der Index t für den augenblicklichen Wert einer Grösse weggelassen werden. Der zweite Term auf der rechten Seite von Gleichung (28) kann als der Wert einer Call-Option auf eine Aktie mit dem Wert V/N interpretiert werden:

$$W(V, \sigma_V) = \frac{1}{1 + \lambda} C^{BS}(V/N, T-t, K, \sigma_V, r) \quad (29)$$

Dabei steht der Term $C^{BS}(\cdot)$ für den Black/Scholes Preis einer Call-Option, welcher direkt durch Einsetzen in Formel (3) berechnet werden kann, falls man für $S=V/N$

einsetzt und die gleichen Annahmen wie Black/Scholes 1973 zugrunde legt. Das Haupthindernis für die Anwendung der Formel (29) liegt in der Tatsache, dass weder der Unternehmenswert V noch dessen augenblickliche Volatilität σ_V beobachtet werden können. Stattdessen gelten für die im Markt beobachtbaren Werte für den aktuellen Aktienkurs $S=S(V, \sigma_V)$ und dessen Volatilität $\sigma_S=\sigma_S(S(V, \sigma_V))$ folgende Beziehungen:

$$\left| \begin{array}{l} S = \frac{V - nW}{N} = \frac{V}{N} - \frac{n}{N} W(V, \sigma_V) \\ \sigma_S = \sigma_V \cdot \varepsilon_{S, V} \end{array} \right| \quad (30)$$

$$\sigma_S = \sigma_V \cdot \varepsilon_{S, V} \quad (31)$$

Dabei sind $W(V, \sigma_V)$ und $\varepsilon_{S, V}$ gegeben durch die Formel (29) und

$$\varepsilon_{S, V} = \frac{\partial S}{\partial V} \frac{V}{S} = \left(\frac{1}{N} - \frac{n}{N} \frac{\partial W(V, \sigma_V)}{\partial V} \right) \frac{V}{S} \quad (32)$$

Die Beziehung (30) folgt direkt aus der Gleichung (26). Die Beziehung (31) „[...] is a standard result in option pricing theory where the stock's elasticity, $\varepsilon_{S, V}$, gives the percentage change in the stock's value for a percentage change in the firm's value (see, e.g., Jarrow and Rudd, 1983, p.110).“⁷⁷ Die Elastizität einer abhängigen Variable y bezüglich einer unabhängigen Variablen x kann in diskreter Form auch als

$$\varepsilon_{y, x} = \frac{\frac{\Delta y}{y}}{\frac{\Delta x}{x}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \frac{x}{y}$$

dargestellt werden. Die Elastizität $\varepsilon_{y, x}$ sagt dabei aus, um wie viele Prozente sich die abhängige Variable y bei einer Änderung von einem Prozent der unabhängigen Variable x ändert.

Gemäss Beziehung (31) ist $\varepsilon_{S, V}$ ein Skalierungsfaktor von σ_V , und weil gleichzeitig $\varepsilon_{S, V}$ eine Funktion des Unternehmenswertes V und der Zeit t ist, kann sich die Aktienkursvolatilität σ_S während der Laufzeit des Optionsscheines mit der Zeit t ändern, obwohl σ_V als konstant angenommen wird.

⁷⁷ Schulz/Trautmann 1994, S. 846.

Die beiden Unbekannten V und σ_V aus dem nicht linearen Gleichungssystem (30) und (31) können nun simultan für am Aktienmarkt beobachtete S und schätzbare σ_S bestimmt werden. Schulz/Trautmann 1994 haben dabei ein spezielles numerisches Verfahren angewendet.⁷⁸ Für ein berechnetes Lösungspaar (V, σ_V) kann mit Hilfe von Formel (29) der Preis $W(V, \sigma_V)$ des Optionsscheines bestimmt werden. Da σ_S sich während der Laufzeit der Optionsscheine ändert, sollte dieser Parameter aus nicht allzuweit zurückliegenden historischen Aktienpreisen oder, falls Optionen auf die gleiche Unternehmung mit kurzer Laufzeit existieren, anhand von impliziten Volatilitäten geschätzt werden.

Schulz/Trautmann 1994 vergleichen das Resultat ihres Modells mit demjenigen des Black/Scholes-Modells. In Formeln geschrieben:

$$C^{BS}(S, T-t, K, \sigma_S, r) \quad (33)$$

wird mit dem *wahren* Wert

$$W(V, \sigma_V) = \frac{1}{1+\lambda} C^{BS}(V/N, T-t, K, \sigma_V, r) \quad (34)$$

verglichen. Es ist zu beachten, dass dieser Vergleich möglich ist, weil gemäss den Annahmen keine Dividenden ausbezahlt werden und damit der Preis der Amerikanischen und der Europäischen Call-Option gleich sind. Dabei gehen sie von einem relativ hohen Verwässerungsfaktor $\lambda=1$ aus und stellen fest, dass die Black/Scholes Lösung C^{BS} ohne Berücksichtigung der Verwässerung dem wahren Wert W sehr nahe kommt.

Ausser bei „deep-out-of-the-money“ Optionsscheinen kann somit die Black/Scholes-Formel ohne Korrektur angewendet werden, insbesondere wenn, der Realität entsprechend, von kleineren Verwässerungsfaktoren ausgegangen werden kann. Mit abnehmender Restlaufzeit nimmt der relative Fehler $\frac{C^{BS} - W}{W}$ auch bei nur gering „out-of-the-money“ Optionsscheinen zu.

Insgesamt kann gesagt werden, dass bei „at-the-money“ und „in-the-money“ Optionsscheinen der relative Fehler nur in einem einstelligen Prozentbereich liegt, wobei diese Aussage unabhängig von der Restlaufzeit gilt.

⁷⁸ Vgl. Schulz/Trautmann 1994, S. 846, Fussnote 9.

Weil die Annahmen des Modells nicht in allen Fällen gleichzeitig mit der Realität übereinstimmen müssen, führen Schulz/Trautmann eine empirische Überprüfung durch, um feststellen zu können, ob eine Abweichung einer „option-like valuation“ Analyse zu den Marktpreisen auf die Vernachlässigung der Verwässerung zurückgeführt werden kann. Für die Berechnung ohne Verwässerungseffekt benutzen sie das „constant variance diffusion model“ (CV), welches die Bewertung von Amerikanischen Optionen erlaubt. Obwohl der CV-Ansatz teilweise relative Abweichungen zum Marktpreis mit bis zu hundert Prozent ergibt, können Schulz/Trautmann 1994 diese nicht auf die Vernachlässigung der Verwässerung zurückführen. Diese Untersuchung unterstützt somit ihre Hypothese, wonach man den Verwässerungseffekt vernachlässigen darf.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die „option-like warrant valuation“ sehr präzise ist, falls die potentielle Verwässerung im aktuellen Aktienkurs vorweggenommen wird, der Optionsschein „in-the-money“ und das sequentielle Ausüben von amerikanischen Optionsscheinen nicht optimal ist.

3.2. Bewertung der Wandelanleihe

Während die Obligationenkomponente der Optionsanleihe mit dem DCF-Ansatz bewertet wird, wendet man für die Optionskomponente die üblichen Optionsbewertungsmodelle an. Die Bewertung kann daher separat vorgenommen werden, weil die beiden Komponenten tatsächlich getrennt voneinander gehandelt werden können. Die Trennung der Komponenten bei der Wandelanleihe ist jedoch nicht möglich. Daher muss ein Verfahren angewendet werden, welches beide Komponenten gleichzeitig bewertet.

In den folgenden Abschnitten werden einige Ansätze aus der Literatur beschrieben und erklärt. Bewertungsansätze, welche die Erkenntnisse der Optionspreistheorie nicht anwenden, werden in der vorliegenden Arbeit nicht dargestellt.⁷⁹

⁷⁹ Es sind dies hauptsächlich Ansätze, welche vor Black/Scholes 1973 vorgeschlagen wurden, wie zum Beispiel Brigham 1966 oder Baumol/Malkiel/Quandt 1966. Diese gehen von einem deterministischen Aktienkursverlauf mit konstanter Wachstumsrate aus, welche aus historischen Aktienpreisen ermittelt wird. Sie machen also nicht die wesentliche Annahme von Black/Scholes 1973, dass der Aktienkursprozess einer Geometrisch Brownschen Bewegung folge.

3.2.1. Das Ingersoll-Modell

Wo nicht anders vermerkt, stammen sämtliche Ausführungen in diesem Abschnitt aus Ingersoll 1977.⁸⁰ Ingersoll 1977 hat als einer der Ersten versucht, die Optionspreistheorie von Black/Scholes auf Wandelanleihen anzuwenden. Dabei geht er in drei Schritten vor:

- Zuerst wird die optimale Wandlungsstrategie für die Investoren sowie die optimale Kündigungsstrategie des Emittenten bestimmt.
- Danach wird die Optionspreistheorie auf Wandelanleihen angewendet, welche als bedingte Ansprüche auf das Vermögen der Unternehmung betrachtet werden können.
- In einem letzten Schritt wird die optimale Wandlungsstrategie unter allgemeineren Bedingungen untersucht.

Die zugrunde liegenden Annahmen sind:

- **Verhaltensannahmen:** Investoren ziehen mehr Reichtum weniger Reichtum vor. Kapitalanlagen mit gleichen Auszahlungen in allen Umweltzuständen haben den gleichen Preis. Das Management maximiert den Shareholder Value.
- **Annahmen über den Markt:** Es existieren *perfekte Märkte*, das heisst, es gibt keine Transaktionskosten, keine Steuern und gleichen Zugang zu Informationen für alle Investoren, *keine Dividenden* und *konstante Wandelbedingungen*. Es gilt das *Modigliani/Miller Theorem I*: Das Unternehmensvermögen ist unabhängig von der Kapitalstruktur, und es existieren keine Steuern. *Keine Kündigungsfrist*, das bedeutet, die Investoren müssen im Falle der Kündigung sofort über Wandlung oder Rückzahlung entscheiden. Die *Zinsstruktur* ist während der Restlaufzeit *flach*. Die *Märkte* sind *friktionslos*, mit anderen Worten, die Wertschriften sind stetig handelbar, und es existieren keine Restriktionen bezüglich Borgen und Leerverkauf. Der Wert des Unternehmensvermögen folgt einem *Ito Diffusionsprozess*. Die Wandelanleihe und das Aktienkapital sind die einzigen Passiven der Unternehmung.

⁸⁰ Vgl. Ingersoll 1977, S. 289-322.

3.2.1.1. Wertgrenzen und optimale Strategien

Durch das Anwenden von Arbitragebetrachtungen können *Wertgrenzen* für Wandelanleihen bestimmt werden. Die Wertgrenzen dienen zur Herleitung der optimalen Strategien für die Investoren und den Emittenten. Ingersoll 1977 bestimmt diese Wertgrenzen für drei Arten von Fremdkapital:

- Gewöhnliche Anleihen,
- Wandelanleihen ohne Kündigungsklausel und
- Wandelanleihen mit Kündigungsklausel.

Im Folgenden werden nur *Wandelanleihen mit Kündigungsklausel* dargestellt. Abbildung 7 stellt die Ausgangslage der Bilanzstruktur dar.

Abbildung 7: Zugrunde liegende Bilanzstruktur im Modell von Ingersoll

	Aktiven	Passiven
	V	Kündbare Wandelanleihe Aktien

Quelle: Eigene Darstellung

Die Kündigungsklausel gibt dem Emittenten das Recht, die Wandelanleihe zu einem im voraus festgelegten Preis, dem sogenannten **Kündigungspreis** $K(\tau)$ vom Investor zurück zu kaufen. Das Symbol τ steht für die Restlaufzeit ($T-t$) der Wandelanleihe, und $K(\tau)$ bezeichnet die aggregierte Summe dar, welche der Emittent den Investoren für die Wandelanleihe im Falle der Kündigung bezahlen muss. $K(\tau=0)$ wäre zum Beispiel der Nennwert b plus der im letzten Jahr angefallene Coupon, welche der Emittent im Verfallszeitpunkt zurückbezahlen muss, falls nicht gewandelt wird. Kommt es zur Kündigung, hat der Investor die Wahl, entweder die Wandelanleihe zum Kündigungspreis zurück zu geben oder in die Aktien des Emittenten zu wandeln.

Die Vertragsbestimmungen legen fest, in wie viele Aktien eine Wandelanleihe gewandelt werden kann (das heisst, wie viele Aktien der Halter gegen Hingabe der Wandelanleihe bekommt). Diese Anzahl Aktien wird **Wandlungsverhältnis** m (conversion ratio) genannt und wird in der Regel mit folgender Formel bestimmt:

$$m = b / S,$$

wobei b für den **Nennwert** der Wandelanleihe und S für den **Wandlungspreis** (conversion price) stehen. Es ist zu beachten, dass der Wandlungspreis S während der ganzen Laufzeit der Wandelanleihe konstant ist, weil gemäss Annahmen von konstanten Wandelbedingungen ausgegangen wird. Jeder Investor, der eine Einheit der Wandelanleihe zum Nennwert gekauft hat, um in m Aktien wandeln zu können, hat den äquivalenten Preis von S für eine Aktie bezahlt.⁸¹

Die Wandelbedingungen können auch in Form des **Verwässerungsfaktors** $\gamma = n / (n + N)$ ausgedrückt werden, welcher aussagt, welchen Anteil eine vollständige Wandlung aller Wandelanleihen am gesamten Aktienkapital ausmacht, wobei N die Anzahl ausstehender Aktien und n die Anzahl der neu durch die vollständige Wandlung entstehenden Aktien bezeichnet.

Der aggregierte Wert $H[\cdot]$ aller Wandelanleihen ist eine Funktion vom Marktwert V des Unternehmensvermögens, der Restlaufzeit τ , der aggregierten Couponzahlung C pro Jahr, dem aggregierten Kündigungspreis $K(\tau)$ und dem Verwässerungsfaktor γ :

$$H = H[V, \tau; K(\tau), C, \gamma]$$

Es existieren drei Wertgrenzen für die Wandelanleihen:

- Die bedingte Haftung der Wandelanleihe bedeutet, dass deren Wert nicht kleiner als null sein kann.
- Die bedingte Haftung setzt zusammen mit dem Modigliani/Miller Theorem I die obere Wertschranke von V fest.
- Des weiteren kann aus Arbitrageüberlegungen mit γV eine zweite untere Wertschranke für die Wandelanleihen angegeben werden.

Somit muss für $H[\cdot]$ gelten:

$$0 \leq \gamma V \leq H[V, \tau; K(\tau), C, \gamma] \leq V \quad (35)$$

Im Falle der Kündigung durch den Emittenten werden sich die Investoren entweder für die Wandlung (und somit für γV) oder für den Rückzahlungspreis $K(\tau)$ entscheiden müssen. Sie werden natürlich den höheren Wert wählen. Somit ergibt sich der Wert $H[\cdot]$ für die Wandelanleihe im Falle der Kündigung aus:

⁸¹ Vgl. Brealey/Myers 2000, S. 651.

$$H[V, \tau; K(\tau), C, \gamma] = \max[\gamma V, K(\tau)] \quad (36)$$

Gleichung (36) gilt auch zum Verfallszeitpunkt, wo $\tau = 0$ gilt. Berücksichtigt man jedoch, dass die Unternehmung in Konkurs gehen kann, dann müssen die Investoren auch einen kleineren Wert als $K(\tau=0)$ in Kauf nehmen, das heisst, falls der Unternehmenswert V bei Fälligkeit kleiner ist als die Summe von Nennwert plus letzte Coupzahlung, dann müssen sie mit dem kleineren V vorlieb nehmen. Daher gilt zusätzlich:

$$H[V, \tau=0; K(\tau=0), C, \gamma] = \min\{V, \max[\gamma V, K(\tau=0)]\} \quad (37)$$

Aufgrund der Wertgrenzen für die Wandelanleihe, dargestellt in den Gleichungen (35), (36) und (37) sowie weiteren Dominanzargumenten (die an dieser Stelle nicht dargelegt werden) stellt Ingersoll 1977 vier Theoreme auf, aus welchen folgende optimalen Strategien gefolgert werden können:

- Für den Investor ist eine Wandlung vor Verfall nicht optimal. Somit ist für den Investor nur eine Wandlung bei Verfall oder bei Kündigung durch das Unternehmen optimal.
- Die Unternehmung soll die Wandelanleihe kündigen, sobald es infolge der Kündigungsbedingungen möglich ist. Dies ist dann der Fall, sobald der aggregierte Wandelpreis γV den Kündigungspreis $K(\tau)$ erreicht.

3.2.1.2. Anwendung der Optionspreistheorie und Resultate

Nach der Festlegung der optimalen Strategien der Investoren und des Emittenten, benutzt Ingersoll 1977 die Optionspreistheorie zur Bewertung von Wandelanleihen. Die Ausgangslage bildet eine Erweiterung der ursprünglichen Black/Scholes-Differentialgleichung und erlaubt die Berücksichtigung von Dividendenzahlungen an Aktionäre als auch Zinszahlungen an Fremdkapitalgeber. Die Erweiterung ist eine allgemeine Beschreibung von bedingten Ansprüchen und somit auch für Wandelanleihen gültig.

Durch die Wahl der entsprechenden Nebenbedingungen, welche zur Lösung dieser erweiterten Differentialgleichung nötig sind, leitet Ingersoll 1977 unter anderem die Formeln zur Bewertung von kündbaren und nicht kündbaren Wandelanleihen her. Die Wandelanleihen werden als Spezialfälle von Diskontanleihen (zero coupon bonds)

betrachtet, das heisst, sie zahlen keine Coupons, werden aber dafür zu einem tieferen Emissionspreis ausgegeben. Ohne auf die mathematischen Details der Herleitung einzugehen, werden an dieser Stelle die Hauptresultate qualitativ präsentiert:

- Der Wert einer nicht kündbaren Wandelanleihe ist gleich dem Wert eines Portfolios bestehend aus einer gewöhnlichen Diskontanleihe plus einem Optionsschein, der den Inhaber berechtigt, den Basiswert zum Nennwert der Diskontanleihe zu kaufen.
- Der Wert einer kündbaren Wandelanleihe ist gleich dem Wert einer nicht kündbaren Wandelanleihe abzüglich einem Abschlag, welcher das Kündigungsrecht des Emittenten repräsentiert. Dieser Abschlag kann als Call-Option betrachtet werden, welcher dem Emittenten das Recht gibt, die Wandelanleihe vom Investor zurück zu kaufen oder eine Wandlung zu erzwingen.

3.2.1.3. Erweiterungen

Im letzten Teil seiner Arbeit untersucht Ingersoll 1977 optimale Wandlungsstrategien für Wandelanleihen, indem er einige restriktive Annahmen lockert. Er betrachtet unter anderem den Einfluss von variablen Wandelpreisen, Dividendenzahlungen zugunsten der Aktionäre sowie die Einführung einer Entscheidungsperiode, während der die Investoren zwischen Wandlung und Rückzahlung wählen können. Diese Erweiterungen verkörpern praktisch relevante Themen, die nicht vernachlässigt werden dürfen.

Zum Beispiel zeigt die Praxis auf, dass die von Ingersoll 1977 aufgestellte optimale Kündigungspolitik für die Unternehmung nicht verfolgt wird, wie er selbst zugibt, denn oft wird die Kündigung erst ausgesprochen, nachdem der Wandelpreis den Kündigungspreis bei weitem übertroffen hat. Daher muss die entsprechende Annahme über die Kündigungsfrist gelockert werden.

Dividendenzahlungen führen dazu, dass die Investoren eine vorzeitige Wandlung in Betracht ziehen müssen, damit sie sich eine allfällig hohe Dividende sichern können, analog zur vorzeitigen Ausübung von Amerikanischen Call-Optionen. Dies ist wiederum eine Erklärung dafür, dass die aufgestellte optimale Wandlungspolitik in der Praxis nicht eingehalten wird.

Die Finanzierungspolitik der Unternehmung kann eine Veränderung des Verwässerungsfaktors bewirken, indem zum Beispiel eine nachträgliche Emission von neuen Aktien den Verwässerungsfaktor verkleinert.

3.2.2. Das Brennan/Schwartz-Modell

Die folgenden Ausführungen beruhen auf der Arbeit von Brennan/Schwartz 1977.⁸² Nach den zugrunde liegenden Annahmen und Definitionen werden zuerst die optimalen Strategien für die Kündigungspolitik des Emittenten und die Wandlungspolitik des Investors dargestellt. Darauf aufbauend folgen die Wertgrenzen, welche zur Herleitung der Randbedingungen wichtig sind. Die Randbedingungen gelten für den Wert der Wandelanleihe und werden zur Lösung der das Verhalten der Wandelanleihe bestimmenden Differentialgleichung benötigt. Ohne auf den numerischen Lösungsalgorithmus einzugehen, wird der qualitative Verlauf des Wertes der Wandelanleihe in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern veranschaulicht. Zum Abschluss werden wichtige Resultate einer Erweiterung des Brennan/Schwartz-Modells vorgestellt.

3.2.2.1. Definitionen und Annahmen

Einleitend sollen die verwendeten Symbole definiert werden:

$V(t)$	=	Marktwert der Unternehmung, gemessen als Summe des Fremd- und Eigenkapitals der Unternehmung im Zeitpunkt t
$W(V, t)$	=	Marktwert einer Einheit der Wandelanleihe im Umfang des Nennwertes zum Zeitpunkt t in Abhängigkeit von $V(t)$
$C(V, t)$	=	Wandelwert, wird auch innerer Wert oder Parität genannt
ℓ	=	Anzahl der Einheiten, in welche die ausstehende Wandelanleihe aufgeteilt ist
$n(t)$	=	Anzahl Aktien, in die eine Einheit der Wandelanleihe gewandelt werden kann ⁸³
m	=	Anzahl Aktien, die vor der Wandlung bestehen
I	=	Aggregierter Betrag der Couponzahlung, der periodisch an jedem Coupontag an die Wandelanleiheninhaber ausbezahlt wird
$i=I/\ell$	=	Couponbetrag, der periodisch an eine Einheit der Wandelanleihe

⁸² Vgl. Brennan/Schwartz 1977, S. 1699-1715.

⁸³ An anderer Stelle der vorliegenden Arbeit wird $n(t)$ auch Wandelverhältnis WV genannt.

		ausbezahlt wird
$CP(t)$	=	Kündigungspreis (call price) zum Zeitpunkt t , der pro Einheit der Wandelanleihe bei einer Kündigung dem Investor ausbezahlt werden muss
$B(V, t)$	=	Wert einer gewöhnlichen Anleihe in Abhängigkeit von $V(t)$ und vom Zeitpunkt t , welche bis auf das Wandlungsrecht die gleichen Bedingungen aufweist wie die Wandelanleihe
$D(V, t)$	=	Aggregierter Dividendenbetrag, welcher an einem Dividententag an alle Aktionäre ausbezahlt wird

Die folgenden beiden Definitionen geben die optimalen Strategien der beiden Parteien wieder:

Definition 1: Der Investor verfolgt dann eine **optimale Wandlungspolitik**, wenn er den Wert $W(V, t)$ seines Anteils an der Wandelanleihe zu jedem Zeitpunkt t maximiert.

Definition 2: Die **optimale Kündigungspolitik** des Emittenten lautet, den Wert $W(V, t)$ der Wandelanleihe in jedem Zeitpunkt t zu minimieren.

Dabei wird angenommen, dass beide Parteien ihre Strategien auch tatsächlich verfolgen und davon ausgehen, dass die Gegenpartei ihre eigene optimale Strategie verfolgen wird. Diese Annahmen sind deshalb wichtig, weil nur anhand dieser die Bewertung der Wandelanleihe durchgeführt werden kann. Die weiteren Annahmen sind:

- **Annahmen über den Emittenten:** Der *Marktwert* $V(t)$ der Unternehmung ist exogen gegeben und gemäss Modigliani/Miller Theorem I unabhängig von der Zusammensetzung der Kapitalstruktur. Insbesondere ist $V(t)$ unabhängig von den verfolgten Kündigungs- und Wandlungsstrategien. Das *Kapital der Unternehmung* besteht ausschliesslich aus der Wandelanleihe und dem Aktienkapital. Das Eigenkapital ist aus m Aktien zusammengesetzt und zahlt *Dividenden* im Betrage von $D(V, t)/m$ pro Aktie aus.
- **Bedingungen der Wandelanleihe:** Die Wandelanleihe sei bei einem Kündigungspreis von $CP(t)$ *kündbar*, kann jederzeit in $\ell \cdot n(t)$ Aktien *gewandelt* werden und zahlt einen regelmässigen *Coupon* von $i = I/\ell$ pro Nennwert.

3.2.2.2. Wertgrenzen und optimale Strategien

Der innere Wert $C(V, t)$ einer Einheit der Wandelanleihe ist gleich dem Wandelverhältnis $n(t)$ mal dem Preis S_t der Aktie im Zeitpunkt t nach der Wandlung:⁸⁴

$$C(V, t) = n(t) S_t = n(t) \frac{V(t)}{m + \ell \cdot n(t)} = z(t) V(t) \quad (38)$$

Das Verhältnis $z(t) = \frac{n(t)}{m + \ell \cdot n(t)}$ sagt aus, welchen Anteil eine Einheit der Wandelanleihe bei vollständiger Wandlung am Kapital der Unternehmung ausmacht.

Aufgrund von Arbitrageüberlegungen und der Definition 1 muss

$$W(V, t) \geq C(V, t) \quad \forall V \text{ und } t \quad (39)$$

gelten, denn gemäss Annahme verfolgt der Investor immer die optimale Wandlungspolitik, wonach er zu jedem Zeitpunkt t den Wert $W(V, t)$ seines Anteils an der Wandelanleihe maximiert. Somit stellt der innere Wert $C(V, t)$ eine untere Grenze der Wandelanleihe dar, weil jederzeit gewandelt werden darf.

Lemma 1: Es ist nie optimal eine ungekündigte Wandelanleihe zu wandeln, ausser vor einem Dividententag, bei einer ungünstigen Änderung der Wandlungsbedingungen oder bei Verfall der Wandelanleihe.

Lemma 1 ist einsichtig, falls man bemerkt, dass gemäss Gleichung (39) eine Wandlung zum Wert $C(V, t)$ führt, welcher eine untere Wertgrenze für die Wandelanleihe darstellt. Eine Ausnahme bildet der Tag vor einer Dividendenzahlung: Eine Wandlung könnte optimal sein, wenn dadurch eine hohe Dividende nicht verpasst wird. Es kann also sein, dass der Wandelwert vor der Dividendenzahlung höher ist als der Haltewert der Wandelanleihe, weil durch den Dividendenabgang der Preis der Aktie sinkt und damit die untere Wertgrenze für die Wandelanleihe nach der Dividendenzahlung auf $n(t) (S_t - i)$ herabsinkt (vgl. linken Teil der Gleichung (38)).

Den gleichen Effekt kann eine ungünstige Änderung der Wandelbedingungen bewirken, falls zum Beispiel $n(t)$ gesenkt wird.

⁸⁴ Man beachte den wichtigen Unterschied, dass hier S_t für den Aktienwert nach und $V(t)$ für den Totalwert der Unternehmung vor der vollständigen Wandlung der Anleihe steht. Auf diesen Aspekt geht Abschnitt 3.2.2.5 näher ein.

Natürlich wird der Investor wandeln, falls der innere Wert bei Verfall grösser ist als der zur Rückzahlung gelangende Nennwert, ansonsten zieht er den grösseren Nennwert vor. Mit anderen Worten, der Wert der gekündigten Wandelanleihe $VIC(V, t)$ (value if called) ist das Maximum aus dem Kündigungspreis $CP(t)$ und dem inneren Wert $C(V, t)$:

$$VIC(V, t) = \max[CP(t), C(V, t)] \quad (40)$$

Eine Folge von Lemma 1 ist, dass die Ungleichung (39) zwischen zwei Dividendentagen strikt gilt, so dass eine Wandlung nur vor einem Dividendentag, bei einer Kündigung, bei ungünstigen Änderungen der Wandlungsbedingungen oder am Verfalltag geprüft werden muss. Dies senkt den Rechenaufwand des Lösungsalgorithmus der Differentialgleichung.⁸⁵

Lemma 2: Die optimale Kündigungsstrategie des Emittenten ist, die Wandelanleihe zu kündigen, sobald ihr Wert $W(V, t)$ im ungekündigten Zustand gleich dem Kündigungspreis $CP(t)$ ist.

Lemma 2 kann dadurch überprüft werden, indem die in Definition 2 angesprochene Vorgehensweise angewendet wird: Nämlich die Anleihe zu kündigen, sobald ihr Wert im ungekündigten Zustand grösser ist als im gekündigten Zustand, denn nur dann wird ihr Wert minimiert. Wird im Gegensatz dazu schon gekündigt, wenn der Wert der Anleihe im ungekündigten Zustand kleiner ist als im gekündigten Zustand, dann würde der Wert der Anleihe durch die Kündigung erhöht, weil dann der höhere Kündigungspreis $CP(t)$ bezahlt werden muss, was nicht im Sinne des Emittenten ist. Es kann auch der Fall eintreten, dass der Wert im ungekündigten Zustand den Kündigungspreis über dem Kündigungspreis liegt. In diesem Falle wird die Kündigung ausgesprochen, sobald es möglich ist.⁸⁶ Eine Folge von Lemma 2 ist, dass der Wert der Wandelanleihe immer gleich $VIC(V, t)$ sein muss, denn der Investor rechnet damit, dass sich der Emittent gemäss Lemma 2 verhalten wird. Also wird der Wert der Wandelanleihe im Zeitpunkt $t=t^*$ gleich dem inneren Wert sein, falls der innere Wert grösser ist als der Kündigungspreis:

⁸⁵ An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass im Gegensatz dazu das durch den Verfasser implementierte Binomialmodell, welches in Abschnitt 3.2.3 beschrieben wird, in jedem Zeitpunkt prüft, ob eine Wandlung optimal ist, weil der Binomialbaum einen kleineren Rechenaufwand benötigt und auch die Handhabung der Spreadsheet-Lösung dadurch wesentlich vereinfacht wird.

⁸⁶ Dieser Fall wird insbesondere auch im Binomialmodell eintreten (vgl. Abschnitt 3.2.3), weil aufgrund der diskreten Aktienkurssprünge der innere Wert $C(V, t)$ nicht mit dem Kündigungspreis $CP(t)$ übereinstimmen muss.

$$W(V, t^*) = C(V, t^*), \text{ falls } C(V, t^*) \geq CP(t^*) \quad (41)$$

In jedem Zeitpunkt, in dem die Anleihe gekündigt werden kann, wird der Kündigungspreis eine obere Wertgrenze für die Wandelanleihe sein:

$$W(V, t) \leq CP(t) \quad (42)$$

Aus Lemma 2 geht nicht hervor, bei welchen Werten von $V(t)$ die Kündigung erfolgen wird. Dies wird Teil des Lösungsalgorithmus der Differentialgleichung sein.

3.2.2.3. *Differentialgleichung und Randbedingungen*

Weil $W(V, t)$ eine Funktion von V und t ist, muss W die stochastische Differentialgleichung

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 W_{VV} + r V W_S - r W + W_t = 0 \quad (43)$$

erfüllen, falls V der Geometrisch Brownschen Bewegung

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma dz \quad (44)$$

folgt, wie bereits von Black/Scholes 1973 gezeigt wurde. Gleichung (43) entspricht der Gleichung (6), wobei W die Rolle des Callpreises c und V diejenige des Aktienpreises S übernimmt.

Zusätzlich zur stochastischen Differentialgleichung (43) muss W folgende Randbedingungen erfüllen:

1. Zu keiner Zeit t kann der aggregierte Wert der Wandelanleihe den Wert der Unternehmung übersteigen:

$$\ell \cdot W(V, t) \leq V = \ell \cdot W(V, t) + m \cdot S_t. \quad (45)$$

Weil der Wert der Aktien nicht negativ sein kann, kann der aggregierte Wert der Wandelanleihe die Summe der Wandelanleihe und Aktien, was V entspricht, nicht übersteigen. Falls in der Ungleichung (45) $V=0$ eingesetzt wird, muss

$$W(V=0, t) = 0 \quad (46)$$

gelten, weil auch der Wert der Wandelanleihe nicht negativ sein kann. Eine weitere obere Wertgrenze für die Wandelanleihe kann angegeben werden, in-

dem man die Auszahlung der Wandelanleihe mit der Auszahlung eines Portfolios bestehend aus einer sonst identischen gewöhnlichen Anleihe $B(V, t)$ und $n(t)$ Aktien vergleicht. Die Auszahlung des Portfolios dominiert diejenige der Wandelanleihe nach stochastischer Dominanz erster Ordnung, weil unabhängig von der Entwicklung des Unternehmungswertes V die Auszahlung der Wandelanleihe bei Verfall entweder $B(V, t=T)$ oder $n(t=T) S_T = z(T)V(T)$ betragen wird, was in jedem Fall kleiner oder gleich der Auszahlung des Portfolios sein wird. Folglich muss W wegen dem Grundprinzip der Monotonie die Ungleichung

$$W(V, t) \leq B(V, t) + z^*(t)V \quad (47)$$

erfüllen, wobei $z^*(t)$ der maximale Wert von $z(\tau)$ mit $\tau=(t, T)$ ist. Das Grundprinzip der Monotonie macht eine Aussage über den Wert von zwei Portfolios a_1 und a_2 von Wertschriften. Es besagt, dass, wenn in einem zukünftigen Zeitpunkt T der Wert von Portfolio a_1 für alle Zustände der Welt \leq dem Wert von Portfolio a_2 ist, so muss das auch heute gelten.⁸⁷ Das Wandelrecht des Investors stellt sicher, dass folgende Beziehungen gelten:

$$W(V, t) \geq C(V, t) = z(t)V \quad (48)$$

Diese Beziehungen gehen direkt aus den Gleichungen (38) und (39) hervor und bedeutet, dass der Wert der Wandelanleihe nie kleiner als der innere Wert sein kann.

2. Die Randbedingung bei Verfall im Zeitpunkt $t=T$ lautet:

$$W(V, t) = \begin{cases} z(T) \cdot V, & z(T) \cdot V \geq \text{Nennwert} \\ \text{Nennwert}, & \text{Nennwert} \cdot \ell \leq V \leq \text{Nennwert}/z(T) \\ V/\ell, & V \leq \text{Nennwert} \cdot \ell \end{cases} \quad (49)$$

Diese Randbedingung berücksichtigt die Tatsache, dass der Investor bei Verfall den inneren Wert $z(T) \cdot V$ erhält, falls dieser den Nennwert übersteigt. Hin- gegen erhält er nur den Nennwert, wenn dieser den inneren Wert übersteigt und falls der Nennwert der gesamten ausstehenden Wandelanleihe den Gesamtwert V der Unternehmung nicht übersteigt. Geht die Unternehmung in

⁸⁷ Vgl. Vorlesung Finanzmärkte II, Bewertung und Absicherung derivativer Finanzinstrumente, an der Universität Zürich im Wintersemester 1999/2000, gelesen von Professor Dr. Rüdiger Frey.

Konkurs, dann bekommt der Investor nur den ℓ -ten Teil des übrig gebliebenen Unternehmenswertes V , vorausgesetzt der Konkurs zieht keine weiteren Kosten nach sich.

3. Wenn die Wandelanleihe kündbar ist, dann gilt infolge von Lemma 2 die Randbedingung

$$W(V, t) \leq CP(t) \quad (50)$$

4. Falls die Wandelanleihe momentan nicht kündbar ist, dann gilt für die Wandelanleihe

$$\lim_{V \rightarrow \infty} W_V(V, t) = z(t) \quad (51)$$

$W_V(V, t)$ ist die partielle Ableitung von $W(V, t)$ nach V . Sie gibt die Änderungsrate von $W(V, t)$ bei einer infinitesimalen Änderung von V an und kann als Steigung der Kurve von $W(V, t)$ in Funktion von V gedeutet werden. Das linke Diagramm in Abbildung 8 auf Seite 57 stellt diese Situation dar. Dort kann man sehen, dass sich $W(V, t)$ für sehr grosse V dem inneren Wert $C(V, t)$ der Wandelanleihe nähert. Gemäss Gleichung (38) ist $C(V, t) = z(t)V(t)$ und hat auch die Steigung $z(t)$. Mit anderen Worten: Für sehr grosse V wird die Wandelanleihe mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit spätestens bei Verfall gewandelt, und damit wird das Wandelrecht einen verschwindend kleinen Wert haben. Folglich gilt, dass für sehr grosse V der Wert $W(V, t)$ der Wandelanleihe gleich dem inneren Wert $C(V, t) = z(t)V(t)$ ist. Für genügend grosse Werte von V ist das Kreditrisiko der Anleihe vernachlässigbar klein, weshalb die Wandelanleihe als Optionsschein betrachtet werden kann, welcher den Inhabern das Recht zum Kauf des Anteils $z(t)$ von der Unternehmung einräumt. Der Gegenwartswert der Couponzahlungen und des Nennwertes, welcher aufgrund des Grenzübergangs für V ins Unendliche als risikolos gelten kann, ist der Ausübungspreis des Optionsscheines. Merton 1973 hat gezeigt, dass dann die Gleichung (51) für den Optionsschein und damit auch für die Wandelanleihe gilt.

5. An einem Dividententag gilt folgende Randbedingung:

$$W(V, t^+) = \max[W(V-D, t^+), z(t^+)V] \quad (52)$$

Dabei bezeichnet t^- die Zeit vor und t^+ diejenige nach der Dividendenzahlung. Diese Randbedingung bedeutet, dass der Wert der Wandelanleihe kurz vor dem Ereignis gleich dem Maximum aus dem Wert der Wandelanleihe kurz nach der Dividendenzahlung beziehungsweise dem inneren Wert kurz vor der Dividendenzahlung ist. Gleichung (52) repräsentiert das Recht des Investors, sofort vor der Dividendenzahlung wandeln zu können.

6. An einem Coupontag gilt, falls die Wandelanleihe *nicht* kündbar ist,

$$W(V, t^-) = W(V-I, t^+) + i. \quad (53)$$

Der Wert der Wandelanleihe kurz vor der Couponzahlung entspricht dem Wert kurz nach der Couponzahlung plus dem Wert des bezahlten Coupons.

7. Und falls die Wandelanleihe kündbar ist, dann gilt an einem Coupontag

$$W(V, t^-) = \min[W(V-I, t^+) + i, CP(t)]. \quad (54)$$

Dies folgt aus der Bedingung

$$W(V, t^-) = \min[W(V-I, t^+) + i, VIC(V, t^-)], \quad (55)$$

zusammen mit der Folgerung aus Lemma 2, dass $VIC(V, t) = CP(t)$, falls die Wandelanleihe aufgrund der Anwendung der optimalen Kündigungspolitik gekündigt wurde. Die Gleichung (55) bestimmt den Wert $W(V, t^-)$ der Wandelanleihe kurz vor dem Coupontag, indem der Wert $W(V-I, t^+)$ der ungekündigten Wandelanleihe nach dem Coupontag plus der Couponzahlung i mit dem Wert $VIC(V, t^-)$ der gekündigten Wandelanleihe nach dem Coupontag verglichen wird. Ist letzterer kleiner, dann wird die Wandelanleihe gekündigt, damit ihr Wert minimal wird.

3.2.2.4. *Darstellung der Lösung*

Brennan/Schwartz 1977 lösen die Black/Scholes-Differentialgleichung (43) mit den sieben Randbedingungen für den Wert $W(V, t)$ der Wandelanleihe, indem sie diese anhand des Differenzenverfahrens in ein lineares Gleichungssystem überführen und mittels ihres vorgeschlagenen Algorithmus lösen.

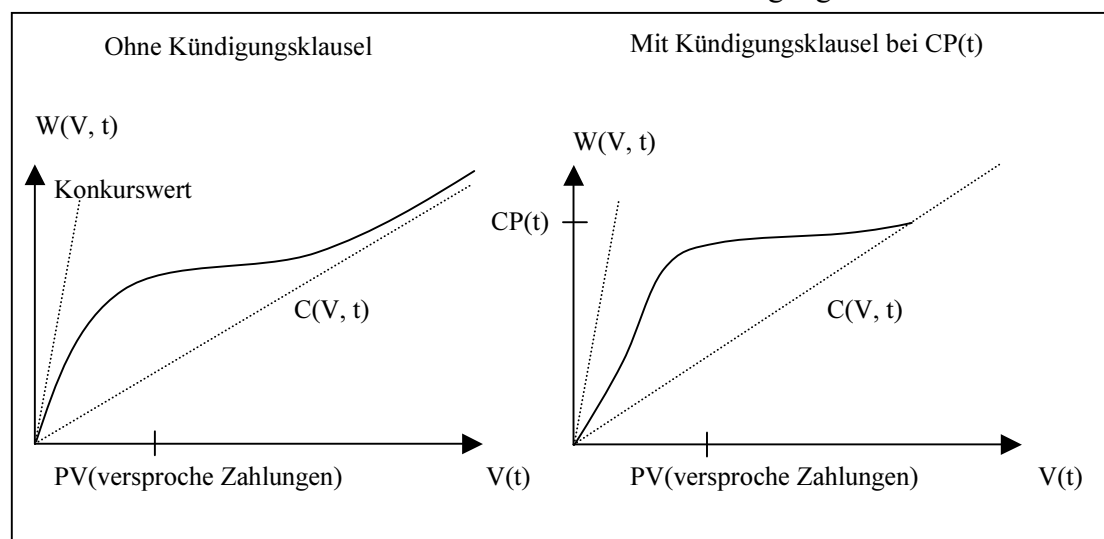
Die Autoren haben den Wertverlauf einer Wandelanleihe anhand eines konkreten Beispiels mit ihrem vorgeschlagenen Lösungsalgorithmus durchgerechnet. Die Ergebnisse werden an dieser Stelle illustriert, indem der Verlauf des Wandelanleihenwertes

$W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V dargestellt wird, wobei jeweils verschiedene Einflussparameter betrachtet werden. Diese Einflussparameter sind zum Teil wichtige Gestaltungsgrößen, durch deren Festlegung der Emittent vor beziehungsweise nach der Emission die Höhe von $W(V, t)$ wesentlich beeinflussen kann. Diese Einflussparameter sind die *Kündigungsklausel*, das *Wandelverhältnis*, die *Dividendenzahlungen* und die *Volatilität* des Unternehmenswertes.

Der Einflussparameter „Kündigungsklausel“ umfasst die Festlegung der „hard non-call period“ und des Kündigungspreises $CP(t)$, welche im voraus in den Vertragsbestimmungen fixiert sind. Die „hard non-call period“ bezeichnet die Periode zwischen der Emission und dem ersten möglichen Kündigungstermin, ab welchem der Emittent die Wandelanleihe zum Preis $CP(t)$ zurückkaufen kann.⁸⁸ Die „hard non-call period“ bietet dem Halter der Wandelanleihe einen Kündigungsschutz.

Abbildung 8 zeigt den Verlauf von $W(V, t)$ für eine Wandelanleihe ohne und mit Kündigungsklausel. Aus dem Diagramm in der linken Hälfte kann abgelesen werden, dass sich $W(V, t)$ mit zunehmendem V dem inneren Wert $C(V, t)$, welcher durch die flachere gepunktete Gerade repräsentiert wird, nähert und sich damit proportional zu V verhält.⁸⁹

Abbildung 8: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V ohne und mit Kündigungsklausel



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Brennan/Schwartz 1977, S. 1710 und 1711

⁸⁸ Vgl. Connolly 1998, S. 126.

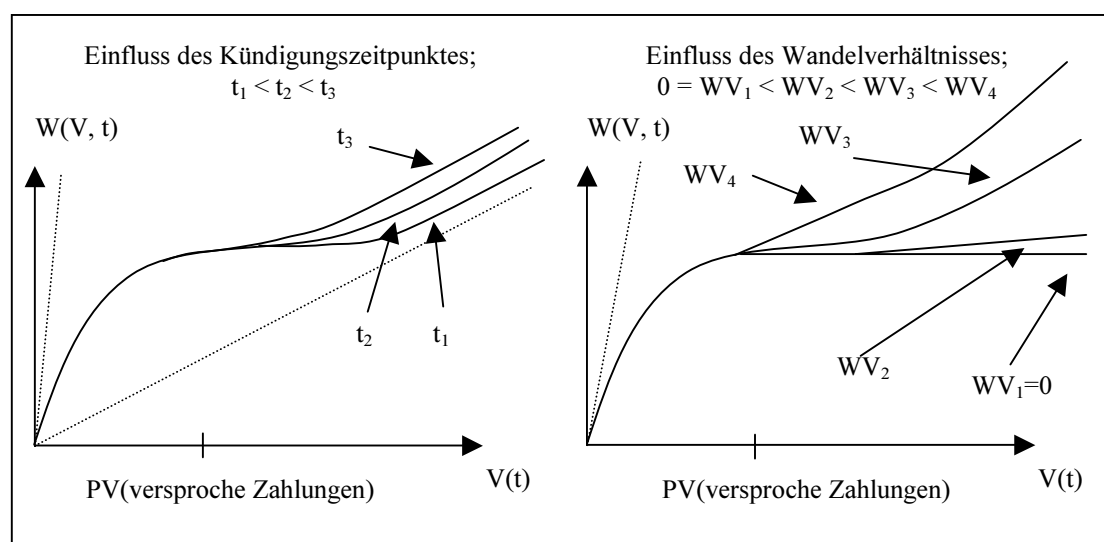
⁸⁹ Der Proportionalitätsfaktor $z(t)$ ist gemäss Gleichung (38) definiert.

Sinkt jedoch V in die Umgebung des PV der versprochenen Zahlungen oder darunter, besteht die Gefahr eines Konkurses. Mit abnehmender Restlaufzeit nähert sich die Kurve dem Konkurswert, welcher durch die steilere gepunktete Gerade dargestellt wird. Liegt V bei Verfall bei oder unterhalb des Nennwertes, dann ist die Unternehmung in Konkurs und die Halter der Wandelanleihe werden die Inhaber der Unternehmung, wobei einer Einheit der Wandelanleihe der Anteil V/ℓ zukommt.⁹⁰

Das Diagramm in der rechten Hälfte von Abbildung 8 zeigt, dass $W(V, t)$ durch den Kündigungspreis $CP(t)$ nach oben beschränkt wird, wie bereits in Gleichung (42) als obere Wertgrenze und in der Gleichung (50) als Randbedingung der Differentialgleichung festgelegt wurde. Als Nebenbemerkung soll erwähnt werden, dass sich $W(V, t)$ mit zunehmendem V entlang des inneren Wertes bewegt, falls die Unternehmung nicht gemäss der optimalen Kündigungspolitik sofort kündigt. Das bedeutet, dass $W(V, t)$ nicht über dem inneren Wert $C(V, t)$ liegen kann, denn der Halter muss damit rechnen, dass der Emittent kündigt.

Das Diagramm in der linken Hälfte von Abbildung 9 zeigt den Verlauf von $W(V, t)$ für verschiedene „hard non-call“ Perioden $t_1 < t_2 < t_3$ zum Emissionszeitpunkt.

Abbildung 9: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V unter Einfluss des Kündigungszeitpunktes t und des Wandelverhältnisses WV



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Brennan/Schwartz 1977, S. 1713 und 1714

⁹⁰ Gemäss der Randbedingung in Gleichung (49).

Bei tiefem V spielt die Dauer der Periode keine Rolle, weil dann $W(V, t)$ unter dem Kündigungspreis $CP(t)$ liegt. Ist jedoch V hoch, dann muss der Halter der Wandelanleihe damit rechnen, dass der Emittent kündigt und somit den Wert von $W(V, t)$ nach oben begrenzt. Je später der Emittent das Recht zur Kündigung erhält, desto grösser wird $W(V, t)$ bei hohem V sein.

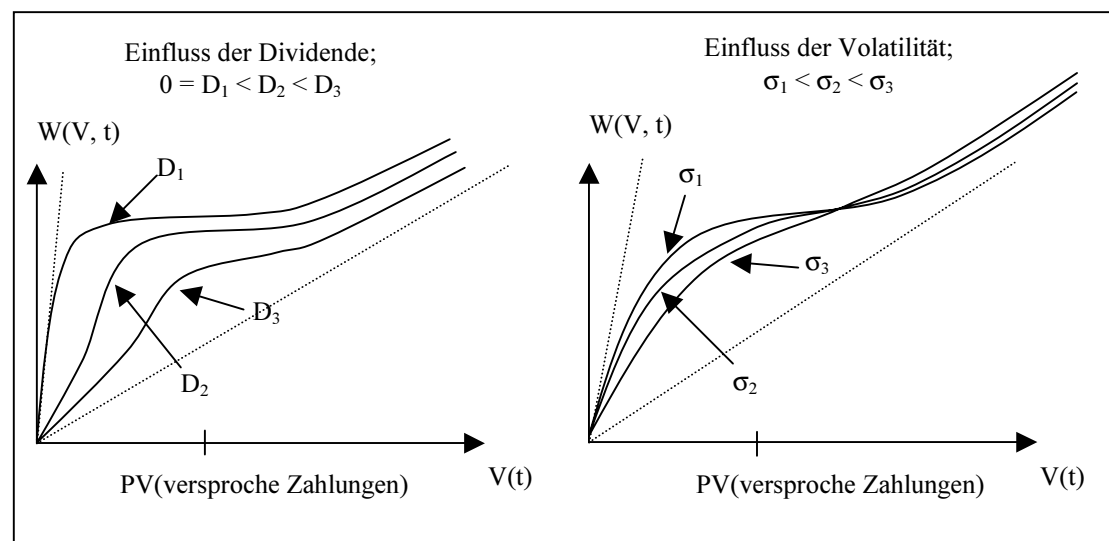
Mit dem Einflussparameter „Wandelverhältnis“ kann der Emittent bestimmen, wie stark die Wandelanleihe am steigenden Unternehmenswert V partizipieren kann. Das Diagramm in der rechten Hälfte von Abbildung 9 zeigt den Verlauf von $W(V, t)$ für verschiedene WV . Im Extremfall, wo $WV=0$ ist, repräsentiert die Kurve eine gewöhnliche Anleihe. Diese Kurve wird „Bondfloor“ genannt und repräsentiert den PV der versprochenen Couponzahlungen und des Nennwertes. Der Bondfloor illustriert den asymmetrischen Charakter der Renditechancen von Anleihen. Während der Wert der Anleihe bei konstanten Zinsen nach oben durch die versprochenen Zahlungen begrenzt ist, kann er bis zum Totalverlust auf null sinken, falls V jenseits vom PV der versprochenen Zahlungen auf null fällt. Der vertikale Abstand zu den anderen Kurven mit höheren Wandelverhältnissen gibt jeweils den Wert der entsprechenden Wandelrechte wieder.

Der Einflussparameter „Dividendenzahlungen“ wird im linken Diagramm der Abbildung 10 dargestellt. Weil die Halter der Wandelanleihe kein Recht auf Dividendenzahlung haben, verringert sich $W(V, t)$ bei zunehmend höheren Dividendenauszahlungen. Die Reduktion von $W(V, t)$ ist bei tiefem V ausgeprägter, weil in diesem Bereich ein erhöhtes Kreditrisiko besteht und durch die Dividendenauszahlung das Vermögen verringert wird, das im Falle des Konkurses den Fremdkapitalgebern zur Verfügung stehen würde. Bei hohem V nimmt der Wert des Wandelrechts ab, weil die Dividende den Aktienkurs senkt. Der Wertverlust von $W(V, t)$ ist jedoch in höheren Regionen von V mit zunehmend höheren Dividendenzahlungen kleiner als bei tiefem V , weil die Wahrscheinlichkeit einer Wandlung und damit die Wahrscheinlichkeit grösser ist, sich die Dividenden durch eine Wandlung zu sichern.

Der Einflussparameter „Volatilität“ liegt nicht im Entscheidungsbereich des Emittenten, weil gemäss den Annahmen V exogen gegeben ist und somit auch dessen Volatilität. Trotzdem kann im rechten Diagramm der Abbildung 10 ein Einfluss der Volatilität auf $W(V, t)$ beobachtet werden. Ist V relativ zum PV der versprochenen Zahlungen hoch, so erhöht sich der Wert des Wandelrechtes und somit $W(V, t)$. Das Kreditrisiko

spielt praktisch keine Rolle, weil die Mittel zur Aufrechterhaltung der Zahlungsverpflichtungen auf diesem Niveau von V nicht gefährdet sind. Fällt das V jedoch in Richtung PV der Zahlungsverpflichtungen, dann kann die Wandelanleihe als gewöhnliche Anleihe betrachtet werden, weil das Wandelrecht praktisch wertlos ist. Damit kommt das in Abschnitt 2.3.1.4 angesprochene Risk-Shifting ins Spiel, welches eine Wertverschiebung von der Anleihe zum Eigenkapital bewirkt.

Abbildung 10: Verlauf des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ in Abhängigkeit des Unternehmenswertes V unter Einfluss von Dividendenzahlungen und der Volatilität



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Brennan/Schwartz 1977, S. 1712 und 1713

3.2.2.5. Erweiterung des Modells

In Brennan/Schwartz 1980 haben die Autoren ihren eigenen Ansatz von 1977 zur Bewertung von Wandelanleihen erweitert, indem sie die Wandelanleihe als nachrangig (subordinated) zu einer gewöhnlichen Anleihe modelliert haben.⁹¹ In diesem Abschnitt sollen nur einige Aspekte des erweiterten Modells behandelt werden, welche wichtige Anhaltspunkte zur allgemeinen Beurteilung von anderen Ansätzen zur Modellierung von Wandelanleihen liefern.

⁹¹ Vgl. Brennan/Schwartz 1980, S. 907-929. Ausserdem haben die Autoren auch neu den Zinssatz (neben dem Marktwert V) als Zufallsprozess modelliert. Dieser Aspekt wird jedoch in dieser Arbeit nicht dargestellt.

Abbildung 11 stellt die Ausgangssituation des Modells dar. Der Marktwert V der Unternehmung ist aus drei verschiedenen Wertschriften zusammengesetzt:

- Gewöhnliche Anleihe bestehend aus N_B Einheiten mit Marktwert B
- Nachrangige Wandelanleihe bestehend aus N_C Einheiten mit Marktwert C
- N_0 Aktien im Wert von S^{BC} vor der Wandlung

Abbildung 11: Bilanzstruktur im erweiterten Brennan/Schwartz Modell

Vor der Wandlung		Nach der Wandlung	
Aktiven	Passiven	Aktiven	Passiven
V	Gewöhnliche Anleihe BN_B	V	Gewöhnliche Anleihe BN_B
	Kündbare Wandelanleihe CN_C		$S^{AC}(N_0+\Delta N)$ Aktien
	Aktien $S^{BC}N_0$		

Quelle: Eigene Darstellung

Nach der vollständigen Wandlung bestehen die Passiven nur noch aus zwei Wertschriften:

- Gewöhnliche Anleihe bestehend aus N_B Einheiten mit Marktwert B
- $(N_0+\Delta N)$ Aktien im Wert von je S^{AC} nach der Wandlung

Das Symbol ΔN steht für die Anzahl neuer Aktien, die infolge der Wandlung entstanden sind. ΔN kann als Produkt von N_C multipliziert mit dem Wandelverhältnis q geschrieben werden:

$$\Delta N = N_C q \quad (56)$$

Der Anteil Z am neuen Aktienkapital, in welchen eine Einheit der Wandelanleihe bei vollständiger Wandlung übergeht, kann mit dem folgenden Quotienten dargestellt werden:

$$Z = \frac{q}{N_0 + \Delta N} \quad (57)$$

Der innere Wert verlangt eine genauere Betrachtung, denn die Definition wird nicht immer klar auseinandergelassen.⁹² Das Wandelverhältnis q multipliziert mit dem Aktienpreis S bestimmt den inneren Wert der Wandelanleihe. Dabei kann jedoch der Wert der Aktie vor oder nach der Wandlung in die Berechnung eingehen, und folglich existieren zwei verschiedene Definitionen, die nicht äquivalent sind:

$$\text{Innerer Wert (1)} = q \cdot S^{\text{BC}} = \frac{q}{N_0} (V - \text{BN}_B - \text{CN}_C) \quad (58)$$

$$\text{Innerer Wert (2)} = q \cdot S^{\text{AC}} = \frac{q}{N_0 + \Delta N} (V - \text{BN}_B) = Z \cdot (V - \text{BN}_B) \quad (59)$$

Beide Formen des inneren Wertes gehen aus der Bilanzstruktur hervor, wenn das Aktienkapital jeweils als Differenz aus dem totalen Unternehmenswert V und dem Fremdkapital dargestellt wird. Der innere Wert (1) ist sogar vom aktuellen Wert C der Wandelanleihe abhängig. Die beiden Definitionen sind nur äquivalent, wenn die Wandelanleihe zum inneren Wert gehandelt wird. Brennan/Schwartz 1980 benutzen in ihrem Modell den inneren Wert (2), weil dort der unbekannte Wert C der Wandelanleihe nicht vorkommt, und weil sie annehmen, dass die Wandelanleihe vollständig gewandelt wird.

Das weitere Vorgehen ist ähnlich wie in Brennan/Schwartz 1977:

- Festlegen der optimalen Kündigungs- und Wandlungsstrategie.
- Aufstellen der Differentialgleichung, wobei V und der risikolose Zinssatz als Zufallsprozesse modelliert werden.
- Definieren der Randbedingungen, welche die Wertgrenzen der Wandelanleihe in ganz bestimmten Situationen angeben. Es sind dies die Werte der Wandelanleihe bei *Wandlung*, *Kündigung*, *Verfall* und bei *Konkurs* der Unternehmung.
- Lösen der Differentialgleichung mit einem numerischen Algorithmus.
- Darstellung der Ergebnisse anhand eines konkreten Beispiels. Die Ergebnisse sind grundsätzlich identisch mit denjenigen aus Abschnitt 3.2.2.4. Zusätzlich kann der Effekt von variablen Zinssätzen beobachtet werden. Erwartungsgemäss sinkt der Bondfloor mit steigenden Zinsen und damit der Wert der Wandelanleihe.

⁹² Zum Beispiel kann der in Hull 2000 beschriebene Ansatz (vgl. Abschnitt 3.2.3) die hier gemachte Unterscheidung zwischen Aktienkurs vor und nach der vollständigen Wandlung nicht machen, weil der Aktienkurs durch den binären Prozess bestimmt wird, und eine Wandlung auf diesen keinen direkten Einfluss hat.

3.2.3. Das Binomialmodell zur Bewertung von Wandelanleihen

Der in diesem Abschnitt beschriebene Ansatz lehnt sich an die Darstellung von Hull 2000.⁹³ Die zugrunde liegenden Annahmen sind die gleichen wie beim Binomialmodell, welche im Abschnitt 3.1.2.2 beschrieben wurden.

Das grundsätzliche Vorgehen zur Bewertung von Wandelanleihen kann analog zur Bewertung von gewöhnlichen Optionen beschrieben werden:

- Für den Aktienkurs wird ein binärer Prozess (up, down) unterstellt.⁹⁴
- Beim Verfallszeitpunkt kann die Auszahlung $CB_{t=T}$ der Wandelanleihe eindeutig bestimmt werden: Entweder wird sie zum Nennwert b zurückbezahlt, oder sie wird gewandelt und ihr Wert entspricht somit dem Wandelverhältnis WV multipliziert mit dem Aktienpreis S_T , falls der Wandelwert über dem Nennwert liegt:

$$CB_{t=T} = \max(b, WVS_T) \quad (60)$$

- Anschliessend wird der Wert zum Zeitpunkt $t=0$ bestimmt, indem der Rückwärtsalgorithmus angewendet wird.
- In denjenigen Knoten, in denen die Vertragsbedingungen eine Wandlung zulassen, wird überprüft, ob eine Wandlung optimal ist. Gleichzeitig wird geprüft, ob die Kündigung durch den Emittenten optimal ist. Falls ja, dann wird angenommen, dass tatsächlich gekündigt wird, und es findet eine Überprüfung statt, ob eine Wandlung für den Investor optimal ist. In allen Knoten zu den Zeitpunkten vor Verfall wird der Wandelanleihe somit folgender Wert zugewiesen:⁹⁵

$$CB_t = \max[\min(Q_1, Q_2), Q_3] \quad (61)$$

Dabei ist Q_1 der diskontierte erwartete Wert der beiden Nachfolgeknoten $CB_{\eta_u^+}$ und $CB_{\eta_d^+}$ unter der Annahme, dass die Wandelanleihe weder gekündigt noch gewandelt wurde. Q_2 ist der Kündigungspreis und Q_3 der Wandelwert WVS_t der Wandelanleihe, falls gewandelt wird. Der Wandelwert wird auch Parität genannt. Man beachte, dass damit auch gleichzeitig die vorzeitige Ausübung des Wandelrechtes realisiert ist. Q_1 kann im Kontext von Formel (20) als Haltewert und Q_3 als Ausübungswert interpretiert werden, falls nicht gekündigt wird.

⁹³ Vgl. Hull 2000, S. 646-648.

⁹⁴ Vgl. Zimmermann 1988b, S. 229.

⁹⁵ Vgl. Hull 2000, S. 646.

- Bei der Rückwärtstraversierung des Baumes müssen jeweils die Couponzahlungen (falls nicht gewandelt wird) und die Dividendenzahlungen (falls gewandelt wird) berücksichtigt werden.
- Der Diskontierungszinssatz verlangt eine besondere Behandlung. Falls es sicher ist, dass die Wandelanleihe nicht gewandelt wird, muss der risikoadjustierte Zinssatz zur Diskontierung angewendet werden, welches das Kreditrisiko des Emittenten darstellt. In Fällen, wo eine Wandlung sicher ist, wird der risikolose Zinssatz verwendet, denn „[...] the equity upside has zero default risk since the issuer can always deliver its own stock.“⁹⁶

Dieser Ansatz soll mit zwei verschiedenen Diskontierungszinssätzen an einem Beispiel mit $N=3$ Perioden illustriert werden (vgl. Abbildung 12).

Es soll eine null Coupon Wandelanleihe mit einem Nennwert von 100 USD betrachtet werden. Die Wandelanleihe kann zu einem beliebigen Zeitpunkt während der Restlaufzeit T von neun Monaten in zwei Aktien des Emittenten gewandelt werden, das Wandelverhältnis beträgt somit zwei ($WV=2$). Es wird angenommen, dass die Wandelanleihe zu einem beliebigen Zeitpunkt zum Kündigungspreis von 115 USD durch den Emittenten gekündigt werden kann. Der Anfangspreis der Aktie sei $S_0 = 50$ USD, ihre Volatilität $\sigma = 30\%$ pro Jahr und es werden keine Dividenden bezahlt. Der risikofreie Zinssatz r_f sei 10% und für die Restlaufzeit konstant. Der Credit Spread des Emittenten betrage konstant 5%, und somit ist der risikoadjustierte Zinssatz $r_{adj} = r_f + \text{Credit Spread} = 15\%$.

Mit diesen Angaben können die Parameter des Binomialbaumes berechnet werden:⁹⁷

$$u = e^{\sigma\sqrt{T/N}} = e^{0.3\sqrt{0.75/3}} = 1.1618 \quad (62)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T/N}} = 1/u = 0.8607 \quad (63)$$

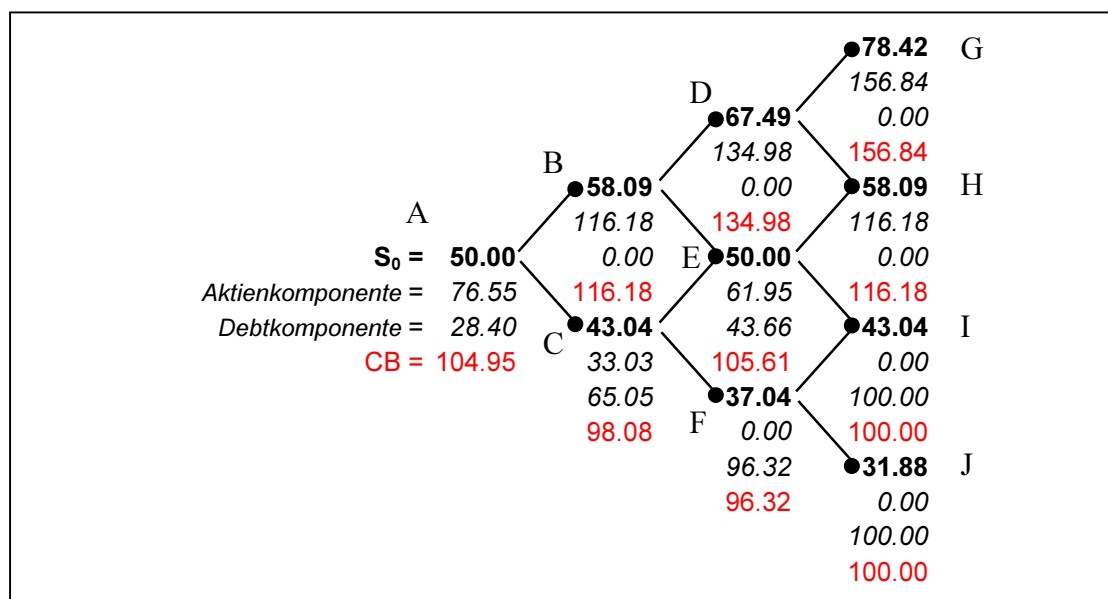
$$p = \frac{e^{r_f T/N} - d}{u - d} = 0.5467 \quad (64)$$

$$q = 1 - p = 0.4533 \quad (65)$$

⁹⁶ Tsiveriotis/Fernandes 1998, S. 95.

⁹⁷ Vgl. Hull 1997, S. 345 für die Formeln.

Abbildung 12: Wandelanleihenbewertung mit einem 3 Perioden Binomialmodell



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hull 2000, S. 647

Jeder Knoten des Binomialbaumes besteht aus vier Elementen. Die erste Zahl gibt den Aktienkursprozess an, welcher sich gemäss den Faktoren u und d bewegt. Die vierte Zahl gibt den Wert der Wandelanleihe an, welche aus zwei Komponenten besteht. Die erste Komponente entsteht aus Umweltzuständen, in denen die Wandelanleihe sicher gewandelt wird und soll *Aktienkomponente* (AK) bezeichnet werden. Die zweite Komponente, welche *Debtkomponente* (DK) bezeichnet werden soll, entsteht aus Umweltzuständen, in denen der Nennwert der Anleihe mit Sicherheit zurückbezahlt wird.

Beim Verfallszeitpunkt wird der Wert der Wandelanleihe $\max(\text{Nennwert}, Q_3) = \max(100, 2S_T)$ betragen (vgl. Gleichung (60)). Im Knoten G von Abbildung 12 beträgt der Aktienpreis 78.42. Die Zahl darunter gibt den Wert der Aktienkomponente im Knoten G wieder und entspricht 156.84. Weil in diesem Knoten mit Sicherheit gewandelt wird, denn der Wandelwert $2 \cdot 78.42 = 156.84$ ist grösser als der Rückzahlungswert der Anleihe (in diesem Fall gleich dem Nennwert von 100), beträgt der Wert der Debtkomponente 0. Der Wert der Wandelanleihe kann somit dargestellt werden als die Summe von Aktien- und Debtkomponente.

Im Knoten I, wo der Aktienwert aus dem Binomialprozess gleich 43.04 beträgt, lohnt die Wandlung nicht, denn man bekäme nur $2 \cdot 43.04 = 86.08$, was kleiner als der Nennwert der Anleihe ist. Damit ist die Aktienkomponente gleich null und die Debtkom-

ponente gleich dem Nennwert 100; womit sich ein Wert von 100 für die Wandelanleihe in diesem Knoten ergibt.

Anhand des Rückwärtsalgorithmus muss nun an den Knoten im Zeitpunkt $t=T-1$ getestet werden, ob eine Kündigung oder Wandlung optimal ist. Im Knoten D ergibt der Rückwärtsalgorithmus analog zur Gleichung (14) einen erwarteten diskontierten Wert der Aktienkomponente von

$$(p \cdot AK_u + q \cdot AK_d) e^{-r_f T / N} = (0.5467 \cdot 156.84 + 0.4533 \cdot 116.18) e^{-0.1 \cdot 0.25} = 134.98.$$

Der Wert der Debtkomponente im Knoten D ist null, weil im nächsten Schritt die Wandelanleihe sicher gewandelt wird, und damit der erwartete diskontierte Wert der Debtkomponente gleich null ist. Eine Wandlung erhöht den Wert der Wandelanleihe nicht, weil man den gleichen Betrag $134.98 = 2 \cdot 67.49$ erhalten würde.

Im Knoten F ist die Aktienkomponente gleich null, weil der erwartete diskontierte Wert gleich null ist. Die Debtkomponente ist gleich dem erwarteten diskontierten Wert der beiden nachfolgenden Debtkomponenten und somit gleich

$$(p \cdot DK_u + q \cdot DK_d) e^{-r_{adj} T / N} = (0.5467 \cdot 100 + 0.4533 \cdot 100) e^{-0.15 \cdot 0.25} = 96.32.$$

Es ist zu beachten, dass die Diskontierung für die Debtkomponenten mit dem risikoadjustierten Zinssatz r_{adj} geschieht, weil sie risikobehaftet sind.

Der Knoten E ist interessanter, weil nun die Aktien- und Debtkomponente nicht null sind. Der Wert der Aktienkomponente beträgt

$$(0.5467 \cdot 116.18 + 0.4533 \cdot 0) e^{-0.1 \cdot 0.25} = 61.95.$$

Der Wert der Debtkomponente beträgt

$$(0.5467 \cdot 0 + 0.4533 \cdot 100) e^{-0.15 \cdot 0.25} = 43.66.$$

Der Wert der Wandelanleihe ist die Summe der Aktien- und Debtkomponente, also gleich $61.95 + 43.66 = 105.61$. Weder die Wandlung noch Kündigung sind optimal, denn die Wandlung würde nur $2 \cdot 50 = 100$ ergeben, und der Emittent müsste bei einer Kündigung für die Anleihe 115 bezahlen.

Im Knoten B beträgt der Wert der Aktienkomponente

$$(0.5467 \cdot 134.98 + 0.4533 \cdot 61.95) e^{-0.1 \cdot 0.25} = 99.36.^{98}$$

Der Wert der Debtkomponente beträgt

$$(0.5467 \cdot 0 + 0.4533 \cdot 43.66) e^{-0.15 \cdot 0.25} = 19.06.$$

Der Totalwert der Wandelanleihe wäre damit $Q_1 = 99.36 + 19.06 = 118.42$, wenn der Emittent nicht kündigen würde. Aber für den Emittenten lohnt sich nun eine Kündigung der Anleihe, denn der Wert der Wandelanleihe wäre über dem Kündigungspreis von $Q_2=115$. Diese Tatsache folgt aus der inneren Klammer in Gleichung (61), wo der Term $\min(Q_1, Q_2) = \min(\text{diskontierter Erwartungswert der Aktienkomponente} + \text{diskontierter Erwartungswert der Debtkomponente}, \text{Kündigungspreis}) = \min(118.42, 115) = 115$ eine Kündigung durch den Emittenten impliziert.

Dadurch kann der Emittent den Halter der Wandelanleihe zur Wandlung zwingen, woraus der Wert der Wandelanleihe von 118.42 auf den Wandelwert von $2 \cdot 58.09 = 116.18$ sinkt. Der Wert 116.18 ergibt sich, weil der Halter der Wandelanleihe das Recht besitzt, nach der Kündigung eine Wandlung durchzuführen. Er wird wandeln, wenn es sich für ihn lohnt. Im vorliegenden Fall lohnt sich eine Wandlung, weil wegen Gleichung (61) der innere Wert $Q_3=116.18$ grösser ist als der Kündigungspreis $Q_2=115$.

Weil in diesem Knoten B gewandelt würde, erhält die Aktienkomponente den Wert von 116.18 und die Debtkomponente den Wert null zugewiesen, damit für die Vervollständigung des Rückwärtsalgorithmus die richtigen Werte zur Verfügung stehen. Dieses 3-Perioden Binomialmodell führt am Ende des Rückwärtsalgorithmus zu einem Wert der Wandelanleihe von 104.95 (vgl. Knoten A).

Wären in diese Anleihe weder eine Wandlungs- noch eine Kündigungsoption eingebaut gewesen, dann wäre der Wert der gewöhnlichen Anleihe gleich dem diskontierten Rückzahlungswert:

$$100 e^{-0.15 \cdot 0.75} = 89.36.$$

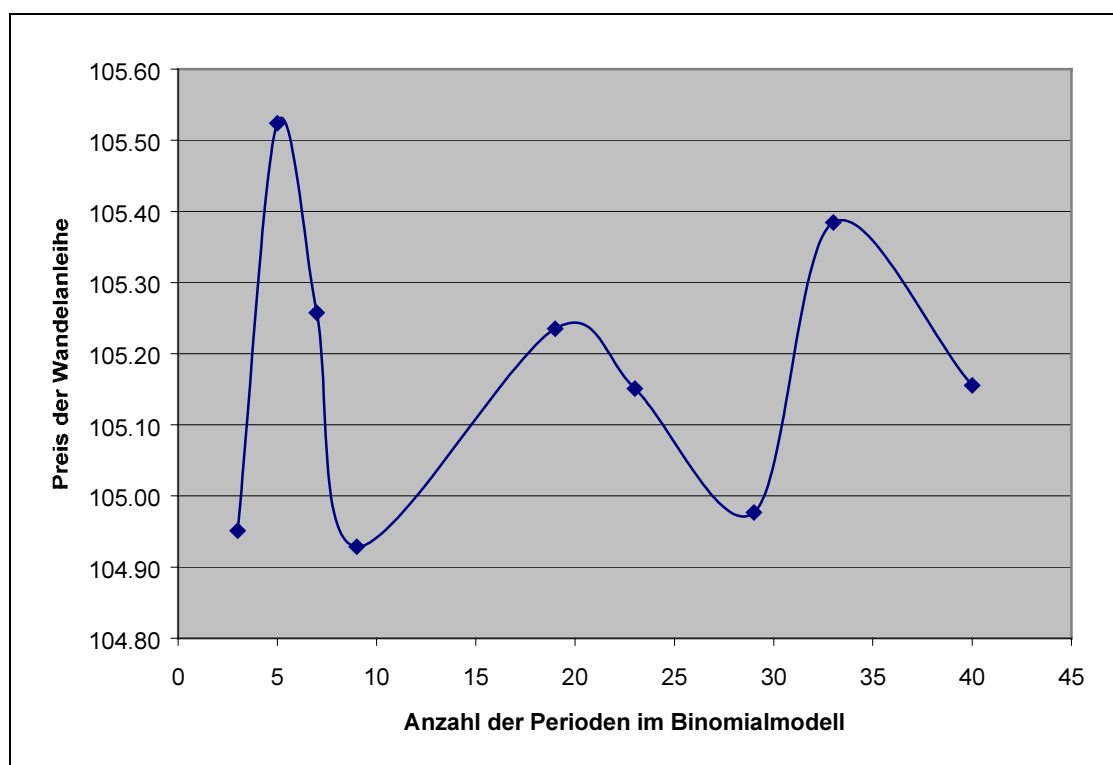
Die Differenz zwischen der Wandelanleihe und der sonst identischen gewöhnlichen Anleihe beträgt $104.95 - 89.36 = 15.59$. Diese Differenz entspricht dem Mehrwert der

⁹⁸ Auf der Seite 648 in Hull 2000 ist an dieser Stelle ein Druckfehler, was leicht durch Nachrechnen überprüft werden kann! Dieser Druckfehler hat jedoch keine Auswirkungen auf die nachfolgenden Aussagen, weil der korrigierte Wert der Wandelanleihe 118.42 (vgl. nachfolgende Rechnungen) auch über dem Kündigungspreis von 115 liegt.

Wandelanleihe gegenüber der gewöhnlichen Anleihe und kann als Wert der Wandoption minus dem Wert der Kündigungsoption interpretiert werden.

Abbildung 13 illustriert die Konvergenzeigenschaft des Binomialmodells und zeigt, dass der wahre Wert der Wandelanleihe nicht bei 104.95 liegen muss. Die Abbildung stellt die Veränderung des Preises der Wandelanleihe dar, falls die Anzahl Perioden im Binomialmodell bis auf 39 erhöht wird. Aus dem Verlauf der Kurve kann vermutet werden, dass der wahre Preis der Wandelanleihe in der Nähe von 105.20 liegen muss.

Abbildung 13: Entwicklung des Wandelanleihenpreises bei Veränderung der Anzahl Perioden im Binomialmodell



Quelle: Eigene Darstellung

3.2.4. Beurteilung der Bewertungsansätze für Wandelanleihen

Die analytischen Ansätze von Ingersoll 1977 und Brennan/Schwartz 1977 gehen von der Black/Scholes-Differentialgleichung aus. Komplexe Vertragsgestaltungen führen jeweils zu komplexen Randbedingungen, welche eine analytische Lösung der FPDE unter den gegebenen Randbedingungen verunmöglichen, so dass numerische Lö-

sungsverfahren angewendet werden müssen.⁹⁹ Davon abgesehen liefern die analytischen Ansätze wichtige Einsichten.

Ingersoll 1977 konnte zum Beispiel im Rahmen seines Modells nachweisen, dass die kündbare Wandelanleihe aus Sicht des Investors als die Summe einer langen Position in einer gewöhnlichen Anleihe und einer Call-Option plus einer kurzen Position in einer weiteren Call-Option angesehen werden kann.

Die optimalen Kündigungs- und Wandlungsstrategien, welche aus den analytischen Ansätzen hervorgehen, bilden die Basis zur Herleitung der Entscheidungsvariablen im Binomialmodell.

So kann zum Beispiel der Term $\min(Q_1, Q_2)$ aus der Formel (61) als optimale Kündigungsstrategie gedeutet werden (vgl. Lemma 2 aus dem Brennan/Schwartz 1977 Modell): Solange der Wert Q_1 der Wandelanleihe unter dem Kündigungspreis Q_2 liegt, ist Q_1 für die weitere Berechnung im Binomialbaum massgebend. Ist jedoch Q_1 grösser oder gleich Q_2 wird gekündigt, denn gemäss Definition 2 auf Seite 50 besagt die optimale Kündigungspolitik des Emittenten, den Wert der Wandelanleihe in jedem Zeitpunkt t zu minimieren. Dabei entsprechen Q_1 und Q_2 den Symbolen W und CP bei Brennan/Schwartz 1977. Im gekündigten Zustand muss noch überprüft werden, ob sich für den Investor die Wandlung lohnt. Es wird gemäss Formel (40) getestet, welcher der beiden Werte aus dem Kündigungspreis $CP(t)$ oder dem inneren Wert $C(V, t)$ der grössere ist. Das heisst, es wird gemäss Formel (40) $VIC(V, t) = \max[CP(t), C(V, t)]$ berechnet, welcher den Wert der Wandelanleihe im gekündigten Zustand angibt und für die weiteren Berechnungen in den Binomialbaum eingeht. VIC entspricht im Kontext des Abschnitts 3.2.3 der äusseren Klammer von Formel (61). Als Formel geschrieben:

$$VIC = CB_t = \max[\min(Q_1, Q_2), Q_3] = \max[Q_2, Q_3], \text{ falls } Q_1 \geq Q_2 \quad (66)$$

Im Kontext von Abschnitt 3.2.3 gesprochen: Falls der Emittent die Wandelanleihe kündigt, dann ist der Wert der Wandelanleihe das Maximum aus dem Kündigungspreis Q_2 und dem inneren Wert Q_3 . Falls $Q_3 > Q_2$ ist, wird gewandelt, ansonsten bekommt der Investor den Kündigungspreis Q_2 gegen Hingabe der Anleihe.

⁹⁹ Vgl. Brennan/Schwartz 1977, S. 1707.

Der grosse Vorteil des Binomialmodells gegenüber den analytischen Ansätzen ist die Flexibilität, mit welcher die oft sehr umfangreichen Vertragsbedingungen von Wandelanleihen im Modell berücksichtigt werden können.

So kann zum Beispiel das Wandelverhältnis als Funktion der Zeit problemlos implementiert werden, indem die Anzahl Perioden N so gewählt wird, dass der einzelne Zeitschritt $\Delta t = T/N$ gerade der benötigten Zeitauflösung von zum Beispiel einem Tag entspricht. Das Wandelverhältnis kann ab dem entsprechenden Zeitschritt geändert werden, indem in der Gleichung (61) das $Q_3 = WVS_t$ für alle Knoten in diesem Zeitschritt und danach angepasst wird.

Oft ist der Kündigungspreis (Q_2 in Gleichung (61)) eine Funktion des momentanen Aktienpreises S_t beziehungsweise eine Funktion des Aktienpreises während einer ganzen Periode. So bestimmt zum Beispiel die Kündigungsklausel der 2.25% Wandelanleihe 2000-2005 der Swisslog Holding AG, dass die Wandelanleihe jederzeit zum Nennwert gekündigt werden kann, „[...] sofern der Schlusskurs der Namenaktie an der SWX Swiss Exchange während 20 aufeinanderfolgenden Tagen 150% des jeweiligen Wandelpreises übersteigt.“¹⁰⁰ Diese Bedingung kann im Binomialbaum für jeden Knoten laufend geprüft werden, weil sämtliche Aktienkurse durch den Baum gegeben sind. Als ein anderes Beispiel dient die Kündigungsklausel der 3.75% Wandelanleihe 2000-2007 der Human Genome Sciences Inc., welche die Kündigungspreise ab bestimmten Daten fest vorgeben: Ab dem 21. März 2003 zum Kündigungspreis von 101.88%, ab 16. März 2004 bei 101.25%, ab 16. März 2005 bei 100.63% etc.¹⁰¹

Der Nachteil des vorgestellten Binomialmodells zur Bewertung der Wandelanleihe ist, dass der „Default“ Bereich durch das Modell nicht abgedeckt wird. Damit ist derjenige Bereich des Wandelanleihenwertes $W(V, t)$ gemeint, wo der Unternehmenswert V auf tiefem Niveau das Fremdkapital nicht mehr deckt und die Gefahr eines Konkurses droht (vgl. Abbildung 9 auf Seite 58). Dazu bräuchte es wie im Ansatz von Brennan/Schwartz 1977 oder Ingersoll 1977 ein Modell, welches das Vermögen der Unternehmung in Relation zur Deckung des Fremdkapitals heranzieht. Solange das Vermögen das Fremdkapital übersteigt, ist die Wahrscheinlichkeit eines Konkurses

¹⁰⁰ Swisslog Holding AG, Emissionsprospekt vom 21. Juni 2000, S. 1.

¹⁰¹ Vgl. Informationen aus Bloomberg, abgefragt am 4. Dezember 2000.

klein, und damit können die zukünftig versprochenen Zahlungen, die den PV in Form des Bondfloors repräsentieren, als sicher betrachtet werden.

Ist die Unternehmung jedoch überschuldet, nimmt der Wert des Fremdkapitals proportional zum Vermögen ab, und der Bondfloor wird einbrechen.

Dieser Nachteil des Binomialmodells kann jedoch relativiert werden. Zum Beispiel könnte man das Modell nur zur Bewertung von Wandelanleihen verwenden, deren Emissionspreis bestimmt werden soll, also für die es noch keinen Sekundärmarkt gibt. Sobald die Emission stattgefunden hat, wird der Markt mit dem Spiel von Angebot und Nachfrage den Wert der Wandelanleihe zu einem grossen Teil bestimmen.

Einen weiteren Hinweis für eine mögliche Fehlbewertung von Wandelanleihen mittels dem Binomialmodell liefert der Ansatz von Brennan/Schwartz 1980. Wie bereits in Fussnote 92 angesprochen, kann das Binomialmodell die Unterscheidung zwischen Aktienkurs vor und nach der vollständigen Wandlung nicht machen. Diese Tatsache kann darum von Bedeutung sein, weil eine tatsächliche Wandlung zu einer Verwässerung führt und damit zu einem Sprung des Aktienkurses. Macht man jedoch wie bei Schulz/Trautmann 1994 die Annahme, dass die potentielle Verwässerung im aktuellen Aktienkurs vorweg genommen wird, dann kann die Unterscheidung zwischen Aktienkurs vor und nach der vollständigen Wandlung vernachlässigt werden.

3.3. Eignung der Modelle zur Bewertung in der Praxis

Die Anwendung von Bewertungsmodellen ist stark abhängig von der Einfachheit der Beschaffung der benutzten Parameter sowie vom Verständnis durch den Anwender. „Bei den zahlreich vorhandenen Modellen beschränkt sich die praktische Einsetzbarkeit auf diejenigen, welche relativ leicht zu implementieren sind.“¹⁰² Von diesem Grundsatz wird auch in der vorliegenden Arbeit ausgegangen. Die Auswahl der Modelle wird deshalb für die praktische Anwendung in Kapitel 4 wie folgt begründet:

Für die Optionsanleihe wird der Obligationenteil mit dem DCF-Ansatz bewertet, weil die Diskontierung der Zahlungsströme mit einem Spreadsheet-Programm sehr einfach, übersichtlich und schnell realisiert werden kann. Für den Optionsschein wird das „Proportional Dividend Model“ von Merton 1974 verwendet werden, weil die geschlossene Formel eine einfache Implementierung in einem Spreadsheet-Programm erlaubt. Der Ansatz von Galai/Schneller 1978 ist aus den am Ende des entsprechenden

Abschnitts 3.1.3.1 erwähnten Gründen schwierig zu realisieren. Die empirischen Resultate von Schulz/Trautmann 1994 rechtfertigen die Vernachlässigung des Verwässerungseffektes, welche durch den Einsatz des „Proportional Dividend Model“ entsteht. Auch Stucki 1989 verzichtet auf die Korrektur gemäss Formel (25) mit folgender Begründung: Die Berechnung des Verwässerungsfaktors q ist schwierig, weil schweizerische Unternehmen in der Regel eine komplexe Kapitalstruktur mit verschiedenen Titeln und oft mehreren, sich in der Laufzeit überlappenden Optionsscheinen besitzen. Zudem konnte er für die untersuchten Optionsscheine ein kleines q im Bereich von 5% bis 10% feststellen.¹⁰³

Für die Wandelanleihe soll das Binomialmodell eingesetzt werden. Die Implementierung kann sehr einfach und anschaulich durchgeführt werden, und der rechnerische Aufwand hält sich für die weit verbreiteten Spreadsheet-Programme in Grenzen. Die analytischen Ansätze von Ingersoll 1977 sowie von Brennan/Schwartz 1977 und 1980 verlangen eine eingehende Auseinandersetzung mit der Lösung von Differentialgleichungen. Darüber hinaus setzen die Ansätze von Brennan/Schwartz vertiefte Kenntnisse im Umgang mit numerischen Methoden zur Lösung von Differentialgleichungen voraus, was jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit bei weitem sprengen würde. Die Erweiterung des Binomialmodells, welches von Hull 2000 beschrieben wurde, erlaubt eine interessante Anwendung zur Ermittlung von Kreditrisiken von Unternehmen und wird deshalb in der vorliegenden Arbeit eingesetzt.

¹⁰² Zwysig 1993, S. 243.

¹⁰³ Vgl. Stucki 1989, S.119

4. Praktische Anwendung

In diesem Kapitel sollen verschiedene Wandel- und Optionsanleihen des schweizerischen und amerikanischen Marktes bewertet werden.

Wo nicht anders erwähnt, sind sämtliche Marktdaten dem Bloomberg Informationssystem entnommen. Die Marktpreise werden entweder zum zuletzt bezahlten Kurs oder als arithmetisches Mittel zwischen dem Geld- und Briefkurs angegeben. Das arithmetische Mittel kommt dann zur Anwendung, wenn der zuletzt bezahlte Kurs nicht existiert oder in der Zeit zu weit zurück liegt. Für die Zinssätze werden jeweils interpolierte Werte eingesetzt.

Zur Bewertung werden nur Emissionen in lokaler Währung ausgewählt, also CHF für den Schweizer Markt und USD für den amerikanischen Markt.

Während Wandelanleihen bei Emittenten und Anlegern immer beliebter werden,¹⁰⁴ sind reine Optionsanleihen immer seltener anzutreffen. Noch vor über zehn Jahren konnten Optionsscheine als Substitut für die soweit noch fehlenden Optionsinstrumente auf schweizerische Aktienpapiere betrachtet werden.¹⁰⁵ Diese Aussage gilt für die heutige Zeit nicht mehr, weil Banken den Markt mit einer hohen Zahl an Optionscheinen versorgen.

Dieser Trend kann auch für Optionsanleihen in der Währung USD beobachtet werden. Die Datenbank „Bondware“, welche detaillierte Daten über weltweit emittierte Anleihen sammelt, liefert aufgrund einer Testabfrage¹⁰⁶ über Optionsanleihen von privaten Gesellschaften in der Währung USD nur gerade folgende Anzahl Emissionen in den entsprechenden Jahren (hauptsächlich öffentliche Euromarkt Emissionen): 27 Optionsanleihen in 1995, 34 in 1996, 9 in 1997, 7 in 1998, 8 in 1999 und nur gerade 4 Optionsanleihen in Jahre 2000. Aus dieser Testabfrage haben unter den noch nicht verfallenen beziehungsweise noch nicht vorzeitig zurückbezahlten Optionsanleihen nur gerade eine ein Investmentgrade Rating (BBB beziehungsweise Baa und höher), fünf

¹⁰⁴ Vgl. Gabriel-Schneider 2000a, S. 18.

¹⁰⁵ Vgl. Zimmermann 1988a, S. 405

¹⁰⁶ Durchgeführt am 7. Dezember 2000 auf einem Computersystem der CSFB, wobei ein grosser Teil der Anleihen zu diesem Zeitpunkt schon verfallen oder vorzeitig zurückbezahlt worden sind.

ein Rating im Junk Bond Bereich und alle anderen Anleihen haben überhaupt kein Rating.

Für die vorliegende praktische Anwendung soll die 14% Optionsanleihe der APP China Group Ltd mit Verfall März 2010 sowie die 3% Optionsanleihe der Nestlé Holdings Inc. mit Verfall November 2005 bewertet werden.

Auf dem Schweizer Markt sind zur Zeit nur gerade drei Optionsanleihen ausstehend. Zwei sind von der Generali (Schweiz) Holding emittiert worden. Die Dritte ist eine Optionsanleihe der Roche, welche jedoch aufgrund der ganz speziellen Ausübungsbedingungen mit zwei verschiedenen Ausübungspreisen für die Bewertung in der vorliegenden Arbeit nicht geeignet ist.

Die Auswahl von geeigneten Wandelanleihen aus dem schweizerischen als auch amerikanischen Markt bereitet keine besonderen Probleme, da eine grosse Zahl von solchen Emissionen vorhanden sind. Für den Schweizer Markt sollen die 1.50% Wandelanleihe der Georg Fischer AG mit Verfall Januar 2005 und die 2.25% Wandelanleihe Swisslog Holding AG mit Verfall Juli 2005 bewertet werden. Aus dem amerikanischen Markt wurde die von der Human Genome Sciences Inc. emittierte 3.75% Wandelanleihe mit Verfall März 2007 ausgewählt.

Zusätzlich soll die 3% Optionsanleihe der Nestlé Holdings Inc. mit Verfall November 2005, welche auch als Wandelanleihe betrachtet werden kann, bewertet werden. Aufgrund der speziellen Konstruktion dieser Anleihe lassen sich interessante Vergleiche zwischen der Wandel- und Optionsanleihe anstellen.

Die Kurse von Options- und Wandelanleihen sowie weitere Kennzahlen werden in einer ganz bestimmten Weise dargestellt und bezeichnet. Die meisten Preise werden als Prozente vom Nennwert angegeben.¹⁰⁷

4.1. Optionsanleihen

Zur Vereinfachung soll bei der Bewertung des Obligationenteils für sämtliche Couponzahlungen und auch für die Rückzahlung des Nennwertes eine uniforme Diskontierungsrate r verwendet werden, wobei für den risikolosen Zins die Restlaufzeit der Anleihe massgebend sein soll. Die Bewertung geht von der Formel (1) aus. Der Tatsache, dass der Bewertungstag nicht mit einem Coupontag übereinstimmt, wird mit

¹⁰⁷ Vgl. Connolly 1998, S. 4-6.

folgender Vorgehensweise begegnet: Sämtliche Zahlungsströme nach dem Bewertungstag werden auf den Zeitpunkt des dem Bewertungstag vorangehenden Coupon-tages diskontiert. Dieses Ergebnis wird mit dem Aufzinsungsfaktor¹⁰⁸ multipliziert und durch den Nennwert der Anleihe dividiert, damit der Wert der Anleihe mit dem an den Börsen notierten Kurs übereinstimmt. Durch dieses Vorgehen ergibt sich folgende Bewertungsformel für den Kurs der Optionsanleihe ex, welcher den Wert der Obligation ohne Optionsschein angibt:

$$\text{Kurs der Optionsanleihe ex} = 100 \cdot \frac{\left(1 + \frac{r}{m}\right)^{\frac{s}{360/m}}}{\text{Nennwert}} \cdot \left(\sum_{t=1}^n \frac{C_t/m}{(1+r/m)^t} + \frac{RW}{(1+r/m)^n} \right) \quad (67)$$

Dabei entspricht s den Anzahl Tagen zwischen dem Bewertungstag und dem Coupon-tag, der dem Bewertungstag vorangeht. Zur Zählung wird die 30/360-Konvention angewendet. Die Anzahl Couponzahlungsperioden vom Bewertungstag bis zur Rückzahlung des Nennwertes ist hier mit n und die Anzahl der unterjährigen Verzinsungen mit m bezeichnet worden. Man beachte, dass der Kurs immer den *Wert* des Instruments angibt. Der *Preis*, den ein Investor dem Verkäufer über dem Kurs des Instruments bezahlen muss, berücksichtigt auch die seit dem letzten Coupon aufgelaufenen Zinsen (sogenannte Marchzinsen) des nachfolgenden Coupons.

Ein Optionsschein repräsentiert das Recht zum Kauf *einer* Aktie. Weil die Vertragsbestimmungen regelmässig das Recht zum Kauf von mehreren Aktien vorsehen, muss das Resultat aus Formel (7) mit dieser Anzahl Aktien, die pro Nennwert bezogen werden können, multipliziert werden. Setzt man das Ergebnis in Relation des Nennwertes, dann ist der Wert als Prozentzahl entsprechend den Kursnotierungen bestimmt.

Weil der Optionsschein getrennt vom Obligationenteil gehandelt werden kann, folgt aus Arbitrageüberlegungen, dass deren Summe dem Wert der Optionsanleihe cum entsprechen muss.

¹⁰⁸ Vgl. Perridon/Steiner 1999, S. 59.

4.1.1. Schweizer Markt

4.1.1.1. 1% Optionsanleihe der Generali (Schweiz) Holding

Die von der Generali (Schweiz) Holding emittierte 1% Optionsanleihe 1998-2003 im Betrage von CHF 101'000'000 weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 7.$ Dezember 2000):¹⁰⁹

Bewertungsdaten des Obligationenteils

Stückelung	CHF 5'000 Nennwert
Anzahl Optionsscheine pro Nennwert	130
Anzahl Optionsscheine, die es braucht, um eine Aktie kaufen zu können (sogenanntes Ratio)	10
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	1%
Zahlungsart des Couponzinses	Jährlich, erstmals fällig am 30. April 1999
Endfälligkeit	30. April 2003 zum Nennwert
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der An- leihe ¹¹⁰	3.55%
Credit Spread ¹¹¹	0.28%

Bewertungsdaten des Optionsscheines

Aktienpreis S	CHF 500
Ausübungspreis X	CHF 405
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall des Opti- onsscheines ¹¹²	3.47%
Volatilität σ des Basiswertes (historische 62- tages Volatilität)	9.618%
Verfallstag T	30. April 2001
Restlaufzeit T-t	0.3972 Jahre

¹⁰⁹ Vgl. Generali (Schweiz) Holding, Emissionsprospekt vom 22. Juli 1998, S. 1.

¹¹⁰ Vgl. Reuters, CHF Swapsatz für die Restlaufzeit vom Anleihensteil.

¹¹¹ Vgl. CSFB, Fixed Income Trading, Zürich.

¹¹² Vgl. Reuters, CHF LIBOR für die Restlaufzeit des Optionsscheines.

Dividendenrendite	2.5%
Bid-Ask Kurs der Anleihe ex	93.75%-94.25%
Bid-Ask Kurs der Anleihe cum	117.00%-120.25%.

Aus diesen Parametern können folgende Preise und relative Abweichungen zu den Bid-Ask Mittelwerten berechnet werden:

$$\text{Preis Optionsanleihe ex} = 94.23\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = 0.25\%$$

Der Preis für das Optionsrecht beträgt 24.86%. Die Summe ergibt den Preis der Optionsanleihe cum: 119.09%.

$$\text{Preis Optionsanleihe cum} = 119.09\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = 0.39\%$$

Diese Resultate bestätigen die Hypothese von Schulz/Trautmann 1994, wonach die Verwässerung vernachlässigt werden darf. Zwar beträgt die Restlaufzeit lediglich rund 0.4 Jahre, jedoch ist der Aktienkurs über dem Ausübungspreis.

4.1.1.2. 2% Optionsanleihe der Generali (Schweiz) Holding

Die von der Generali (Schweiz) Holding emittierte 2% Optionsanleihe 2000-2005 im Betrage von CHF 190'000'000 weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 7.$ Dezember 2000):¹¹³

Bewertungsdaten des Obligationenteils

Stückelung	CHF 5'000 Nennwert
Anzahl Optionsscheine pro Nennwert	200
Anzahl Optionsscheine, die es braucht, um eine Aktie kaufen zu können (sogenanntes Ratio)	20
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	2%
Zahlungsart des Couponzinses	Jährlich, erstmals fällig am 31. Mai 2001
Endfälligkeit	31. Mai 2005 zum Nennwert

¹¹³ Vgl. Generali (Schweiz) Holding, Emissionsprospekt vom 16. Mai 2000, S. 1.

Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹¹⁴	3.67%
Credit Spread ¹¹⁵	0.28%

Bewertungsdaten des Optionsscheines

Aktienpreis S	CHF 500
Ausübungspreis X	CHF 515
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall des Optionsscheines ¹¹⁶	3.55%
Volatilität σ des Basiswertes (historische 62-tages Volatilität)	9.618%
Verfallstag T	31. Mai 2003
Restlaufzeit T-t	2.4806 Jahre
Dividendenrendite	2.5%
Bid-Ask Kurs der Anleihe ex	92.35%-92.75%
Bid-Ask Kurs der Anleihe cum	99.10%-100.45%
Am Bewertungstag bezahlter cum Preis	100%

Aus diesen Parametern können folgende Preise und relative Abweichungen zum Bid-Ask Mittelwert der Anleihe ex sowie zum zuletzt bezahlten Preis cum berechnet werden:

$$\text{Preis Optionsanleihe ex} = 94.20\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = 1.78\%$$

Der Preis für das Optionsrecht beträgt 5.52%. Die Summe ergibt den Preis der Optionsanleihe cum: 99.72%.

$$\text{Preis Optionsanleihe cum} = 99.72\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = -0.28\%$$

Als Fazit kann auch hier die Hypothese von Schulz/Trautmann 1994 bestätigt werden. Zwar ist der Optionsschein nur knapp „out-of-the-money“, aber die Restlaufzeit ist rund 2.5 Jahre.

¹¹⁴ Vgl. Reuters, CHF Swapsatz für die Restlaufzeit vom Anleihensteil.

¹¹⁵ Vgl. CSFB, Fixed Income Trading, Zürich.

¹¹⁶ Vgl. Reuters, CHF LIBOR für die Restlaufzeit des Optionsscheines.

4.1.2. Amerikanischer Markt

4.1.2.1. 14% Optionsanleihe der APP China Group Ltd.

In der 14% Optionsanleihe 2000-2010 im Betrage von USD 402'000'000, emittiert von der APP China Group Ltd., ist pro USD 1'000 Nennwert ein Optionsschein enthalten, welcher den Inhaber zum Kauf von 12.91 Aktien der Asia Pulp & Paper Co Ltd., Singapore berechtigt. Die Anleihe weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 12.$ Dezember 2000):¹¹⁷

Bewertungsdaten des Obligationenteils

Stückelung	USD 1'000 Nennwert
Anzahl Optionsscheine pro Nennwert	1
Anzahl Optionsscheine, die es braucht, um eine Aktie kaufen zu können (sogenanntes Ratio)	1/12.914, was bedeutet, dass ein Optionsschein den Inhaber zum Kauf von 12.914 Aktien berechtigt
Emissionspreis	86.866%
Couponzinssatz	14%
Zahlungsart des Couponzinses	Halbjährlich, erstmals fällig am 19. September 2000
Endfälligkeit	Rückzahlung des Nennwertes am 15. März 2010
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹¹⁸	6.35%
Credit Spread ¹¹⁹	33.70%

Bewertungsdaten des Optionsscheines

Aktienpreis S	USD 1
Ausübungspreis X	USD 7.8375

¹¹⁷ Vgl. Informationen gemäss Daten aus der Bondware Datenbank.

¹¹⁸ Vgl. Reuters, USD Swapsatz für die Restlaufzeit vom Anleihensteil.

¹¹⁹ Vgl. Angaben des Leadmanagers, Morgan Stanley & Co. Inc., Convertible Bond Desk, London 12. Dezember 2000.

Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall des Optionsscheines ¹²⁰	6.25%
Volatilität σ des Basiswertes (historische 62-tages Volatilität)	170.183%
Verfallstag T	15. März 2005
Restlaufzeit T-t	4.2583 Jahre
Dividendenrendite	0%
Kurs der Anleihe cum ¹²¹	38.40%

Aus diesen Parametern kann folgender Preis für die Optionsanleihe ex berechnet werden:

$$\text{Preis Optionsanleihe ex} = 39.88\%$$

Weil der Optionsschein für diese Optionsanleihe nicht separat gehandelt wird, war kein Preis für die Anleihe ex zu erhalten. Der berechnete Preis für das Optionsrecht beträgt 1.07%. Die Summe ergibt den Preis von 40.95% für die Optionsanleihe cum:.

$$\text{Preis Optionsanleihe cum} = 40.95\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = 6.63\%$$

Der Preis des Optionsrechtes beträgt 1.07% vom Nennwert (bei einer historischen 61-tages Volatilität von 170.183%). Bloomberg gibt für die Periode der vergangenen fünf Jahre eine Volatilität von 63.182% an, was einem Preis von 0.14% entsprechen würde. Diese beiden Preise sind Extremwerte, die für das Optionsrecht aufgrund von historischen Volatilitäten angegeben werden können. Die Resultate aus den beiden Schweizer Optionsanleihen zeigen, dass die 62-tages Volatilität mehr oder weniger einen sinnvollen Indikator für den momentanen Marktpreis darstellt. Unter der Annahme, dass der Markt den Optionsscheinen den gleichen Wert wie in der vorliegenden Rechnung zuweist, bleibt immer noch das Problem, die Abweichung des berechneten ex-Wertes von 39.88% zum angenommenen ex-Wert des Marktes in der Höhe von 37.33% (=38.40%-1.07%) zu erklären.

¹²⁰ Vgl. Reuters, USD Swapsatz für die Restlaufzeit des Optionsscheines.

¹²¹ Vgl. Angaben des Leadmanagers, Morgan Stanley & Co. Inc., Convertible Bond Desk, London aufgrund einer Preisanfrage am 12. Dezember 2000.

Der berechnete Wert der Optionsanleihe ex alleine ist schon höher als der Marktpreis der Anleihe cum. Deshalb kann die Abweichung nicht durch Verwässerungseffekte erklärt werden. Aus dem gleichen Grund kann auch die Hypothese von Schulz/Trautmann 1994 nicht überprüft werden. Ausserdem liegt der Optionsschein „deep-out-of-the-money“, weshalb nur schon aus dieser Tatsache allein die Hypothese nicht angewendet werden kann.

Ein möglicher Erklärungsansatz wäre der, dass der Markt implizit von einem grösseren Credit Spread ausgeht. Der implizite Credit Spread, welcher den berechneten Wert der Optionsanleihe dem Marktwert gleich setzt, beträgt 36.4%, also genau 2.7 Prozentpunkte mehr als beim Ausgangswert von 33.7%.

4.1.2.2. 3% Optionsanleihe der Nestlé Holdings Inc.

Die von der Nestlé Holdings Inc. emittierte 3% Optionsanleihe 2000-2005 im Betrage von USD 300'000'000 ist ein spezielles Konstrukt und wird „SWANS“ genannt. SWANS steht für „Stock Warrants and Applicable Note Securities“ und bezeichnet die Optionsanleihe cum. Die Bedingungen dieser Anleihe sind so gestaltet, dass bei Ausübung des Optionsscheines der Obligationenteil zur Zahlung anstelle des Ausübungspreises verwendet werden kann. In diesem Fall verhalten sich die SWANS Wertschriften wie Wandelanleihen und dürfen vorzeitig ausgeübt werden. Der Ausübungspreis spielt aus Sicht der Wandelanleihe die Rolle des Wandelpreises.

Wird jedoch der Optionsschein vom Obligationenteil getrennt, so kann dieser nur bei Verfall ausgeübt werden, falls der Ausübungspreis bar bezahlt wird. In diesem Fall können die SWANS Wertschriften wie eine gewöhnliche Optionsanleihe betrachtet und bewertet werden, wobei der Optionsschein vom europäischen Typ ist.

Verwässerungsprobleme tauchen bei dieser Anleihe nicht auf, weil im Falle einer Ausübung keine neuen Aktien emittiert werden müssen, da diese aus bereits existierenden Beständen des Emittenten geliefert werden. Die Aktien, die bei einer Ausübung oder Wandlung geliefert werden, sind diejenigen der Muttergesellschaft Nestlé S.A., welche in der Schweiz kotiert sind.

Folgende Bewertungsparameter sind gegeben (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 11.$ Dezember 2000):¹²²

¹²² Vgl. Nestlé Holdings, Inc., Emissionsprospekt vom 5. Mai 2000.

Bewertungsdaten des Obligationenteils

Stückelung	USD 10'000 Nennwert
Anzahl Optionsscheine pro Nennwert	1
Anzahl Optionsscheine, die es braucht, um eine Aktie kaufen zu können (sogenanntes Ratio)	1/4.314, was bedeutet, dass ein Optionsschein den Inhaber zum Kauf von 4.314 Aktien berechtigt
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	3%
Zahlungsart des Couponzinses	Halbjährlich, erstmals fällig am 9. November 2000 und letztmals am 9. November 2004
Endfälligkeit	Rückzahlung des Nennwertes am 9. Mai 2005
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹²³	6.25%
Credit Spread ¹²⁴	0.05%

Bewertungsdaten des Optionsscheines

Aktienpreis S	USD 2093.23, entspricht einem Aktienpreis CHF 3579 bei einem Wechselkurs von 1.7098 CHF/USD
Ausübungspreis = Wandlungspreis	USD 2318.03
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall des Optionsscheines ¹²⁵	6.25%
Volatilität σ des Basiswertes (historische 62-tages Volatilität)	23.432%
Verfallstag T	9. Mai 2005
Restlaufzeit T-t	4.41 Jahre
Dividendenrendite	1.16%

¹²³ Vgl. Reuters, USD Swapsatz für die Restlaufzeit vom Anleihensteil.

¹²⁴ Vgl. CSFB, Fixed Income Trading, Zürich.

¹²⁵ Vgl. Reuters, CHF LIBOR für die Restlaufzeit des Optionsscheines.

Bid-Ask Kurs der Anleihe ex	87.23%-87.63%
Bid-Ask Kurs der Anleihe cum	106.875%-107.875%

Aus diesen Parametern können folgende Preise und relative Abweichungen zu den Bid-Ask Mittelwerten berechnet werden:

$$\text{Preis Optionsanleihe ex} = 86.57\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = -0.98\%$$

Der Preis für das Optionsrecht beträgt 21.14%. Die Summe ergibt den Preis der Optionsanleihe cum: 107.71%.

$$\text{Preis Optionsanleihe cum} = 107.71\%$$

$$\text{Relative Abweichung} = 0.31\%$$

Als Fazit kann auch hier die Hypothese von Schulz/Trautmann 1994 bestätigt werden. Zwar ist der Optionsschein nur knapp „out-of-the-money“, aber die Restlaufzeit ist rund 4.4 Jahre.

4.2. Wandelanleihen

In der Praxis wird für eine grobe Analyse meist eine historische Volatilität des Basiswertes eingesetzt, die aufgrund der vergangenen 252 Tage berechnet wird. Dies geschieht unabhängig von der Restlaufzeit der zu bewertenden Wandelanleihe.¹²⁶ Dieses Vorgehen soll zunächst auch in diesem Abschnitt gewählt werden. Allerdings wird sich zeigen (wie in Abschnitt 4.3 ausgeführt), dass ein solches Vorgehen zu sehr hohen Fehlbewertungen führen kann.

Die Anzahl Zeitschritte im Binomialmodell mit Kreditrisiko sind so gewählt, dass gerade pro Zeitschritt $\Delta t = (T-t)/N$ je ein Monat innerhalb der Restlaufzeit abgedeckt ist. So können die Dividenden- und Couponzahlungen bis auf den Monat genau im Modell berücksichtigt werden. Durch diese Vorgehensweise bewegen sich die Anzahl Zeitschritte zwischen 41 und 56 Perioden. Stucki 1989 verwendet in seiner Untersuchung 40 Perioden für das Binomialmodell zur Bewertung von Optionsscheinen. „Einige Tests mit der Stichprobe zeigen, dass bereits mit 30 Iterationen [damit sind die

¹²⁶ Vgl. Aussage eines Gesprächspartners.

Anzahl Zeitschritte gemeint, Anmerkung des Verfassers] eine brauchbare Approximation erreicht wird.“¹²⁷

4.2.1. Schweizer Markt

4.2.1.1. 1.50% Wandelanleihe der Georg Fischer AG

Die von der Georg Fischer AG emittierte 1.50% Wandelanleihe 2000-2005 im Betrage von CHF 208'292'500 weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 8.$ Dezember 2000):¹²⁸

Bewertungsdaten der Wandelanleihe

Stückelung	CHF 2'500 Nennwert
Wandelpreis	CHF 715
Wandelverhältnis	$3.4965 = 2500/715$
Wandelfrist	31. Januar 2000 bis 31. Januar 2005, 12.00 Uhr
Kündigungspreis	150% vom Wandelpreis
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	1.50%
Zahlungsart des Couponzinses	Jährlich, erstmals fällig am 31. Januar 2001
Endfälligkeit	31. Januar 2005 zum Nennwert
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹²⁹	3.65%
Credit Spread ¹³⁰	0.8%
Aktienpreis S_0 ¹³¹	CHF 440
Volatilität σ des Basiswertes (historische 252-tages Volatilität)	26.71%
Restlaufzeit $T-t$	4.144 Jahre
Dividendenrendite	3.21%

¹²⁷ Stucki 1989, S. 125.

¹²⁸ Vgl. Georg Fischer AG, Emissionsprospekt vom 20. Januar 2000, S. 1 und 6.

¹²⁹ Vgl. Reuters, CHF Swapsatz für die Restlaufzeit der Wandelanleihe.

¹³⁰ Vgl. CSFB, Fixed Income Trading, Zürich.

¹³¹ Vgl. Reuters, Aktienschlussstand vom 8. Dezember 2000.

Anzahl Perioden N im Binomialmodell	50
Marktpreis (Bid-Ask)	92.85% - 93.00%
Letzter bezahlter Kurs	92.85%

Das Modell lieferte einen Preis von CHF 2384.09, was einem Kurs von 95.36% entspricht. Somit beträgt die relative Abweichung vom zuletzt bezahlten Kurs 2.71%, was als gut bezeichnet werden kann.¹³²

- Der Preis der Wandelanleihe gemäss Modell:

$$95.36\% = \frac{\text{Wert der Wandelanleihe}}{\text{Nennwert}} = \frac{\text{CHF 2384.09}}{\text{CHF 2500.00}}$$

- Bei sofortiger Ausübung wird der innere Wert der Wandelanleihe (auch Parität genannt) ausbezahlt. Der innere Wert wird aus dem Produkt von Wandelverhältnis multipliziert mit dem zum Wandlungszeitpunkt herrschenden Aktienpreis S_0 berechnet. Das Wandelverhältnis sagt aus, in welche Anzahl Aktien pro Nennwert gewandelt werden kann. Im vorliegenden Fall beträgt die Parität im Bewertungszeitpunkt t_0 :

$$61.54\% = \frac{\text{WV} \cdot S_0}{\text{Nennwert}} = \frac{3.4965 \cdot \text{CHF 440}}{\text{CHF 2500.00}}$$

- Die Differenz vom inneren Wert zum Wert der Wandelanleihe repräsentiert im Rahmen des hier angewendeten Binomialmodells den Wert der Waneloption minus dem Wert der Kündigungsoption und wird Prämie genannt. Die Prämie ist derjenige Anteil des Wandelanleihenwertes, den man bei einer allfälligen Wandlung verliert. Die Prämie wird in Prozent des inneren Wertes angegeben:

$$54.96\% = \frac{\text{Wert der Wandelanleihe} - \text{WV} \cdot S_0}{\text{WV} \cdot S_0} = \frac{2384.09 - 1538.46}{1538.46}$$

4.2.1.2. 2.25% Wandelanleihe der Swisslog Holding AG

Die von der Swisslog Holding AG emittierte 2.25% Wandelanleihe 2000-2005 im Betrage von CHF 150'000'000 weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 8$. Dezember 2000):¹³³

¹³² Vgl. Aussage eines Gesprächspartners.

¹³³ Vgl. Swisslog Holding AG, Emissionsprospekt vom 21. Juni 2000, S. 1 und 6.

Bewertungsdaten der Wandelanleihe

Stückelung	CHF 2'500 Nennwert
Wandelpreis	CHF 933
Wandelverhältnis WV	2.679528=2500/933
Wandelfrist	7. Juli 2000 bis 4. Juli 2005, 15.00 Uhr
Kündigungspreis	150% vom Wandelpreis
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	2.25%
Zahlungsart des Couponzinses	Jährlich, erstmals fällig am 7. Juli 2001
Endfälligkeit	7. Juli 2005 zum Nennwert
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹³⁴	3.68%
Credit Spread ¹³⁵	1.5%
Aktienpreis S_0 ¹³⁶	CHF 813
Volatilität σ des Basiswertes (historische 252-tages Volatilität)	68.88%
Restlaufzeit T-t	4.5806 Jahre
Dividendenrendite	0.30%
Anzahl Perioden N im Binomialmodell	56
Marktpreis (Bid-Ask)	106.00% - 108.00%
Letzter bezahlter Kurs	106.00%

Das Modell liefert einen Preis von CHF 3055.63, was einem Kurs von 122.23% entspricht. Somit beträgt die relative Abweichung vom zuletzt bezahlten Kurs 15.31%, was als eine zu grosse Abweichung erscheint. Für die weiteren Kennzahlen liefert das Modell:

¹³⁴ Vgl. Reuters, CHF Swapsatz für die Restlaufzeit der Wandelanleihe.

¹³⁵ Vgl. CSFB, Fixed Income Trading, Zürich.

¹³⁶ Vgl. Reuters, Aktienschlussstand vom 8. Dezember 2000.

$$\text{Parität} = 87.14\% = \frac{\text{WV} \cdot S_0}{\text{Nennwert}} = \frac{2.679528 \cdot \text{CHF } 813}{\text{CHF } 2500.00}$$

$$\text{Prämie} = 40.27\% = \frac{\text{Wert der Wandelanleihe} - \text{WV} \cdot S_0}{\text{WV} \cdot S_0} = \frac{3055.63 - 2178.46}{2178.46}$$

Offensichtlich wird die zukünftige Volatilität des Basiswertes vom Markt anders beurteilt als es die historische 252-tages Volatilität vorgibt. Das Tradingsystem der CSFB in Zürich zeigt für die impliziten Bid-Ask Volatilitäten am Bewertungstag einen Spread von 27.5%-31.5% an. Unter der Annahme, dass der Mittelwert 29.5% die vom Markt erwartete zukünftige Volatilität sei, liefert das vorliegende Binomialmodell einen Preis von CHF 2784.24 für die Wandelanleihe, was einem Kurs von 111.37% entspricht. Dieser Wert weicht um 5.07% vom zuletzt bezahlten Marktwert ab. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit dieser Abweichung könnte sein, dass der Markt dem Basiswert einen höheren Credit Spread zuweist, weil die historische Volatilität relativ hoch ist. Nach einer Verdoppelung des Credit Spreads auf 3% verbleibt immer noch eine Abweichung von 1.76% zum Marktwert. Abschnitt 4.3 enthält weitere Erklärungsansätze für mögliche Gründe von Abweichungen zum Marktwert.

4.2.2. Amerikanischer Markt

4.2.2.1. 3% Wandelanleihe der Nestlé Holdings Inc.

Aufgrund der speziellen Konstruktion der 3% Optionsanleihe „SWANS“, emittiert von der Nestlé Holdings Inc., kann an dieser Stelle dieses Wertpapier wie eine Wandelanleihe behandelt werden. Die Emissionsbedingungen sehen keine Kündigungsklausel vor. Das Binomialmodell wurde vom Verfasser dieser Arbeit so realisiert, dass in einem solchen Fall an Stelle des Kündigungspreises ein sehr hoher Wert eingesetzt werden muss, so dass aus Sicht des Emittenten eine Kündigung nie optimal erscheint. Für den Wandelpreis wird der Ausübungspreis eingesetzt. Die Anzahl von 4.314 Aktien, die pro Optionsschein gekauft werden dürfen, entspricht dem Wandelverhältnis. Anstelle der historischen 62-tages Volatilität soll auch für die Nestlé Anleihe, wie auch für alle anderen Wandelanleihen in dieser Arbeit, die historische 252-tages Volatilität der Nestlé S.A. Aktie verwendet werden, welche am 11. Dezember 2000 22.406% betrug. Für das Binomialmodell wurden 54 Perioden eingesetzt. Die restlichen Parameter entsprechen denjenigen aus dem vorherigen Abschnitt über Op-

tionsanleihen. Das Modell berechnet einen Wert der Wandelanleihe von USD 10'708.81. Damit ergeben sich folgende Resultate:

$$\text{Preis} = 107.09\% = \frac{\text{Wert der Wandelanleihe}}{\text{Nennwert}} = \frac{\text{USD } 10708.81}{\text{USD } 10000.00}$$

$$\text{Parität} = 90.30\% = \frac{\text{WV} \cdot S_0}{\text{Nennwert}} = \frac{4.314 \cdot \text{USD } 2093.23}{\text{USD } 10000.00}$$

$$\text{Prämie} = 18.59\% = \frac{\text{Wert der Wandelanleihe} - \text{WV} \cdot S_0}{\text{WV} \cdot S_0} = \frac{1678.62}{9030.19}$$

Der Preis von 107.09% weicht vom Mittelwert 107.375% der Bid-Ask Preise (106.875%-107.875%) nur um -0.27% ab. Die Bewertung als Optionsanleihe lieferte einen Wert von 107.71, also eine relative Abweichung von 0.31%.

Es kann nun folgender interessanter Schluss gezogen werden: Nimmt man an, dass die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Modelle für die Options- und Wandelanleihen die jeweils richtigen Werte berechnen, was plausibel scheint, da beide Werte zwischen dem Bid-Ask Spread von 106.875%-107.875% liegen, dann kann der Unterschied zwischen den beiden Modellwerten als der Wert der Trennbarkeit von Obligation und Wandel- beziehungsweise Optionsrecht betrachtet werden. Das heisst, der Unterschied zwischen dem berechneten Wert der Optionsanleihe von 107.71% und dem berechneten Wert der Wandelanleihe von 107.09%, also 0.62% vom Nennwert, kann als Mehrwert des abgetrennten Optionsscheines gegenüber dem nicht abtrennbaren Wandelrecht betrachtet werden. Hätten die Vertragsbestimmung noch zusätzlich eine vorzeitige Ausübung des Optionsscheines erlaubt, dann wäre der Mehrwert unter Umständen noch grösser ausgefallen, weil gemäss Merton 1973 eine Amerikanische Call-Option nicht weniger wert sein kann als eine Europäische Call-Option.

4.2.2.2. 3.75% Wandelanleihe der Human Genome Sciences Inc.

Die von der Human Genome Sciences Inc. emittierte 3.75% Wandelanleihe 2000-2007 im Betrage von USD 300'000'000 weist folgende Parameter auf (sämtliche Marktdaten beziehen sich auf den Bewertungstag $t = 12$. Dezember 2000):¹³⁷

Bewertungsdaten der Wandelanleihe

Stückelung

USD 1'000 Nennwert

¹³⁷ Vgl. Daten aus Bloomberg.

Wandelpreis	USD 109.50
Wandelverhältnis WV	9.13242=1000/109.5
Wandelfrist	15. März 2000 bis 15. März 2000
Kündigungspreise („Call Zeitplan“)	Vor dem 21. März 2003 ist keine Kündigung möglich 101.88% ab 21. März 2003 101.25% ab 16. März 2004 100.63% ab 16. März 2005 100.00% ab 16. März 2006
Emissionspreis	100%
Couponzinssatz	3.75%
Zahlungsart des Couponzinses	Halbjährlich, erstmals fällig am 15. September 2000
Endfälligkeit	15. März 2007 zum Nennwert
Risikofreier Zinssatz r_f bis zum Verfall der Anleihe ¹³⁸	6.30%
Credit Spread ¹³⁹	8.5%
Aktienpreis S_0 ¹⁴⁰	USD 78.625
Momentan gehandelte Volatilität σ des Basiswertes ¹⁴¹ (historische 252-tages Volatilität wäre bei 121.864%)	45.00%
Restlaufzeit T-t	6.2583 Jahre
Dividendenrendite	0.0%
Anzahl Perioden N im Binomialmodell	41
Marktpreis (Bid-Ask)	90.41% - 91.41%
Mittelwert	90.91%

¹³⁸ Vgl. Reuters, USD Swapsatz für die Restlaufzeit der Wandelanleihe.

¹³⁹ Vgl. CSFB, Convertible Arbitrage Trading, New York.

¹⁴⁰ Vgl. Reuters, Aktienschlussstand vom 12. Dezember 2000.

¹⁴¹ Vgl. CSFB, Convertible Arbitrage Trading, New York.

Das Modell lieferte einen Preis von USD 924.23, was einem Kurs von 92.45% entspricht. Somit beträgt die relative Abweichung vom Mittelwert 1.69%. Zusammenfassend können folgende Kennzahlen festgestellt werden:

$$\text{Preis} = 92.45\%$$

$$\text{Abweichung} = 1.69\%$$

$$\text{Parität} = 71.80\%$$

$$\text{Prämie} = 28.72\%$$

Für die Wandelanleihe von Human Genome Sciences Inc. kann die gleiche Feststellung wie bei derjenigen der Swisslog Holding AG gemacht werden. Der Einsatz der historischen 252-tages Volatilität des Basiswertes von 121.864% hätte einen Preis von 113.02% ergeben, was einer Abweichung von 24.33% entsprochen hätte. Offensichtlich wird die zukünftige Volatilität des Basiswertes vom Markt anders beurteilt. Der Händler am Convertible Arbitrage Trading Desk bei der CSFB in New York meint, dass die Wahl der Volatilität nicht unabhängig vom Markt getroffen werden dürfe. Der Markt handle momentan die vorliegende Wandelanleihe mit einer Volatilität von 40% bis 45%, meint der Händler.¹⁴²

Ansonsten würde das Modell, das einen fairen Preis von 113.02% feststellt, auf eine Arbitragemöglichkeit hinweisen, worauf sämtliche Preise darunter als zu billig eingestuft würden. Die logische Folgerung wäre, sämtliche Wandelanleihen mit tieferem Preis aufzukaufen (und natürlich als Absicherung eine kurze Position im Basiswert einzugehen), welche dann aber nicht mehr verkauft werden könnten, weil eben der Markt von einer tieferen zukünftigen Volatilität des Basiswertes ausgeht und somit die in der Anleihe eingebettete Waneloption tiefer bewertet.

Diese amerikanische Wandelanleihe hat im Gegensatz zu den bisher bewerteten eine ganz besondere Kündigungsklausel. Der Emittent kann erst ab dem 21. März 2003 bei einem Kündigungspreis von 101.88% (vom Nennwert) und danach gemäss dem sogenannten Call Zeitplan nach abgestuften Preisen die Wandelanleihe kündigen. Das bedeutet, dass in der Periode zwischen der Emission und dem ersten möglichen Kündigungstermin der Halter der Wandelanleihe sicher sein kann, dass sie nicht gekündigt wird. Diese „hard non-call period“ dauert im Falle der Human Genome Sciences Inc.

¹⁴² Informationsstand vom 12. Dezember 2000.

drei Jahre. Die oben berechneten Preise haben nur die erste Kündigungsmöglichkeit beim Preis von USD 101.88 ab dem 21. März 2003 berücksichtigt. Das implementierte Binomialmodell liefert bei Berücksichtigung sämtlicher Abstufungen für den Kündigungspreis einen unwesentlich kleineren Preis von 92.42% (bei einer Volatilität von 45%, sowie 91.86% bei einer Volatilität von 40%), was auch zu erwarten ist, denn die sukzessive kleiner werdenden Kündigungspreise lassen keine höhere Bewertung der Wandelanleihe zu.

Das Verhalten des Modells aufgrund der eingeführten Kündigungspreise kann in der Spreadsheet-Implementierung beobachtet werden: Ähnlich wie in der Abbildung 12 für den Knoten B exemplarisch gezeigt wurde, erhält die Debtkomponente in denjenigen Fällen den Wert null zugewiesen, wo eine Kündigung durch den Emittenten optimal erscheint. Der Aktienkomponente und damit auch der ganzen Wandelanleihe wird der innere Wert der Anleihe zugewiesen, weil der Inhaber durch die mögliche Kündigung zur Wandlung gezwungen würde.

4.3. Erklärung allfälliger Wert- bzw. Preisabweichungen

Die in diesem Abschnitt gemachten Aussagen über die Abweichungen gelten allgemein für Wandel- und Optionsanleihen.

Der Bewertungsansatz von Schulz/Trautmann 1994 hat gezeigt, dass man den Verwässerungseffekt bei Optionsscheinen, welche „deep-out-of-the-money“ sind, nicht vernachlässigen darf. Tatsächlich konnte bei der Bewertung der 14% Optionsanleihe der APP China Group Ltd. eine starke Abweichung zum Marktwert festgestellt werden. Allerdings konnte bei der Bewertung in Abschnitt 4.1.2.1 gezeigt werden, dass es auch einen anderen Grund für die starke Abweichung geben kann. Wahrscheinlich hat sich die Kreditwürdigkeit dieser Unternehmung stark verändert, was plausibel erscheint, denn der Aktienkurs ist seit Anfang Jahr bis zum Bewertungsdatum um mehr als 90% gesunken!¹⁴³

Der Markt berücksichtigt die Illiquidität des Basiswertes, indem er eine Illiquiditätsprämie auf dem fairen Wert der Anleihe abzieht. Das Modell berücksichtigt die Liquidität des Basiswertes nicht, woraus eine Überbewertung des Modellpreises gegenüber dem Markt auftreten kann. Wurde zum Beispiel aufgrund einer Modellberech-

¹⁴³ Vgl. Daten aus Bloomberg.

nung ein zu tiefer Preis der Wandelanleihe entdeckt, so kann man diese Arbitragemöglichkeit dadurch ausnutzen, indem man eine lange Position in der vermeintlich zu billigen Wandelanleihe und gleichzeitig eine kurze Position im Basiswert eingeht. Durch anschliessendes Wandeln kann die kurze Position mittels der erhaltenen Basiswerte gedeckt und eine risikolose Arbitrage realisiert werden. Ist jedoch der Basiswert zu illiquide, dann kann nicht die erforderliche Anzahl des Basiswertes zum Aufbauen der kurzen Position gefunden werden, so dass der zu tiefe Marktpreis der Wandelanleihe gegenüber einem fairen (durch das Modell ermittelten) Wert bestehen kann. Damit wird die Modellannahme verletzt, dass die Marktteilnehmer nur Preisnehmer sind, denn bei einem illiquiden Markt können nicht mehr genügend Käufer gefunden werden, welche die beim Aufbauen der kurzen Position benötigten Titel bei einem stabilen Preis kaufen.

Zum Beispiel kann der Markt für die Swisslog Aktie als illiquide betrachtet werden.¹⁴⁴ Das Modell für die Wandelanleihe der Swisslog Holding AG hat einen um 15.31% höheren Wert als der Markt angegeben. Dieser Preisabschlag kann als Kosten der Illiquidität betrachtet werden, denn Arbitrageure sind aufgrund der illiquiden Aktie nicht in der Lage, die nötige kurze Position in der Aktie aufzubauen.

Die Unsicherheit über zukünftige Dividendenausschüttungen kann eine Senkung des Marktpreises bewirken, indem die Marktteilnehmer, um auf der sicheren Seite zu sein, von einer höheren Dividendenausschüttung ausgehen.

Fast alle Modellberechnungen haben einen höheren Wert als der Markt angegeben. Das kann unter Umständen an der Dividendenrendite liegen. In der vorliegenden Arbeit wurde die Dividendenrendite aus dem Verhältnis von der zuletzt bezahlten Dividende zum aktuellen Aktienkurs berechnet. Offenbar geht der Markt durchwegs von höheren Dividenden aus. Das Ausmass kann jedoch für eine Modellrechnung nur schwierig geschätzt werden.

Einen weiteren Erklärungsansatz liefert Connolly 1998, indem er auf die nach wie vor vorhandenen Arbitragemöglichkeiten¹⁴⁵ auf den Märkten hinweist, welche aufgrund von fehlender Standardisierung der Verträge entstehen. An speziellen Derivatebörsen werden viele Parameter der gehandelten Derivate standardisiert. So sind zum Beispiel

¹⁴⁴ Vgl. Aussage eines Gesprächspartners.

¹⁴⁵ Allerdings setzt das Ausnutzen von Arbitragemöglichkeiten einen liquiden Markt voraus, wie weiter oben bereits erwähnt.

Ausübungspreise, die Anzahl Basiswerte pro Kontrakt und auch Verfallstermine einheitlich gestaltet. Bei der Gestaltung der Parameter für Wandel- und Optionsanleihen ist bei weitem keine Vereinheitlichung zu sehen. Ganz im Gegenteil: Die Anleihen haben voneinander abweichende Verfallstermine, zahlen unterschiedlich hohe Coupons aus und weisen auch verschiedene Wandlungsverhältnisse vor. „Probably the main reason for the continued profit opportunities in the CB market is the sheer complexity of the instruments.“¹⁴⁶ Die Komplexität fängt bei der Kündigungsklausel an, welche den Kündigungspreis oft als variabel in der Zeit und auch abhängig vom Kursverlauf des Basiswertes festsetzt. Oft haben die Wandelanleihen Rückgaberechte eingebaut, welche aus Sicht der Halter einer langen Position in einer Put Option gleichkommt. Diese Tatsachen halten viele Marktteilnehmer davon ab, sich an Wandel- und Optionsanleihen heranzuwagen.¹⁴⁷

Der kritischste Parameter bei der Bewertung von Options- und Wandelanleihen ist die Schätzung der Volatilität. In der vorliegenden praktischen Anwendung wurde für die Bewertung der Wandelanleihe grundsätzlich die 252-tages Volatilität der Aktien eingesetzt. Allerdings hat sich gezeigt, dass das implementierte Modell beim Einsetzen der 252-tages Volatilität starke Abweichungen zum Marktwert aufweist. Insbesondere war dies bei der 3.75% Wandelanleihe von Human Genome Sciences Inc. der Fall. Damit die Genauigkeit des Modells dennoch überprüft werden konnte, wurde die Volatilität des Marktes im Modell verwendet. Es hat sich herausgestellt, dass dadurch die Ergebnisse wesentlich verbessert werden. Daraus kann geschlossen werden, dass nicht einfach blind eine beliebige historische Volatilität eingesetzt werden kann. Der Anwender des Modells muss die Volatilität aus dem Markt „ertasten“. Das heisst, er muss den Wert der Wandelanleihe grob schätzen und entsprechende Preise in das Handelssystem eingeben. Aufgrund der Nachfrage am Markt werden sich implizit für die betrachtete Wandelanleihe Bid-Ask Volatilitäten einstellen, die zur Kalibrierung des Modells eingesetzt werden können.

Wie in Abschnitt 3.1.1 bereits erwähnt, kann der Gebrauch einer uniformen Diskontierungsrate bei einer nicht flachen Zinsstruktur zu Fehlbewertungen führen. Im Binomialmodell kann die Zinsstruktur ganz einfach dadurch berücksichtigt werden, indem für die Periode vom n-ten zum (n+1)-ten Zeitpunkt der für diese Periode erwartete

¹⁴⁶ Connolly 1998, S. IX.

¹⁴⁷ Vgl. Connolly 1998, S. X.

te zukünftige Spotzinssatz aus der Zinsstrukturkurve verwendet wird. Dieses Vorgehen hätte allerdings den Rahmen für die vorliegende Arbeit bei weitem gesprengt. Auch Brennan/Schwartz 1980 haben mit der Erweiterung ihres analytischen Modells von 1977 einen Versuch unternommen, variable Zinssätze zu berücksichtigen. Dadurch konnten sie zeigen, dass der Bondfloor bei sich ändernden Zinssätzen wesentlich beeinflusst werden kann.

5. Resultate und allgemeine Beurteilung

5.1. Resultate

Die Betrachtungen aus finanztheoretischer- und finanzpraktischer Sicht zeigen, dass hybride Finanzinstrumente nach wie vor im Stande sind, gewisse Probleme zu mildern, welche auf asymmetrisch verteilte Informationen zurückzuführen sind. Die Emittenten können aufgrund gewährter indirekter Beteiligungsrechte ihre laufenden Zahlungsverpflichtungen entlasten, indem sie einen tieferen Coupon entrichten.

Damit jedoch das Ausmass der Couponsenkung gegenüber gewöhnlichen Anleihen fair berechnet werden kann, braucht es Bewertungsverfahren, welche den Wert der indirekten Beteiligungsrechte ermitteln.

5.1.1. Optionsanleihen

Die Bewertung von Optionsanleihen konzentriert sich auf die Ermittlung des Optionscheinwertes, während der Wert der Obligation mit dem vereinfachten DCF-Ansatz berechnet wird.

Schulz/Trautmann 1994 haben mit ihrem Modell gezeigt, dass die Vernachlässigung des Verwässerungseffektes von Optionsscheinen, welche „at-the-money“ oder „in-the-money“ liegen, keinen wesentlichen Fehler verursacht. Mit zunehmender Restlaufzeit können auch zunehmend tiefer „out-of-the-money“ liegende Optionsscheine ohne Berücksichtigung der Verwässerung bewertet werden, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen. Unter Beachtung dieser Einschränkungen kann die Bewertung des Optionsscheines mit relativ kleinem Fehler anhand der existierenden Optionsbewertungsmethoden für gewöhnliche Optionen durchgeführt werden. In ihrer Argumentation gehen Schulz/Trautmann 1994 davon aus, dass die „option-like warrant valuation“ sehr präzise ist, falls die potentielle Verwässerung im aktuellen Aktienkurs vorweg genommen wird, der Optionsschein im Geld und das sequentielle Ausüben von amerikanischen Optionsscheinen nicht optimal ist.¹⁴⁸

Die relativen Abweichungen der Modellpreise zum Marktpreis reichen von -0.28% bis $+0.31\%$, weshalb die praktische Anwendung als Bestätigung der Hypothese von Schulz/Trautmann 1994 betrachtet werden kann. Im Falle der APP China Group Ltd.

¹⁴⁸ Vgl. Schulz/Trautmann 1994, S. 843.

Anleihe konnte die Hypothese nicht angewendet werden, weil der Optionsschein „deep-out-of-the-money“ liegt.

5.1.2. Wandelanleihen

Die analytischen Ansätze zur Bewertung von Wandelanleihen gehen von der Black/Scholes-Differentialgleichung aus und lösen diese, nachdem die Randbedingungen der betrachteten Situation entsprechend festgelegt wurden. Für die praktische Anwendung erfordern diese Ansätze ein gutes mathematisches Verständnis.

Das intuitiv leicht verständliche Binomialmodell erlaubt die Einbindung von komplizierten Vertragsbedingungen. In der vorliegenden Arbeit wird das in Hull 2000 beschriebene Binomialmodell vom Verfasser dieser Arbeit in einer Spreadsheet-Lösung realisiert, wobei die Kündigungsoption des Emittenten, das Wandlungsrecht des Investors, in der Zeit variable Kündigungspreise, Couponzahlungen, Dividendenzahlungen und damit die vorzeitige Ausübung des Wandlungsrechts berücksichtigt worden sind.

Die praktische Anwendung hat gezeigt, dass das implementierte Binomialmodell durchaus in der Lage ist, die Wandelanleihe richtig zu bewerten. Allerdings sind dabei folgende Tatsachen zu berücksichtigen:

- Die Volatilität des Basiswertes hat den grössten Einfluss auf die Bewertung und ist deshalb im Binomialmodell die entscheidende Grösse.¹⁴⁹ Die Schätzung der Volatilität darf deshalb nicht unabhängig von der am Bewertungstag herrschenden impliziten Marktvolatilität getroffen werden.
- Die Liquidität des Basiswertes ist ein weiterer wichtiger Parameter, der die Bewertung wesentlich beeinflussen kann. Weil das angewendete Modell diesen Parameter nicht berücksichtigt, konnte in einem Fall, wo der Basiswert sehr illiquide ist, eine Überbewertung der Wandelanleihe gegenüber dem Marktpreis festgestellt werden.

Eine Eigenschaft des Bewertungsmodells für Wandelanleihen verdient eine besondere Erwähnung. Die spezielle Konstruktion des Binomialmodells, welches das Kreditrisiko des Emittenten berücksichtigt, indem sowohl der risikofreie als auch der risikoadjustierte Zinssatz zur Berücksichtigung des Emittentenkreditrisikos in den Bewer-

¹⁴⁹ Vgl. Hope 2000, S.50.

tungsalgorithmus eingehen, erlaubt eine Berechnung des von den Marktteilnehmern für den Emittenten implizit geschätzten Credit Spreads. Dabei wird die im Markt beobachtete implizite Volatilität in das Modell eingesetzt. Aufgrund der Gleichsetzung des Modellpreises mit dem Marktpreis kann der Credit Spread iterativ berechnet werden. „Für die Forschung seien Wandelanleihen ein interessantes Objekt, weil sie zur Bewertung von Kreditrisiken eingesetzt werden könnten und zudem noch wenige Untersuchungen vorlägen, stellte Zimmermann an der Präsentation fest.“¹⁵⁰ In diesem Sinne kann die vorliegende Arbeit als Beitrag zur Bewertung von Kreditrisiken betrachtet werden.

5.2. Allgemeine Beurteilung und Ausblick

Die momentane Situation auf den schweizerischen und amerikanischen Märkten deutet darauf hin, dass die Optionsanleihen nicht mehr gefragt sind. Dieser Trend scheint eine Folge der effizienten Märkte zu sein, die es den Investoren erlauben, Optionsanleihen mittels anderer Instrumente zu replizieren.

Hingegen sind Wandelanleihen nach wie vor gefragt, weil sie aufgrund der komplexen Vertragskonstruktionen weniger leicht zu replizieren sind.

Aus Sicht des Aktieninvestors erlauben Wandelanleihen eine Absicherung gegen Aktienkursverluste, weil sie weniger stark auf die Volatilität der Aktien reagieren und einen Bondfloor aufweisen. Dem Obligationenanleger erlauben die Wandelanleihen eine Partizipation an Aktienkurssteigerungen, wobei sie nicht auf die regelmässigen Couponzahlungen verzichten müssen.

Die Emittenten erhalten mit der Wandelanleihe eine Möglichkeit, die Probleme aufgrund von asymmetrisch verteilten Informationen zu mildern, indem sie den Investoren indirekte Beteiligungsrechte gewähren.

Wandel- und Optionsanleihen ermöglichen den Unternehmungen, ihre Projekte zu finanzieren, ohne ihre laufenden Zahlungsverpflichtungen zu stark zu belasten, indem der Zinscoupon gegenüber von gewöhnlichen Anleihen gesenkt werden kann. Als Entschädigung dafür werden den Investoren Rechte zugestanden, welche eine Beteiligung am zukünftigen Erfolg versprechen.

¹⁵⁰ Kuster 2000, S. 39.

6. Literatur

- Ammann, M./Kind, A./Wilde, C./Zimmermann, H.: Wandelanleihen – Replikation und Einsatz in BVG-Portfolios, Studie des Schweizerischen Instituts für Banken und Finanzen der Universität St. Gallen im Auftrag von Fisch Asset Management AG, Zürich, St. Gallen 2000.
- Auckenthaler, C.: Skript zur Vorlesung Bank VI: Anlagegeschäft, Universität Zürich, Wintersemester 2000/2001.
- Baumol, W. J./Malkiel B. G./Quandt R. E.: The Valuation of Convertible Securities, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 80, 1966, S. 48-59.
- Black, F./Scholes, M.: The Pricing of Options and Corporate Liabilities, in: Journal of Political Economy, Vol. 81, 1973, S. 637-654.
- Brealey, R. A./Myers, S. C.: Principles of Corporate Finance, 6th Edition, Irwin McGraw-Hill, Boston et al. 2000.
- Brennan, M. J./Schwartz, E. S.: Convertible Bonds: Valuation and Optimal Strategies for Call and Conversion, in: Journal of Finance, Vol. 32, 1977, S. 1699-1715.
- Brennan, M. J./Schwartz, E. S.: Analyzing Convertible Bonds, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 15, 1980, S. 907-929.
- Brigham, E. F.: An Analysis of Convertible Debentures: Theory and Some Empirical Evidence, in: Journal of Finance, Vol. 21, 1966, S. 35-54.
- Büttler, H.-J.: Beilagen zur Vorlesung „Derivate Finanzinstrumente“ an der Universität Zürich, Wintersemester 1998/1999.
- Connolly K. B.: Pricing Convertible Bonds, John Wiley & Sons, Chichester et al. 1998.
- Copeland, T. E./Weston, J. F.: Financial Theory and Corporate Policy, 3rd edition, Addison-Wesley, Reading et al. 1992.

-
- Cox, J./Rubinstein, M.: Options Markets, Prentice-Hall, New Jersey 1985.
- Deutsche Morgan Grenfell (Hrsg.): Global Convertibles, An Investors's Guide, London 1997.
- Elschen, R.: Gegenstand und Anwendungsmöglichkeiten der Agency-Theorie, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Jahrgang 43, 1991, S. 1002-1011.
- Fisch Asset Management AG (Hrsg.): Hybrid Fonds als Obligationen in BVG-Portefeuilles, Zürich 2000.
- Gabriel-Schneider, C.: Hunger nach Wandlern, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 181, 7. August 2000a, S. 18.
- Gabriel-Schneider, C.: Wandelanleihen als Absicherung, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 217, 18. September 2000b, S. 28.
- Galai, D./Schneller, M. I.: Pricing of Warrants and the Value of the Firm, in: Journal of Finance, Vol. 33, 1978, S. 1333-1342.
- Generali (Schweiz) Holding (Hrsg.): Emissionsprospekt der 1% Optionsanleihe 1998-2003, Adliswil 22. Juli 1998.
- Generali (Schweiz) Holding (Hrsg.): Emissionsprospekt der 2% Optionsanleihe 2000-2005, Adliswil 16. Mai 2000.
- Georg Fischer AG (Hrsg.): Emissionsprospekt der 1.50% Wandelanleihe 2000-2005, Schaffhausen 20. Januar 2000.
- Hartmann-Wendels, T./Pfungsten, A./Weber, M.: Bankbetriebslehre, Springer, Berlin et al. 1998.
- Hope, A.: Convertibles, Wandelanleihen - neu entdeckt!, Finanz und Wirtschaft AG, Zürich 2000.
- Hull, J. C.: Options, Futures, and other Derivatives, 3rd edition, Prentice Hall International, Upper Saddle River 1997.

-
- Hull, J. C.: Options, Futures, and other Derivatives, 4th edition, Prentice Hall International, Upper Saddle River 2000.
- Ingersoll, J. E.: A Contingent-Claims Valuation of Convertible Securities, in: Journal of Financial Economics, Vol. 4, 1977, S. 289-322.
- Jensen, M.C./ Meckling, W.H.: Theory of the Firm: Managerial Behaviour, Agency Costs and Ownership Structure, in: Journal of Financial Economics, Vol. 3, 1976, S. 305-360.
- Kolb, R. W.: Futures, Options, & Swaps, 2nd edition, Blackwell Publishers, Cambridge 1997.
- Kuster, P.: Wandler verbessern die Rendite von Pensionskassen, in: Finanz und Wirtschaft, Nr. 71, 6. September 2000, S. 39.
- Mayers, D.: Why Firms Issue Convertible Bonds: the Matching of Financial and Real Investment Options, in: Journal of Financial Economics, Vol. 47, 1998, S. 83-102.
- Meggison, W. L.: Corporate Finance Theory, Addison-Wesley, Reading et al. 1997.
- Meier-Hayoz, A./von der Crone, H. C.: Wertpapierrecht, 2. Auflage, Stämpfli, Bern 2000.
- Merton, R. C.: Theory of Rational Option Pricing, in: Bell Journal of Economics and Management Science, Vol. 4, 1973, S. 141-183.
- Nestlé Holdings Inc. (Hrsg.), Emissionsprospekt der 3% Optionsanleihe SWANS 2000-2005, Delaware 5. Mai 2000.
- Perridon, L./Steiner, M.: Finanzwirtschaft der Unternehmung, 10. Auflage, Vahlen, München 1999.
- Ross, S. A./Westerfield, R. W./Jaffe, J.: Corporate Finance, 4th Edition, Irwin, Chicago et al. 1996.
- PricewaterhouseCoopers AG (Hrsg.): Unveröffentlichtes Gutachten zur Fragestellung, wie PricewaterhouseCoopers AG als Revisionsgesellschaft einer Schweizer Pen-

- sionskasse eine Investition in die HYBRID Fonds der Fisch Asset Management AG qualifiziert, Zürich 2000.
- Sandmann, K.: Einführung in die Stochastik der Finanzmärkte, Springer, Berlin et al. 1999.
- Saunders, A.: Financial Institutions Management, A Modern Perspective, Irwin, Burr Ridge et al. 1994.
- Schulz, U./Trautmann, S.: Robustness of Option-Like Warrant Valuation, in: Journal of Banking and Finance, Vol. 18, 1994, S. 841-859.
- Schwartz, E. S.: The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach, in: Journal of Financial Economics, Vol. 4, 1977, S. 79-93.
- Stucki, T.: Die Preisbildung von Optionsscheinen in der Schweiz - Eine empirische Untersuchung, in: Finanzmarkt und Portfolio Management, Nr. 2, 1989, S. 117-131.
- Swisslog Holding AG (Hrsg.): Emissionsprospekt der 2.25% Wandelanleihe 2000-2005, Buchs 21. Juni 2000.
- Tilley, J. A.: Valuing American Options in a Path Simulation Model, in: Society of Actuaries Transactions, Vol. 45, 1993, S. 499-520.
- Tsiveriotis, K./Fernandes, C.: Valuing Convertible Bonds with Credit Risk, in: Journal of Fixed Income, Vol. 8, 1998, S. 95-102.
- Volkart, R.: Finanzmanagement, Beiträge zu Theorie und Praxis, Band I, 6. Auflage, Versus, Zürich 1995.
- Volkart, R.: Optionstheoretische Überlegungen zur Kapitalstrukturgestaltung und zur Kreditfinanzierung, Working Paper Nr. 9, Institut für Schweizerisches Bankwesen der Universität Zürich, Zürich 1998.
- Volkart, R.: Unternehmensbewertung und Akquisitionen, Versus, Zürich 1999.

-
- Zimmermann, H.: Eine Analyse des Couponabschlages bei schweizerischen Optionsanleihen, in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Jahrgang 124, 1988a, S. 405-419.
- Zimmermann, H.: Preisbildung und Risikoanalyse von Aktienoptionen, Rüegger, Grösch 1988b.
- Zimmermann, H.: Corporate Finance und Financial Engineering, in: Gehrig, B./Zimmermann, H.: Fit for Finance, Theorie und Praxis der Kapitalanlage, 5. Auflage, Verlag Neue Züricher Zeitung, Zürich 1999.
- Zwyssig, M.: Pricing von Options- und Wandelanleihen aus finanzwirtschaftlicher Sicht, Analyse und Beurteilung der Pricing-Möglichkeiten bei inländischen Options- und Wandelanleihen, Paul Haupt, Bern et al. 1993.

7. Verzeichnis der Gesprächspartner

Andreski, Jeffrey: Credit Suisse First Boston, Director Convertible Arbitrage Trading, 12. und 13. Dezember 2000.

Conway, Mark: Credit Suisse First Boston, Vice President Convertible Departement Research Europe, 30. Oktober und 6. Dezember 2000.

Downer, Matthew: Credit Suisse First Boston, Vice President Convertible Trading, 11. Dezember 2000.

Fisch, Pius: Fisch Asset Management, Geschäftsleitung, 15. Dezember 2000.

Gualdani, Mauro: Credit Suisse First Boston, Vice President Convertible Department Sales, laufend.

Hess, Marcel: Fisch Asset Management, Geschäftsleitung, 16. Oktober und 15. Dezember 2000.

Huber, Marcel: Credit Suisse First Boston, Director Swiss Syndication, 7. Dezember 2000.

Jaggi, Martin: Credit Suisse First Boston, Director Equity Capital Markets Switzerland, 6. Oktober und 13. Dezember 2000.

Milewski, Damian: Credit Suisse First Boston, Convertible Department Sales, 19. Dezember 2000.

Müller, Etan: Credit Suisse First Boston, Director Convertible Department Sales, laufend.

Stucki, Steven J.: Credit Suisse First Boston, Vice President Equity Capital Market Syndicate, 6. Oktober 2000.

Thoma, Beat: Fisch Asset Management, Manager Wandelanleihen, 16. Oktober 2000.

Weir, Rob: Credit Suisse First Boston, Vice President Convertible Departement Research Europe, 30. Oktober und 12. November 2000.