

# **WANDELANLEIHEN – REPLIKATION UND EINSATZ IN BVG-PORTFOLIOS**

Manuel Ammann, Axel Kind, Christian Wilde, Heinz Zimmermann

18. Mai 2000

Eine Studie des Schweizerischen Instituts für Banken und Finanzen der

Universität St.Gallen

im Auftrag von

Fisch Asset Management AG, Zürich

# **EXECUTIVE SUMMARY**

## **REPLIKATION VON WANDELANLEIHEN**

Wandelanleihen sind hybride Finanzinstrumente mit Bond- und Aktiencharakter. Dieser Teil der Studie untersucht, ob Wandelanleihen ähnlich der Replikation von Optionen mit einer dynamischen Handelsstrategie bestehend aus Aktien und Bonds repliziert werden können. Zwei verschiedene Bewertungsmodelle liegen den Replikationsstudien zugrunde. Als erstes wird ein Baustein-Modell verwendet, das die Wandelanleihe in einen Optionsteil und einen Bondteil aufteilt. Die Option wird mit der Standardmethode aus der Optionstheorie repliziert. Dieser Ansatz erweist sich aus theoretischer und empirischer Sicht als problematisch. Häufige Kontraktsspezifikationen wie beispielsweise implizite Optionen verunmöglichen eine sinnvolle Trennung in Options- und Bondteil. Empirisch erweist sich dieser Ansatz ebenfalls als wenig erfolgreich. Als zweiter Ansatz wird deshalb ein monolithisches Modell verwendet, in dem Bond- und Optionsteil gleichzeitig bewertet werden. Damit ist zumindest aus theoretischer Sicht eine Replikation grundsätzlich möglich, in der Praxis ergeben sich allerdings auch hier zahlreiche Schwierigkeiten. Die bisweilen sehr komplexen Vertragsbedingungen von Wandelanleihen, beispielsweise implizite Optionen und Kündigungsrechte, erschweren auch hier die Modellierung. Zum anderen behindern oft Unvollständigkeit und Illiquidität der Märkte die Replikation. Beispielsweise wird am Kapitalmarkt nur in Ausnahmefällen neben der Wandelanleihe ein nicht wandelbarer Bond gehandelt mit ähnlicher Auszahlungsstruktur. Für die Replikation muss deshalb in der Regel ein anderer Bond derselben Gesellschaft und oft gar ein Bond eines anderen Schuldners oder ein anderes Zinsinstrument eingesetzt werden, mit entsprechender Auswirkung auf die Genauigkeit der Replikation in Bezug auf Zins- und insbesondere Kreditrisiken. Auch wenn für Replikationszwecke geeignete nicht wandelbare Bonds vorhanden sind, besteht die Gefahr, dass sie wegen unzureichender Liquidität nicht und nur beschränkt für die Replikation eingesetzt werden können. All diese Replikationsprobleme erhöhen das Risiko eines signifikanten Replikationsfehlers. An Beispielen zeigen wir auf, wie sich solche Ungenauigkeiten auf den Erfolg einer Replikationsstrategie auswirken. Wir kommen zu dem Schluss, dass die Replikation von Wandelanleihen zwar grundsätzlich in der Praxis möglich ist, falls bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind, dass aber in den meisten Fällen die Replikation nur eine sehr beschränkte Genauigkeit erreicht. Ob das Replikationsrestisiko in Kauf genommen werden kann, hängt unter anderem von der Anwendung ab.

## WANDELANLEIHEN IN BVG-PORTFOLIOS

Diese Teilstudie beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob sich mit der Aufnahme von Wandelanleihen in Pensionskassenportfolios eine Verbesserung im Risiko-Rendite-Diagramm erzielen lässt. Der Untersuchungszeitraum reicht vom 1.1.1994 bis zum 1.2.2000. Für diesen Zeitraum kann festgestellt werden, dass Renditen und Volatilitäten bei Wandelanleihen geringer waren als bei Aktien, aber höher als bei Bonds. Dies entspricht dem hybriden Charakter von Wandelanleihen. Das Anlageuniversum ohne Wandelanleihen bestand aus Indizes für globale Aktien, globale Staatsanleihen, Schweizer Aktien und Schweizer Anleihen. Dazu kam ein globaler Wandelanleihe-Index, ein globaler Wandelanleihe Index mit at-the-money Wandelanleihen und ein Index für schweizerische Wandelanleihen.

Wir untersuchten zwei verschiedene Arten von Pensionskassen-Portfolios. Die erste Art von Portfolios unterliegt den Anlagerestriktionen in Bezug auf die Portfoliogewichte einzelner Anlagekategorien des Art. 54 BVV 2. Die zweite Art ist keinen solchen Restriktionen unterworfen. Wir gehen aber immer davon aus, dass keine Short-Positionen und keine Kreditaufnahmen zur Erzeugung einer Hebelwirkung möglich sind.

Bei den Portfolios *mit Restriktion* zeigt sich, dass im Untersuchungszeitraum höhere Rendite-Risiko-Kombinationen nur mit der Aufnahme von Wandelanleihen erzeugt werden konnten. Insbesondere für risikofähige Pensionskassen kann es darum unter Umständen sinnvoll sein, einen Teil der Bondpositionen mit Wandelanleihen zu ersetzen.

Für Portfolios *ohne Restriktionen* konnte die Beifügung von Wandelanleihen die Position im Rendite-Risiko-Diagramm leicht verbessern. In diesem Falle enthielten die optimierten Portfolios immer Wandelanleihen. Wandelanleihen vermochten also im Untersuchungszeitraum immer einen Beitrag zur Diversifikation des Portfolios zu leisten. Diese Aussage ist aber nur für den allgemeinen globalen Wandelanleihen-Index gültig. Sowohl der at-the-money Index als auch der Index bestehend aus schweizerischen Wandelanleihen war nicht Bestandteil der effizienten Portfolios. Im Falle des restringierten Portfolios waren aber auch diese Indizes Bestandteil von effizienten Portfolios, aber nur für bestimmte Rendite-Risiko-Kombinationen.

Wenn auch aufgrund einer ex-post Portfolio-Optimierung für einen bestimmten Zeitraum nicht auf die optimalen Portfolio-Gewichtung zu einem späteren Zeitpunkt geschlossen werden kann, so liefert diese Untersuchung trotzdem Anzeichen dafür, dass in bestimmten Fällen die Aufnahme von Wandelanleihen die Rendite-Risiko-Struktur eines Portfolios verbessern kann.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>INHALT DER STUDIE .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>FUNKTIONSWEISE VON WANDELANLEIHEN.....</b>	<b>7</b>
2.1	INSTRUMENT .....	7
2.2	WANDLUNG.....	7
2.3	IMPLIZITE OPTIONEN .....	8
2.4	FORCED CONVERSION .....	8
2.5	RANGIGKEIT .....	9
2.6	VARIANTEN .....	9
2.7	PAYOFF-STRUKTUR.....	10
<b>3</b>	<b>REPLIKATION VON WANDELANLEIHEN MIT ZINSINSTRUMENTEN UND AKTIEN .....</b>	<b>11</b>
3.1	ZIEL UND VORGEHEN BEI DER REPLIKATION .....	11
3.2	KOMPONENTEN-METHODE.....	13
3.3	RESULTATE.....	16
3.4	MONOLITHISCHER ANSATZ .....	21
3.5	RESULTATE.....	23
3.6	PROBLEME BEI DER REPLIKATION .....	32
3.7	VERBESSERUNG DER REPLIKATION .....	32
3.8	FAZIT: REPLIKATION VON WANDELANLEIHEN .....	33
<b>4</b>	<b>WANDELANLEIHEN FÜR BVG-PORTFOLIOS .....</b>	<b>35</b>
4.1	RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE.....	35
4.2	ANALYSE VON WANDELANLEIHEN .....	37
4.3	PORTFOLIOOPTIMIERUNG .....	45
4.4	DISKUSSION DER PORTFOLIO-OPTIMIERUNG .....	51
4.5	FAZIT: WANDELANLEIHEN FÜR PENSIONS KASSEN .....	52
<b>5</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>54</b>
5.1	ERLÄUTERUNGEN ZUR DYNAMISCHE REPLIKATION.....	54
5.2	TABELLEN DER EFFIZIENTEN PORTFOLIOS .....	60

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Mittelwert, Volatilität und Sharpe-Ratio in der Untersuchungsperiode.....	39
Tabelle 2: 1. Subperiode (2/1994 bis 2/1997) .....	41
Tabelle 3: 2. Subperiode (2/1997 bis 1/2000) .....	42
Tabelle 4: Durchschnittliche Korrelationen von 2/1994 bis 1/2000 .....	42
Tabelle 5: Durchschnittliche Korrelationen in der 1. Subperiode (2/1994 bis 2/1997) .....	43
Tabelle 6: Durchschnittliche Korrelationen in der 2. Subperiode (2/1997 bis 1/2000) .....	43
Tabelle 7: Dynamische Replikation einer Call-Option mit täglicher Portfolioumschichtung .	57
Tabelle 8: Dynamische Replikation einer Call-Option mit wöchentlicher Portfolioumschichtung .....	58
Tabelle 9: Ohne Restriktionen; 4 Indizes, keine Wandelanleihen .....	60
Tabelle 10: Mit Restriktionen; 4 Indizes, keine Wandelanleihen .....	61
Tabelle 11: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla.....	61
Tabelle 12: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla.....	61
Tabelle 13: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR ATM.....	62
Tabelle 14: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR ATM.....	62
Tabelle 15: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR Vanilla .....	62
Tabelle 16: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR Vanilla .....	63
Tabelle 17: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR ATM .....	63
Tabelle 18: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR ATM.....	63

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 3-1: SAir Wandelanleihe Komponentenmethode .....	17
Abbildung 3-2: SAir Bewertungsfehler .....	18
Abbildung 3-3: SAir Replikationsfehler Komponentenmethode.....	18
Abbildung 3-4: SAir Wandelanleihe .....	23
Abbildung 3-5: SAir Wandelanleihe (ohne Call) .....	24
Abbildung 3-6: SAir Bewertungsfehler .....	24
Abbildung 3-7: SAir Replikationsfehler .....	26
Abbildung 3-8: Motorola Wandelanleihe .....	27
Abbildung 3-9: Motorola Bewertungsfehler .....	27
Abbildung 3-10: Motorola Replikationsfehler .....	28
Abbildung 3-11: Nestlé Wandelanleihe.....	30
Abbildung 3-12: Nestlé Wandelanleihe (ohne Call) .....	30
Abbildung 3-13: Nestlé Bewertungsfehler .....	31
Abbildung 3-14: Nestlé Replikationsfehler .....	31
Abbildung 4-1: Lage der Indizes im Mean-Variance-Diagramm .....	41
Abbildung 4-2: Keine Restriktionen; 4 Indizes .....	46
Abbildung 4-3: Mit Restriktionen; 4 Indizes.....	47
Abbildung 4-4: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla .....	48
Abbildung 4-5: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz und WDR ATM.....	50

# **1 INHALT DER STUDIE**

Diese Studie unterteilt sich in drei Themenbereiche. Im ersten einführenden Teil wird die Funktionsweise von Wandelanleihen kurz erläutert. Im Anschluss daran werden die Möglichkeiten der Replikation von Wandelanleihen beschrieben und die Praktikabilität der Umsetzung untersucht. Im dritten Teil werden die Implikationen der Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV 2) für Wandelanleihen in BVG-Portfolios untersucht.

## **2 FUNKTIONSWEISE VON WANDELANLEIHEN**

### ***2.1 Instrument***

Eine Wandelanleihe ist ein Wertpapier, das einen Zinsertrag abwirft und zusätzlich die Option beinhaltet, die Anleihe in Aktien des emittierenden Unternehmens zu tauschen. Bei der Wandlung fällt das Anrecht auf den Coupon weg. Wandelanleihen werden in der Regel von Aktiengesellschaften ausgegeben, wobei das Wandelrecht auf die Aktien des Unternehmens lauten. Die Emission einer Wandelanleihe ist in der Regel mit einer bedingten Kapitalerhöhung verbunden, um Aktien für eine Wandlung zur Verfügung zu stellen. Zum Zeitpunkt der Emission ist nicht bekannt, ob es zu einer Wandlung kommt und somit das Eigenkapital des Unternehmens steigt, oder ob der Nominalwert bei Fälligkeit zurückgezahlt wird. Es kommt aber auch vor, dass ein Unternehmen eine Wandelanleihe ausgibt, deren Wandelrecht auf Aktien einer Drittunternehmung lauten.

### ***2.2 Wandlung***

In den meisten Fällen sind die Emissionsverträge von Wandelanleihen so ausgestaltet, dass bei der Wandlung für den Nominalwert der Wandelanleihen gemäss einem vorher spezifizierten Umtauschverhältnis eine bestimmte Anzahl Aktien bezogen werden kann, im Austausch für die Anleihe. In der Regel finden bei der Wandlung keine Zahlungsströme statt. Zuweilen sieht der Kontrakt aber auch eine Zahlung vor, wobei diese Ausgleichszahlung meist als Rundungszahlung dient, damit für eine Wandelanleihe eine ganze Anzahl Aktien bezogen werden kann. Es kann eine Zahlung des Schuldners an den Gläubiger oder umge-

kehrt sein.

Die Kontraktsspezifikationen können vorsehen, dass die Wandlung nur während einer gewissen Zeit und nicht während der ganzen Laufzeit der Anleihe möglich ist.

### **2.3 Implizite Optionen**

In den Emissionsverträgen ist häufig die Möglichkeit einer frühzeitigen Kündigung vorgesehen. Dieses Recht kann dem Emittenten der Wandelanleihe (Calloption), dem Inhaber der Wandelanleihe (Putoption) oder auch beiden zustehen. Bei vorzeitiger Kündigung wird die Anleihe gegen die Zahlung eines bestimmten Betrags durch den Schuldner zurückgegeben. Weitere Zinszahlungen fallen nach Kündigung nicht mehr an. Der Kurs, zu dem eine Rückgabemöglichkeit besteht, wird vorher vereinbart – in der Regel in Prozent des Nominalbetrags der Anleihe, wobei dieser Prozentsatz vom Zeitpunkt der Kündigung abhängig sein kann. Zusätzlich können zeitliche Beschränkungen für die Kündigungsmöglichkeit vorgesehen sein.

Da diese Möglichkeit ein Recht, aber keine Pflicht darstellt, hat sie einen Wert für die betreffende Seite. Der Wert dieser impliziten Option schlägt sich darin nieder, dass eine solche Wandelanleihe einen anderen Preis hat als eine andere Wandelanleihe mit ansonsten vergleichbaren Eigenschaften, aber ohne dieses Recht. Je nachdem, ob der Emittent oder der Inhaber das Recht zur vorzeitigen Kündigung hat, ist der Preis der Wandelanleihe tiefer bzw. höher.

### **2.4 Forced Conversion**

Die Kündigungsmöglichkeit des Emittenten ist so ausgestaltet, dass dem Inhaber der Wandelanleihe bei erfolgter Kündigung noch die Möglichkeit zusteht, die Anleihe zu wandeln. Dieser wird genau dann von diesem Recht Gebrauch machen, wenn der Wert der zu erhaltenden Aktien aus Wandlung höher ist als der Preis, zu dem die Anleihe gekündigt wird. In anderen Worten, die sogenannte Parität der Wandelanleihe muss höher liegen als der Kündigungspreis. Indem sie von ihrem vorzeitigen Kündigungsrecht Gebrauch machen, wenn die Wandelanleihe tief „im Geld“ liegt, können Emittenten die Wandlung erzwingen. In diesem Zusammenhang wird von „forced conversion“ gesprochen. Auch dieses Recht seitens des Emittenten hat einen Wert, der zu einem niedrigeren Preis der Wandelanleihe führt. Oft sehen die

Kontraktsspezifikationen vor, dass die Parität der Anleihe für eine gewisse Zeit über einem bestimmten Wert zu liegen hat, bevor der Emittent sein Kündigungsrecht wahrnehmen kann. Zudem beginnt das Kündigungsrecht des Emittenten meist nicht unmittelbar nach Emission der Anleihe, sondern erst nach einer gewissen Zeit. Dass das Kündigungsrecht an bestimmte Zeitpunkte und Paritätsbedingungen gebunden sein kann, erschwert die Bewertung einer derartigen Wandelanleihe. Das Recht, die Wandlung zu erzwingen, wird gelegentlich – ähnlich einem normalen Kündigungsrecht bei einem Straight Bond – als Calloption bezeichnet. Forced Conversion ist allerdings nicht eine echte Calloption zugunsten des Emittenten, da der Inhaber der Wandelanleihe bei Ausübung nur einen allfälligen Zeitwert der „Calloption“ verliert – bei einer echten Option geht ein Payoff von der Short-Partei an die Long-Partei – aber für seine Anleihe den vollen Paritätswert erhält und nicht nur einen im voraus vereinbarten, fixen Ausübungspreis.

## **2.5 Rangigkeit**

Gelegentlich haben Wandelanleihen eine tiefere Priorität im Konkursfall als die emittierten Obligationen desselben Unternehmens. Bei solchen nachrangigen Wandelanleihen kommen die Wandelobligationäre erst dann in den Genuss einer Konkursdividende, wenn die Ansprüche von nicht-nachrangigen Forderungen vollständig befriedigt sind. Allerdings kommt es bei Umschuldungsverhandlungen häufig zu einem anderen Ausgang. Nachrangigkeit erschwert die Bewertung der Wandelanleihe, da ein zusätzliches Kreditrisiko modelliert werden muss und dafür oft keine Marktpreise zur Kalibrierung vorhanden sind.

## **2.6 Varianten**

Zuweilen sind Wandelanleihen nicht in Aktien der emittierenden Unternehmung, sondern in Aktien einer Drittpartei wandelbar.

Lautet die Anleihe auf eine andere Währung als die Aktie, spricht man von Cross-Currency Wandelanleihen. Bei diesen Anleihen hat die Korrelation zwischen Wechselkurs und Aktienkurs einen Einfluss auf den Preis der Wandelanleihe.

## **2.7 Payoff-Struktur**

Eine Wandelanleihe weist eine konvexe Payoffstruktur auf: bei Gewinnen durch steigende Aktienkurse kann durch die Wandlung der Anleihe partizipiert werden. An Verlusten durch fallende Aktienkurse muss jedoch nur in beschränktem Ausmass partizipiert werden, da auf eine Wandlung verzichtet und die Anleihe als Straight Bond weitergeführt werden kann. Eine Wandelanleihe kann also als Portfolio bestehend aus einem Corporate Bond und einer Option auf die Aktien der Unternehmung betrachtet werden. Wird die Anleihe gewandelt, erhält der Inhaber Aktien im Austausch für den Bond. Der Preis des Corporate Bondes ist bei dieser Betrachtung als Ausübungspreis der Option zu interpretieren. Der Bondanteil der Wandelanleihe kann in gewisser Weise als Kapitalschutz betrachtet werden, wenn auch dieser Schutz nicht vollständig und nicht konstant über die Zeit ist, da der Bondpreis von Zinssätzen und Kreditrisiko abhängt.

Im folgenden wird eine Wandelanleihe als „im Geld“ oder „in-the-money“ bezeichnet, wenn sie gewandelt würde, falls im Betrachtungszeitpunkt der Verfall oder die Kündigung einträte. Entsprechend ist eine Wandelanleihe „aus dem Geld“ oder „out-of-the-money“, wenn sie nicht gewandelt würde. „Am Geld“ oder „at-the-money“ ist der Punkt zwischen den Bereichen „im Geld“ und „aus dem Geld“.

## **3 REPLIKATION VON WANDELANLEIHEN MIT ZINSINSTRUMENTEN UND AKTIEN**

### **3.1 Ziel und Vorgehen bei der Replikation**

#### **FUNKTIONSWEISE DER REPLIKATION**

Allgemein wird unter Replikation die Nachbildung eines Wertpapiers durch ein Portfolio aus anderen am Kapitalmarkt gehandelten Wertpapieren verstanden. Idealerweise hat das Replikationsportfolio genau die gleiche Wertentwicklung wie das zugrundeliegende Wertpapier. In diesem Fall gibt es keinen Fehler bei der Nachbildung (tracking error). Wenn ein solches perfektes Replikationsportfolio existiert und zu geringen Transaktionskosten gebildet werden kann, dann darf sich der Wert dieses Portfolios nicht von dem Wert des zugrundeliegenden Wertpapiers unterscheiden. Ansonsten besteht die Möglichkeit der Arbitrage, d.h. eines risikolosen Gewinns. Replikation und Bewertung von Finanzprodukten sind somit eng miteinander verbunden. In liquiden Märkten bestimmt die günstigste Replikation den Preis. Anhang 5.1. enthält eine ausführlichere Beschreibung der dynamischen Replikation von derivativen Finanzinstrumenten.

#### **SINN DER REPLIKATION**

Ein Investor kann einen bestimmten, gewünschten Auszahlungsstrom mittels Replikation mit anderen Finanzinstrumenten herstellen, soweit geeignete Instrumente verfügbar sind. Eine Replikation macht dann Sinn, wenn das gewünschte Instrument nicht bzw. nur mit zusätzlichen Kosten erhältlich ist. Im ersten Fall wird ein Finanzinstrument hergestellt, dessen Payoff-Struktur bisher nicht verfügbar war (Marktvervollständigung). Im zweiten Fall führt die günstigere Nachbildung eines Finanzinstrumentes über Arbitragegeschäfte zu einer Anpassung der Preisstruktur am Markt in Richtung konsistenter Preise (Effizienzsteigerung). Replikation dient so entweder der Vervollständigung oder der Effizienzsteigerung des Marktes.

#### **GRÜNDE FÜR DIE REPLIKATION VON WANDELANLEIHEN**

Im Falle von Wandelanleihen kann die Replikation dazu dienen, illiquide Titel nachzubilden oder nicht vorhandene Wandelanleihen synthetisch herzustellen. In der Tat sind viele am Markt gehandelte Wandelanleihen nicht sehr liquide. Einerseits machen Wandelanleihen oft nur einen kleinen Teil des marktgängigen Eigen- und Fremdkapitals von Unternehmungen

aus, falls überhaupt Wandelanleihen ausstehend sind. Häufig sind Aktien und und manchmal auch Obligationen des gleichen Unternehmens liquider, so dass sich in einigen Fällen eine Replikation der Wandelanleihen anbietet. Auch gibt es aufgrund der geringen Anzahl von Wandelanleihen nur sehr wenig Auswahl betreffend der Wertpapiereigenschaften, wie z.B. unterschiedliche Fälligkeitszeitpunkte, Coupons etc. Eine Replikation von Wandelanleihen mit Hilfe von Aktien und Obligationen hat daher das Potenzial, synthetisch Wandelanleihen zu kreieren, die es am Markt gar nicht gibt. Das heisst, das Replikationsportfolio hätte die gleiche Wertentwicklung und die gleichen Eigenschaften wie eine echte Wandelanleihe, unabhängig davon, ob diese tatsächlich existiert oder nicht. Zu beachten sind allerdings die Transaktionskosten, die sich aus einer dynamischen Replikationsstrategie ergeben.

Der zweite Grund für die Replikation von Wandelanleihen ist die sogenannte Convertible Bond Arbitrage. Bei einer Arbitrage-Strategie wird in einer falsch bewerteten Wandelanleihe eine Position eingegangen. Gleichzeitig wird eine entgegengesetzte Position in der replizierenden Strategie aufgebaut. Die replizierende Position dient dabei als Absicherung, so dass ein risikoloser oder nahezu risikoloser Gewinn anfällt.

#### **HINDERNISSE FÜR DIE REPLIKATION**

In den meisten Märkten wird die Replikation erschwert durch Transaktionskosten, Illiquidität, Steuerfolgen von Transaktionen und Nicht-Handelbarkeit der entsprechenden Produkte. Diese Probleme sind bei der Replikation von Wandelanleihen manchmal besonders ausgeprägt. Eine Wandelanleihe ist ein komplexes Finanzprodukt, dessen Preis von mehreren Faktoren abhängt. Einerseits ist eine Wandelanleihe ein Corporate Bond und somit nicht nur von der aktuellen kreditrisikofreien Zinsstruktur am Markt abhängig, sondern auch vom Kreditrisiko der ausgebenden Firma. Erschwerend kommt bei manchen Wandelanleihen noch Nachrangigkeit hinzu. Andererseits enthält eine Wandelanleihe eine Option auf die Aktie der Unternehmung (oder einer anderen Unternehmung). Der Wert einer Wandelanleihe wird somit von einer Aktienkomponente, einer Zinskomponente und einer Kreditrisikokomponente bestimmt. Dazu kommt als preisbeeinflussender Faktor die Volatilitäts- und Korrelationsstruktur dieser Komponenten.

Ziel dieser Untersuchung ist es, zu eruieren, ob Wandelanleihen mit angemessener Genauigkeit und vertretbarem Modellierungsaufwand repliziert werden können. Transaktionskosten wurden dabei gänzlich ausser Acht gelassen. Bei dynamischen replizierenden Strategien

können insbesondere in illiquiden Märkten Transaktionskosten (inkl. Bid-Ask Spreads) die Güte der Replikation deutlich verschlechtern oder eine Replikation gar unpraktikabel erscheinen lassen. Diese Zusatzkosten gilt es im Auge zu behalten, wenn eine synthetische Herstellung von Wandelanleihen in Betracht gezogen wird.

#### **VORGEHEN**

Replikation und Bewertung eines Finanzproduktes hängen eng zusammen. Einerseits liefert eine Replikationsstrategie einen Preis für das Produkt, andererseits folgt aus einem arbitragebasierten Bewertungsmodell eine Replikationsstrategie. Im folgenden werden zwei Arbitrage-Bewertungsmodelle benutzt, um Wandelanleihen zu bewerten und replizierende Strategien herzuleiten.

### **3.2 Komponenten-Methode**

#### **FUNKTIONSWEISE**

Der einfachste Ansatz zur Bewertung und Replikation von Wandelanleihen ist die Komponenten-Methode. Sie entspricht einem Baustein-Ansatz: Das Produkt – in diesem Fall die Wandelanleihe – wird in Einzelkomponenten aufgetrennt. Im Anschluss daran können die Einzelkomponenten getrennt bewertet und repliziert werden. Durch eine einfache Zusammensetzung der Einzelkomponenten erhält man den Wert der Wandelanleihe. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass es Standardverfahren für die Bewertung der Einzelkomponenten gibt.

Bei der einfachen Komponenten-Methode der Replikation werden Wandelanleihen als eine Summe aus einer Obligation des betreffenden Unternehmens und einer Calloption auf die Aktie des Unternehmens betrachtet. Das grundsätzliche Vorgehen zur Bewertung der beiden Komponenten wird im folgenden dargestellt.

#### **BEWERTUNG UND REPLIKATION DER BONDKOMPONENTE**

Die Replikation mit der einfachen Komponentenmethode kann in zwei Varianten durchgeführt, indem zwei verschiedene Ansätze zur Bewertung der Bondkomponente verwendet werden.

1. Bei der ersten Variante nimmt man eine vergleichbare Obligation desselben Unter-

nehmens, die am Markt gehandelt wird. Der Vorteil dieser Variante ist, dass die beobachtete Obligation – sofern verfügbar – dieselben Krediteigenschaften hat, da es sich um dasselbe Unternehmen mit einer bestimmten Bonität handelt. Dies gilt allerdings nur eingeschränkt. Erstens können Wandelanleihe und Obligation eine unterschiedliche Rangigkeit haben. Zweitens kann die Coupon-Höhe unterschiedlich sein und so die Zins- und Kreditrisikoexposition im Zeitablauf variieren. Drittens können Wandelanleihe und Obligation zusätzliche unterschiedliche derivative Eigenschaften haben, wie z.B. die Möglichkeit einer vorzeitigen Kündigung. Solche Unterschiede haben zur Folge, dass die einfache Addition der beiden Komponenten zu Bewertungsfehlern führen kann. Gibt es auf dem Markt keine Obligationen mit gleicher Fälligkeit bzw. gleichem Coupon wie die gewünschte Wandelanleihe, dann kann eine beliebige Obligation des Unternehmens mit ansonsten gleichen Eigenschaften genommen werden. Zur Anpassung wird ein Duration-Hedge durchgeführt. Eine Replikation auf dieser Grundlage ist immer mit einem Basisrisiko behaftet. Die Höhe dieses Basisrisikos bestimmt, mit wieviel Trackingrisiko eine Replikationsstrategie behaftet ist.

2. Alternativ kann eine zweite Variante angewandt werden, wenn es keine vergleichbare Obligation auf dem Markt gibt. Dabei wird die synthetische Wandelanleihe ebenfalls durch eine Summe aus Obligation und Calloption hergestellt, wobei die Obligation mit der risikolosen Verzinsung modelliert wird. Der Bondteil wird aufgrund der gegebenen Fristenstruktur bewertet. Hierbei kann der Anleihenteil der Wandelanleihe mit seinen Eigenschaften (Couponhöhe, Fälligkeit, Zinstermine etc.) exakt nachgebildet werden. Diese Variante nimmt an, dass am Markt ein Zinsinstrument erhältlich ist, welches den Anforderungen exakt entspricht. Die heutige Stand der Entwicklung des derivativen Fixed Income Marktes lässt diese Annahme durchaus nicht abwegig erscheinen. Allerdings wird bei dieser Variante das Kreditrisiko nicht korrekt abgebildet und muss zusätzlich modelliert werden.

In diesem Abschnitt wird die erste Variante, also die Replikation des Bondteils der Wandelanleihe mit einer ähnlichen Obligation des gleichen Schuldners gewählt. Im nächsten Abschnitt wird der zweiten Methode den Vorzug gegeben. Bei der ersten Variante stellte sich das Problem, dass es insbesondere auf dem schweizerischen Markt nur sehr wenige Unternehmen gibt, bei denen sowohl liquide Wandelanleihen als auch liquide Obligationen verfügbar sind.

Dies spricht einerseits dafür, Wandelanleihen zu replizieren, d.h. synthetisch herzustellen. Andererseits gibt es kaum Möglichkeiten, die Güte der durchgeführten Replikation mit Marktdaten zu überprüfen. Wesentlich wäre eine solche Überprüfung aber vor allem in bezug auf die korrekte Modellierung des Kreditrisikos.

#### **BEWERTUNG UND REPLIKATION DER AKTIENKOMPONENTE**

Der Optionsteil wird in dieser Studie mit der Optionsbewertungsmodell nach Black und Scholes (1973) bewertet. Dabei entspricht der Ausübungspreis dem Terminkurs des Bondteils am voraussichtlichen Wandlungszeitpunkt. Das Bewertungsmodell wird implementiert mit einem Binomialbaum gemäss Cox, Ross und Rubinstein (1976). Der Binomialbaum besteht in dieser Studie jeweils aus 100 Baumschritten.

#### **LIQUIDITÄTSPROBLEME**

Bei unseren Untersuchungen stiessen wir auf das Problem, dass es auf dem schweizerischen Markt nur sehr wenige Unternehmen gibt, bei denen sowohl liquide Wandelanleihen als auch liquide Obligationen verfügbar sind. Dies spricht einerseits dafür, Wandelanleihen zu replizieren. Andererseits gibt es kaum Möglichkeiten, die Güte der durchgeführten Replikation mit Marktdaten zu überprüfen. Wesentlich wäre eine solche Überprüfung vor allem in bezug auf die korrekte Modellierung des Kreditrisikos.

#### **VOLATILITÄTEN**

Ein entscheidender Modellinput für Optionspreismodelle ist die Volatilitätsstruktur. In den folgenden Beispielen wird eine historische Volatilität benutzt. Die Volatilitäten werden mit einjährigen rollierenden Fenstern berechnet.

#### **DIVIDENDEN**

In dieser Studie wurde angenommen, dass die Basiswert-Aktien keine Dividenden bezahlen. Dividendenzahlungen benachteiligen den Halter von Wandelanleihen insofern, als kein Anrecht auf die Dividende besteht, solange die Anleihe nicht gewandelt ist. Die Nichtberücksichtigung von Dividenden im Modell kann deshalb dazu führen, dass der Modellpreis den tatsächlichen Wert überschätzt.

### **3.3 Resultate**

Dieser Abschnitt zeigt die Resultate der Bewertung und Replikation mit dem Komponentenmodell. Der bei der Replikation entstehende Fehler wird mit zwei Graphiken veranschaulicht. Die eine Graphik enthält den Bewertungsfehler, der sich in der Güte der Replikation niederschlägt. Die zweite Graphik enthält den eigentlichen Replikationsfehler. Der eigentliche Replikationsfehler und der Bewertungsfehler bestimmen zusammen den gesamten Replikationsfehler.

#### **DATEN**

Die Replikation wurde für eine Wandelanleihe der SAir Group durchgeführt (Valorenummer: 917304). Die Wandelanleihe der SAir Group wurde 1998 begeben und hat eine Laufzeit bis 2005. Sie ist in Schweizer Franken begeben und hat einen Coupon von 1/8%. Die Wandelanleihe ist vorzeitig kündbar, allerdings erst ab dem Jahr 2000. Die verwendeten Daten in dieser Untersuchung stammen alle von Datastream.

Die Bewertungen und Replikationen basieren auf Tagesdaten. Dies bedeutet, dass die Replikation nicht mit tatsächlich verfügbaren Marktpreisen durchgeführt wird, sondern mit Tageschlusskursen. Bei illiquiden Titeln bedeutet dies, dass der Tageskurs nicht notwendigerweise vom Tagesende stammen muss. Preise von Wandelanleihen und von replizierten Portfolios basieren folglich unter Umständen auf Kursen, die zu verschiedenen Zeiten bezahlt worden sind. Dies stellt aber insofern eine realistische Situation dar, als in illiquiden Märkten zwei Assets in der Regel nicht gleichzeitig gehandelt werden können.

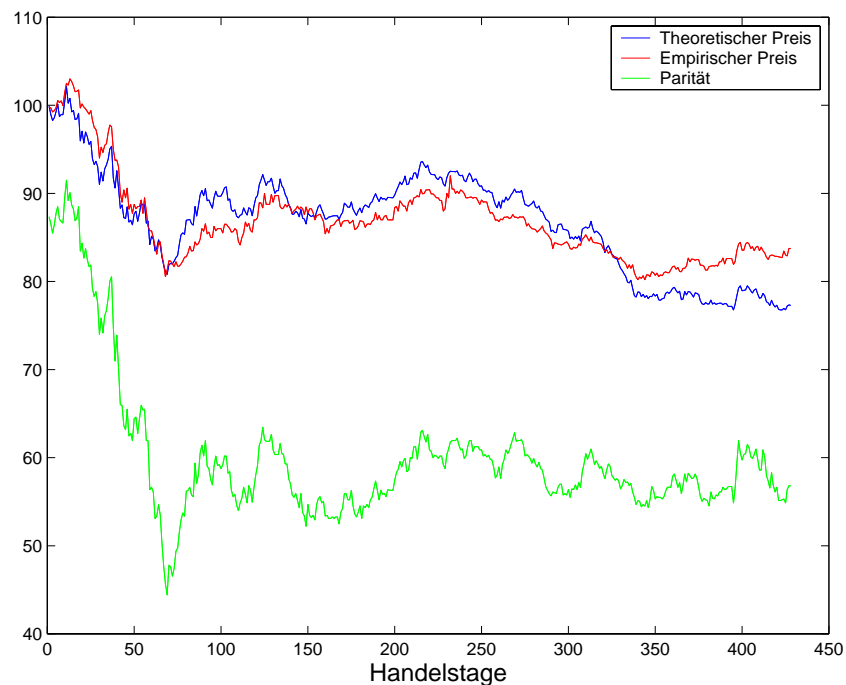
SAir ist eines der wenigen Schweizer Unternehmen, von denen sowohl eine einigermaßen liquide Wandelanleihe wie auch liquide Obligationen am Kapitalmarkt zur Verfügung stehen. Die SAir Wandelanleihe eignet sich deshalb gut für das folgende Beispiel, welches auf der Replikation des Bondteiles mit Hilfe eines Straight Bonds derselben Gesellschaft beruht. Die Wahl der Obligation von Swissair fiel auf die 2.75% Optionsanleihe ex warrant mit Fälligkeit 30.7.2004. Die ähnliche Laufzeit und der im Vergleich mit anderen Obligationen niedrige Coupon halten das Basisrisiko des Duration-Hedges relativ gering.

#### **RESULTATE**

Abbildung 3-1 zeigt die theoretischen Preise, die empirischen Preise und die Parität der SAir

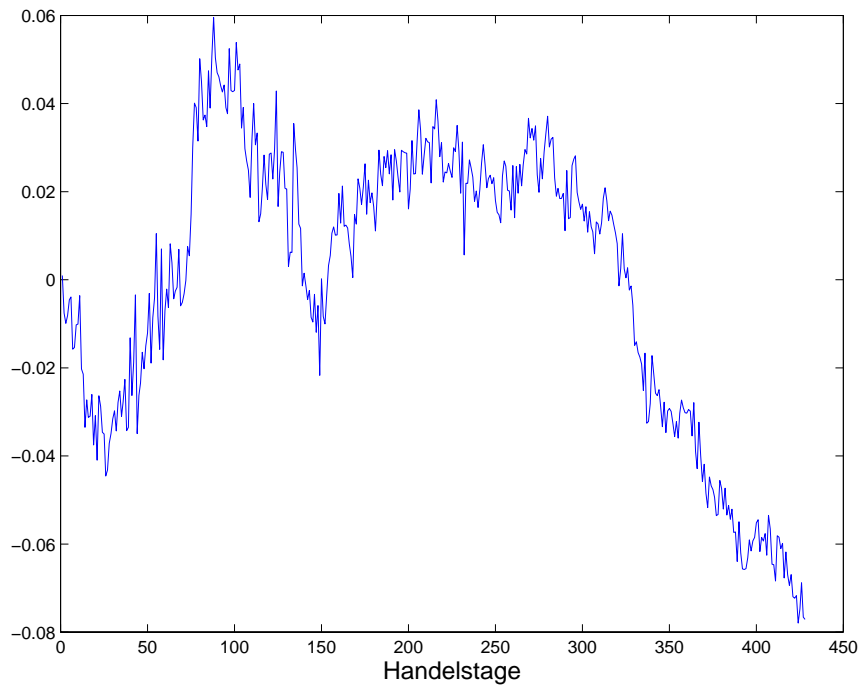
Wandelanleihe. Auf der Abszisse sind die Handelstage eingetragen. Der Handelstag 0 bezieht sich auf das Datum 13.5.97. Der letzte betrachtete Handelstag, der Handelstag 427, bezeichnet das Datum 26.1.00. Pro Jahr wird mit 261 Handelstagen gerechnet. Die Ordinate bezeichnet den Preis in Prozent des Nominalwertes der Wandelanleihe. In den Modellpreisen ist die vorzeitige Kündigungsmöglichkeit des Schuldners ab dem Jahr 2000 nicht berücksichtigt.

Zu Beginn des Betrachtungszeitraumes ist die SAir Anleihe am Geld, fällt aber mit der Zeit aus dem Geld. Die Parität, der Wert der Aktien, in die umgetauscht werden kann, sinkt bis zum Handelstag 70 stark. Für den Rest der Periode liegt die Anleihe im out-of-the-money Bereich.

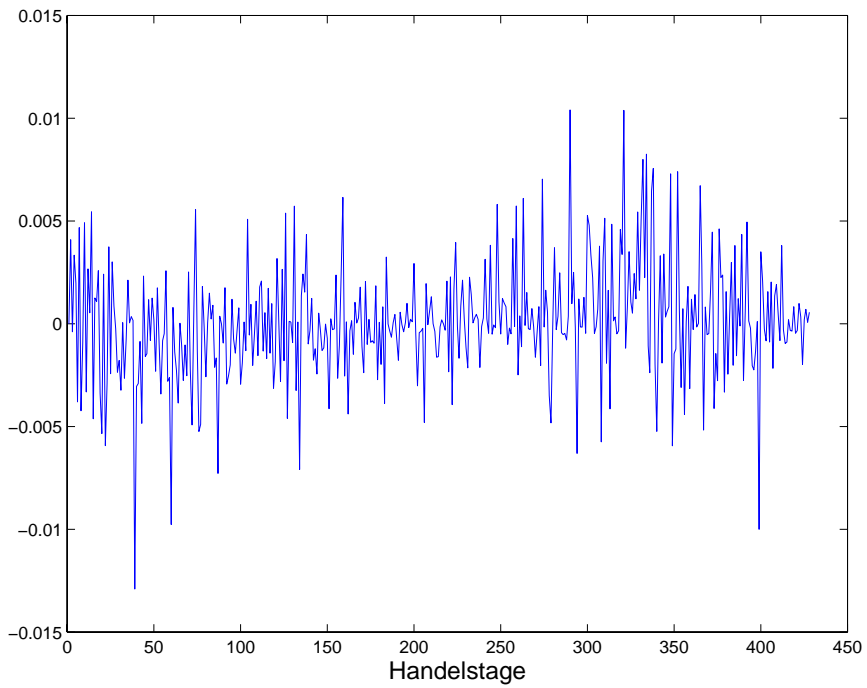


**Abbildung 3-1: SAir Wandelanleihe Komponentenmethode**

Abbildung 3-2 zeigt den Bewertungsfehler, d.h. die Differenz zwischen beobachtetem Wandelanleihepreis und berechnetem Preis aufgrund des Bewertungsmodells. Der Bewertungsfehler wird relativ zum empirischen Preis der Anleihe ausgewiesen. Es fällt auf, dass der Bewertungsfehler insbesondere gegen Ende der Betrachtungsperiode deutlich zunimmt. Gegen Schluss beträgt er beinahe 8% des Wandelanleihepreises.



**Abbildung 3-2: SAir Bewertungsfelder**



**Abbildung 3-3: SAir Replikationsfehler Komponentenmethode**

Abbildung 3-3 zeigt den Replikationsfehler relativ zum Modellpreis. Dieser Replikationsfehler enthält nur den reinen Replikationsfehler des Delta-Hedges, aber nicht den Bewertungsfehler. Der reine Replikationsfehler ist entsprechend gering mit den meisten Werten im Bereich von 0 bis 1%. Er ist auch deshalb so gering, weil er nur den Replikationsfehler auf der Optionskomponente erfasst. Dieser Fehler kommt zustande, weil von einer täglichen Anpassung des dynamischen Replikationsportfolios ausgegangen wird. Theoretisch müsste der Hedge aber kontinuierlich angepasst werden, um eine perfekte Replikation zu erreichen. Weil das benutzte Modell von deterministischen Zinsen ausgeht, ist im Replikationsfehler kein Fehler enthalten, der durch das Zinsrisiko verursacht wird. Es fließt ebenfalls kein Fehler ein, der durch ungenaue Volatilitätsschätzung verursacht wird. Diese Fehler werden dem Bewertungsfehler zugerechnet und sind in der Abbildung 3-2 enthalten.

### **PROBLEME BEI DER REPLIKATION**

Die vorliegenden Abbildungen zeigen, dass die Replikation nur in begrenztem Ausmass gelingt. Das Hauptproblem liegt dabei nicht im Replikationsfehler, der durch die diskrete Umsetzung eines kontinuierlichen Hedges entsteht (Abbildung 3-3), sondern durch die Bewertungsfehler (Abbildung 3-2), die sich im Replikationsresultat niederschlagen.

Die beträchtlichen Bewertungsfehler können eine Reihe von Ursachen haben.

1. Die zur Replikation verwendete Obligation sollte in bezug auf Couponhöhe, Fälligkeit, Zinszahlungstermine etc. die gleichen Eigenschaften wie die Wandelanleihe haben. Jede Abweichung verursacht Basisrisiko und somit die Gefahr einer Verschlechterung der Replikation. Da es in den allermeisten Fällen nicht möglich ist, eine entsprechende Anleihe zu finden, muss in der Regel auf eine ähnliche Anleihe ausgewichen werden. Alternativ könnte der Hedge mit einem Zinsderivat erfolgen. Ein Standard-Zinsderivat löst unter Umständen das Liquiditätsproblem, aber nicht das Problem des Basisrisikos. Komplexe, massgeschneiderte Zinsderivate sind nur für eine kleine Gruppe von Marktteilnehmern kostengünstig herzustellen. Weil mit einem Zinsderivat allenfalls die Struktur des Zinsrisikos der Wandelanleihe erfasst werden kann, aber nicht der Einfluss des Kreditrisikos, bleibt ein Kreditrisiko bestehen. Dieses könnte möglicherweise mit einem Kreditderivat gehedged werden. Es fragt sich allerdings, ob sich solch aufwendige Absicherungen im Einzelfall auszahlen, da sie nicht nur mit

Kosten verbunden sind, sondern auch ihre spezifischen Risiken haben, beispielsweise Liquiditäts- und Gegenparteiisiken.

2. Es ist davon auszugehen, dass die geschätzte Volatilität aufgrund historischer Daten nicht genau mit der Markterwartung bezüglich der zukünftigen Volatilität übereinstimmt. Da Optionspreise in der Regel sehr sensitiv auf Änderungen der Volatilität sind, kann ein wesentlicher Teil des Bewertungsfehlers dieser Ursache zugeschrieben werden.
3. Die Berechnungen zur Bewertung und Replikation der Wandelanleihe vernachlässigten die Kündigungsmöglichkeit seitens SAir ab dem Jahr 2000. Der berechnete theoretische Preis liegt folglich über dem Preis, der mit Berücksichtigung dieses Kündigungsrechts berechnet worden wäre.
4. Das benutzte Optionspreismodell macht eine Reihe von Annahmen, die in der Realität nachgewiesenermassen verletzt sind (konstanter Zinssatz, konstante Volatilität, normalverteilte Basiswertrendite, etc.). Insbesondere die Modellierung der Fristenstruktur der Zinssätze und der Kreditrisiken und ihr Zusammenhang mit dem Aktienkurs fehlt im Modell gänzlich.
5. Der Markt der betrachteten SAir Anleihe ist zwar liquider als der von anderen Wandelanleihen, aber es kann nicht von einem liquiden Markt gesprochen werden. In illiquiden Märkten ist es nicht unüblich, dass Marktpreise von ihrem theoretischen Arbitragepreis abweichen, da Arbitragetransaktionen nur in beschränktem Ausmass möglich sind.

#### **PROBLEME DER EINFACHEN KOMPONENTEN-METHODE**

Wandelanleihen sind hybride Produkte und lassen sich im Gegensatz zu strukturierten Produkten, wie z.B. Optionsanleihen, nicht ohne weiteres in Komponenten aufteilen. Beispielsweise muss, wenn gewandelt wird, die Obligation hergegeben werden. Der Wert dieses Obligationsteils ist aber stochastisch. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn mit vorzeitiger Wandlung gerechnet werden muss. Implizite Optionen beziehen sich nämlich immer auf beide Komponenten der Wandelanleihe und können darum im Komponentenansatz nicht richtig gehandhabt werden. Ebenso gibt es andere wertbeeinflussende Faktoren, die sich auf

beide Komponenten beziehen. Beispiele sind Kredit- und Zinsrisiken.

Aufgrund der theoretischen Probleme mit dem Komponentenansatz wird im nächsten Abschnitt ein monolithisches Modell verwendet. Ein monolithisches Modell versucht keine Aufteilung der Wandelanleihe in Komponenten, die separat bewertet und gehedged werden können, sondern bewertet das gesamte Produkt simultan.

### **3.4 Monolithischer Ansatz**

#### **FUNKTIONSWEISE**

In einem monolithischen Ansatz wird eine Gesamtbetrachtung des Produktes – in diesem Fall der Wandelanleihe – durchgeführt. Es findet keine Aufteilung des Produktes in Komponenten statt, die getrennt bewertet und gehedged werden können. Der Vorteil des monolithischen Ansatzes liegt darin, dass die Interdependenzen zwischen den Komponenten berücksichtigt werden können. Ebenso können implizite Optionen, die sich auf das Gesamtprodukt beziehen, berücksichtigt werden. Ein monolithisches Modell kann auf verschiedene Weise implementiert werden. In dieser Untersuchung wurde ein Binomialbaum gewählt.

#### **DAS MODELL VON HULL SOWIE TSIVERIOTIS UND FERNANDES**

Für die Replikation von Wandelanleihen nach einem monolithischen Ansatz wurde die ein Modell gewählt, welches in Hull (2000) und in Tsiveriotis und Fernandes (1998) beschrieben wird. Dieses Modell erlaubt die Berücksichtigung von impliziten Optionen, zum Beispiel die Möglichkeit einer frühzeitigen Kündigung der Wandelanleihe. Zudem ermöglicht es, Kreditrisiken zu berücksichtigen, wenn auch auf eine vereinfachende Weise. Dagegen werden Zinsänderungsrisiken nicht modelliert. Das Modell wird mit einem Binomialbaum implementiert, der 100 Schritte aufweist. Die Anzahl Schritte ist konstant und unabhängig von der Laufzeit des Wandelrechtes. Folglich variiert die zeitliche Länge eines Baumschrittes mit der Restlaufzeit des Wandelrechtes.

Auch bei diesem monolithischen Ansatz kann die Wandelanleihe als bestehend aus zwei Komponenten, einer Bondkomponente und einer Aktienkomponente, interpretiert werden. Im Unterschied zur einfachen Komponenten-Methode werden die beiden Komponenten aber simultan in dem gleichen Binomialbaum berechnet.

## **DATEN: SPEZIFIKATIONEN DER VERWENDETEN WANDELANLEIHEN**

Für die Replikation mit dem monolithischen Ansatz wurden drei Wandelanleihen ausgewählt. Neben der Wandelanleihe der SAir Group, die bereits bei der einfachen Komponenten-Methode beschrieben und verwendet wurde, sind dies ausserdem noch eine Wandelanleihe von Motorola und eine von Nestlé.

Die Wandelanleihe von Motorola ist in US-Dollar ausgegeben worden. Es handelt sich um eine sehr langlaufende Anleihe (1989-2009) ohne Couponzahlungen. Für 1000 US-Dollar Nominalwert kann bis Verfall eine Wandlung in 18.268 Aktien von Motorola vorgenommen werden. Die Wandelanleihe ist durch den Emittenten jederzeit vorzeitig kündbar, allerdings nicht zu einem konstanten Preis, sondern vielmehr zu einem Callpreis, der jedes Jahr um etwa 6% steigt und im Verfalljahr 100% des Nominalwertes erreicht. Der Motorola Convertible Bond wurde für den Zeitraum vom 6.1.1997 bis zum 22.8.1999 untersucht.

Die verwendete Wandelanleihe von Nestlé (Valorenummer: 644073) hat eine Laufzeit von fünf Jahren (1997-2002) und einen jährlichen Coupon von 3%. Sie ist in US-Dollar begeben und mit dem Recht ausgestattet, den Nominalbetrag von 10'000 US-Dollar in 6.3 Namenaktien von Nestlé zu wandeln. Die Aktienkurse lauten auf Schweizer Franken und wurden in dieser Untersuchung jeweils zum aktuellen Wechselkurs in US-Dollar umgerechnet. Die Wandelanleihe ist durch den Emittenten zum Preis von 100% vorzeitig kündbar, allerdings erst nach dem 17.6.2000 und mit einer Ankündigungsfrist von mindestens 30 Tagen. Die Nestlé-Anleihe wird vom 13.5.1997 bis zum 16.1.2000 betrachtet.

### 3.5 Resultate

#### SAIR ANLEIHE IN CHF

Zuerst wird die Wandelanleihe von SAir nochmals untersucht, diesmal unter dem monolithischen Modell. Abbildung 3-4 zeigt den Preisverlauf der Wandelanleihe, des Modellpreises und der Parität.

Ein Vergleich der Abbildung 3-4 mit der Abbildung 3-5 zeigt den Einfluss des Call-Eigenschaft zugunsten des Schuldners auf den Preis der Wandelanleihe. Ohne Berücksichtigung des Kündigungsrechtes wird der Preis deutlich stärker überschätzt, obwohl der Call erst ab dem Jahr 2000 ausgeübt werden kann.

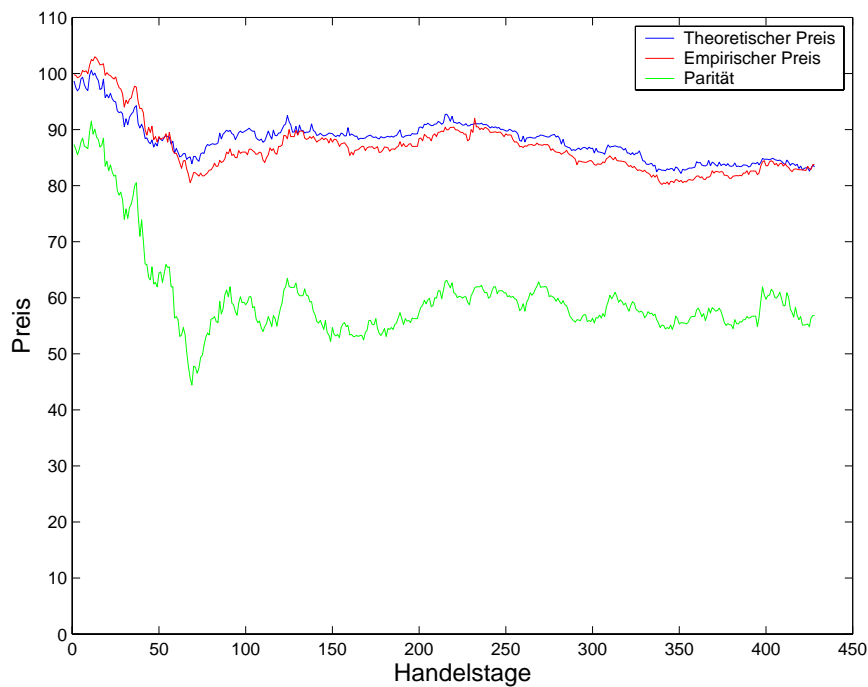
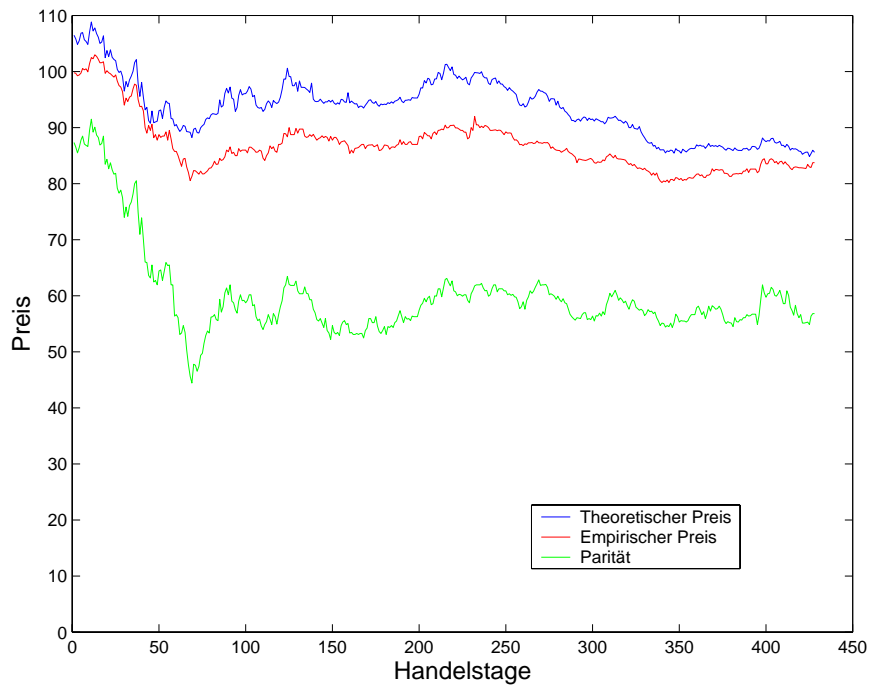
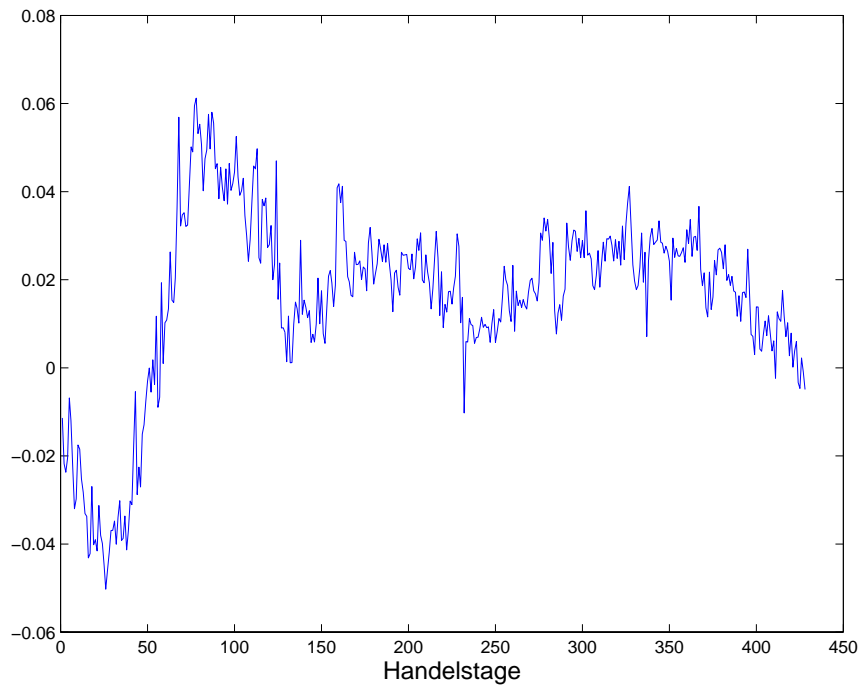


Abbildung 3-4: SAir Wandelanleihe



**Abbildung 3-5: SAir Wandelanleihe (ohne Call)**



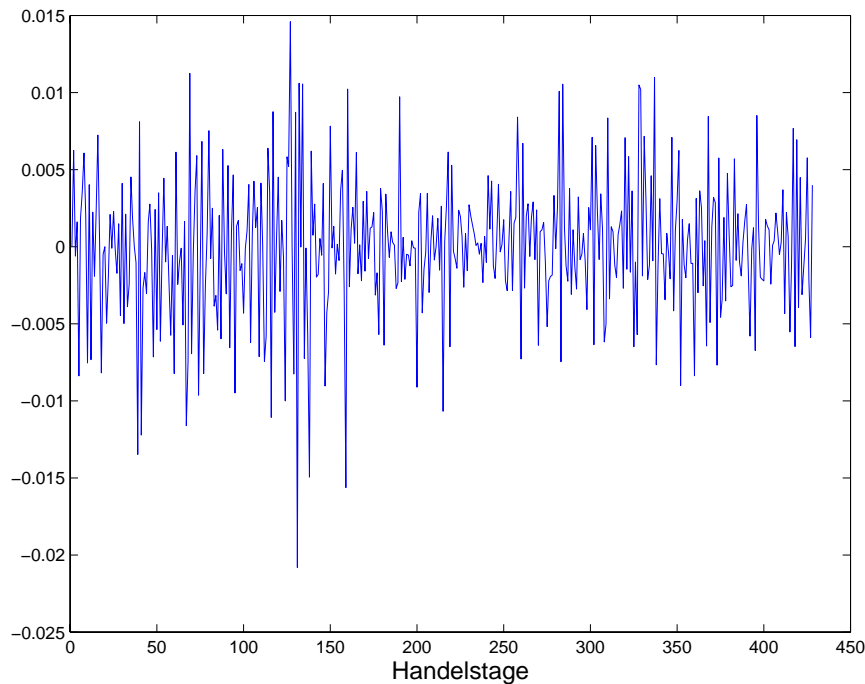
**Abbildung 3-6: SAir Bewertungsfehler**

Der Bewertungsfehler unter Berücksichtigung des Calls ist in Abbildung 3-6 veranschaulicht. Im Vergleich mit Abbildung 3-2 fällt auf, dass der Bewertungsfehler zu Beginn sehr ähnlich verläuft. Vom Handelstag 300 an entsteht allerdings bei der Komponentenmethode ein Fehler von fast 8% des empirischen Preises, während der Fehler der monolithischen Methode sich einem Wert von null annähert.

Der Bewertungsfehler (Abbildung 3-6) ist zunächst negativ, d.h. der empirische Preis liegt über dem theoretischen, später positiv. Der negative Bewertungsfehler entsteht dort, wo die Anleihe im at-the-money Bereich liegt. Knapp 100 Handelstage später, bei positiven Fehler, ist die Anleihe im out-of-the-money Bereich. Der Fehler im out-of-the-money Bereich kann allenfalls durch eine ungenaue Berücksichtigung des Kreditrisikos erklärt werden. Für diese SAir Anleihe wurde nämlich ein Yieldspread von 50 Basispunkten gegenüber der kreditrisikolosen Zinsstruktur angenommen. Dieser Wert beruht auf einer Schätzung mit einem Optimierungsverfahren, welches auf mehrere SAir Anleihen angewandt wurde. Der Schätzwert ist ein Durchschnitt und unter- oder überschätzt deshalb unter Umständen den Creditspread für diese spezifische Anleihe.

Auch die Volatilitätsschätzung kann wiederum für den Bewertungsfehler verantwortlich sein. Die Volatilität wird in der ganzen Studie aufgrund von historischen (1 Jahr) Daten berechnet. Da die implizite Volatilität im Markt sich ständig ändern kann, ist der durch die Volatilitätsschätzung verursachte Fehler nicht zu jedem Zeitpunkt gleich gross. Er ist aber bei Volatilitätsschätzungen, die auf historischer Volatilität beruhen, potentiell immer vorhanden.

Der Replikationsfehler in Abbildung 3-7 bewegt sich in der gleichen Grössenordnung wie die Komponentenmethode in Abbildung 3-3. Das monolithische Modell scheint bezüglich des Replikationsfehlers sogar eher weniger robust zu sein, wobei der Unterschied allerdings nicht gross ist.



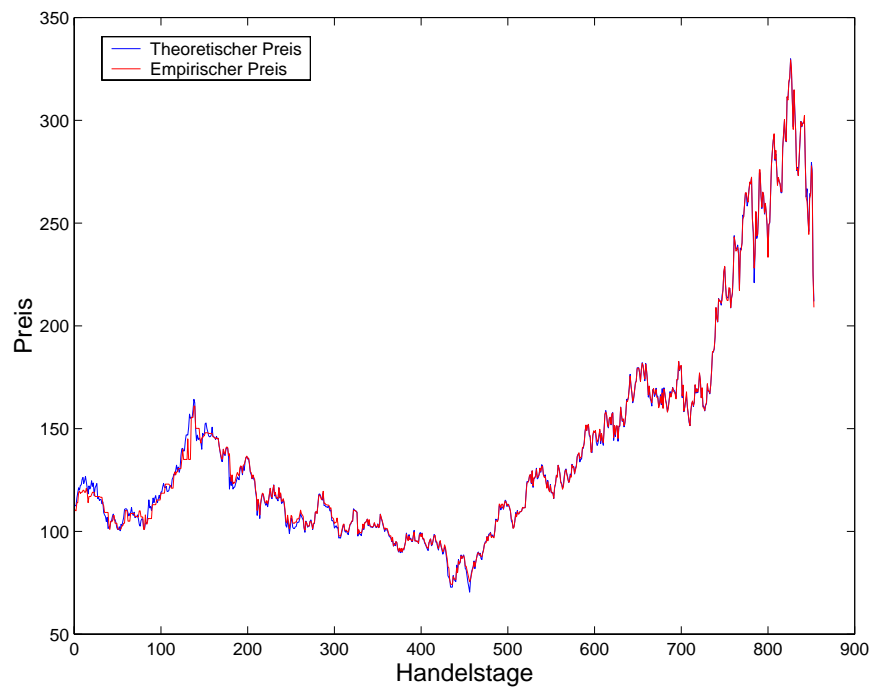
**Abbildung 3-7: SAir Replikationsfehler**

### **MOTOROLA ANLEIHE IN USD**

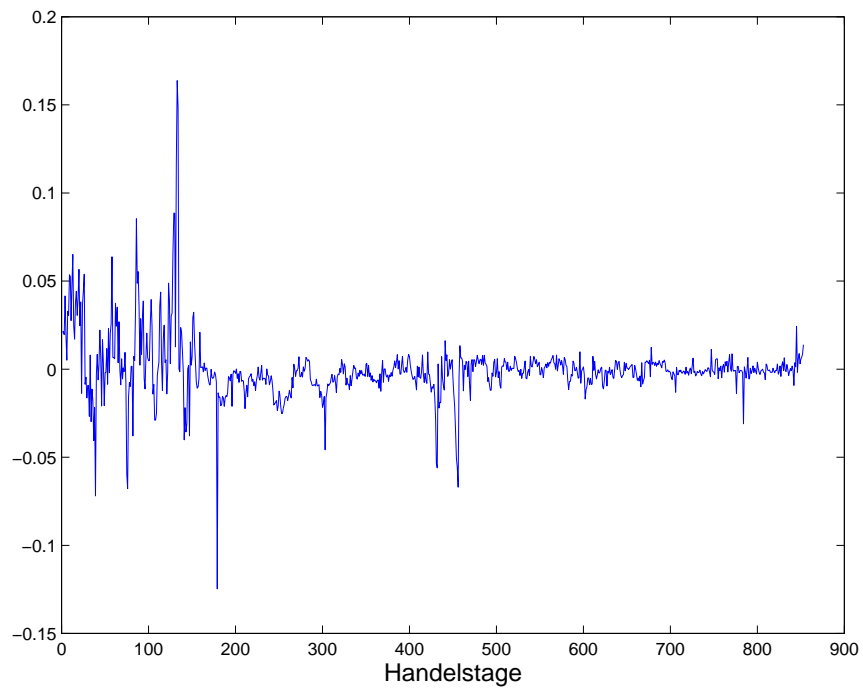
Abbildung 3-8 stellt den Preisverlauf der Wandelanleihe von Motorola dar. Es fällt auf, dass der theoretische und der empirische Preis beinahe deckungsgleich sind. Diese Beobachtung wird gestützt von Abbildung 3-9, die einen kleinen Bewertungsfehler ausweist. Vor dem Handelstag 200 ist der Bewertungsfehler zwar hoch, mit Ausreißern über 10%. Insbesondere nach Handelstag 200 liegt der Bewertungsfehler aber in der Regel innerhalb einer Bandbreite von 2% des empirischen Preises.

Der Grund für die gute Replikation des empirischen Preises besteht in erster Linie darin, dass sich die Motorola Anleihe meist tief im in-the-money Bereich bewegt. In diesem Bereich sind die hybriden Eigenschaften der Anleihe nicht mehr stark ausgeprägt. Die Anleihe ist mit einer Aktie zu vergleichen und verhält sich auch beinahe wie die Basiswert-Aktie. In diesem Bereich ist die Replikation deshalb vergleichsweise einfach möglich. Zwischen den Handelstagen 400 und 500 bricht die Aktie zwischenzeitlich ein, und die Anleihe befindet sich wieder im at-the-money Bereich. Es ist symptomatisch für die Bewertung und Replikation von Wandelanleihen, dass genau in diesem Bereich wieder höhere Bewertungsfehler vorkommen, wie

Abbildung 3-9 zeigt.



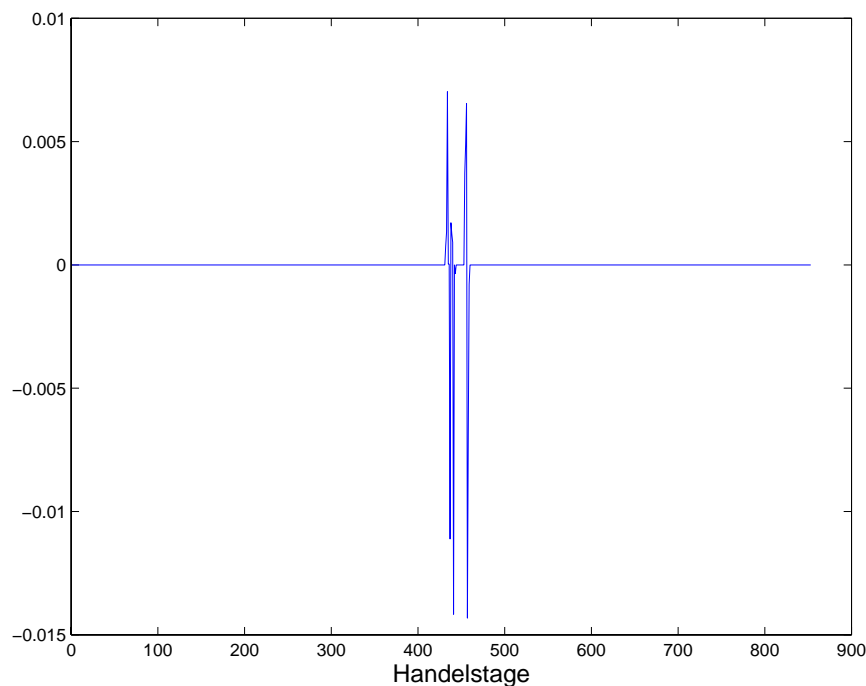
**Abbildung 3-8: Motorola Wandelanleihe**



**Abbildung 3-9: Motorola Bewertungsfehler**

In Abbildung 3-8 wird darauf verzichtet, die Parität einzutragen. Weil die Anleihe meist deutlich in-the-money notiert, ist die Optionsprämie sehr klein. Der empirische Wertverlauf der Wandelanleihe deckt sich also recht genau mit dem Verlauf der Parität.

Die Auswirkungen des in-the-money Zustandes der Anleihe werden auch aus Abbildung 3-10 ersichtlich. Der Replikationsfehler ist inexistent, mit Ausnahme des Zeitraumes zwischen dem 400. und 500. Handelstag, also genau dem Bereich, in dem die Wandelanleihe wieder at-the-money notiert. Der Replikationsfehler von stark im Geld liegenden Optionen ist gering, da das Gamma der Option ebenfalls gering ist, d.h. eine Änderung des Aktienpreises hat kaum eine Änderung des Deltas und damit der Replikationsposition in Aktien zur Folge. Entsprechend ist der Fehler, der durch die diskrete Umsetzung einer an sich kontinuierlichen Hedgingstrategie entsteht, ebenfalls gering. Die optisch grossen Ausschläge zwischen dem 400. und 500. Handelstag sind ebenfalls zu relativieren. Wie auf der Ordinalskala gesehen werden kann, bewegen sie sich im Rahmen der bisher beobachteten Replikationsfehler.



**Abbildung 3-10: Motorola Replikationsfehler**

## NESTLÉ ANLEIHE IN USD

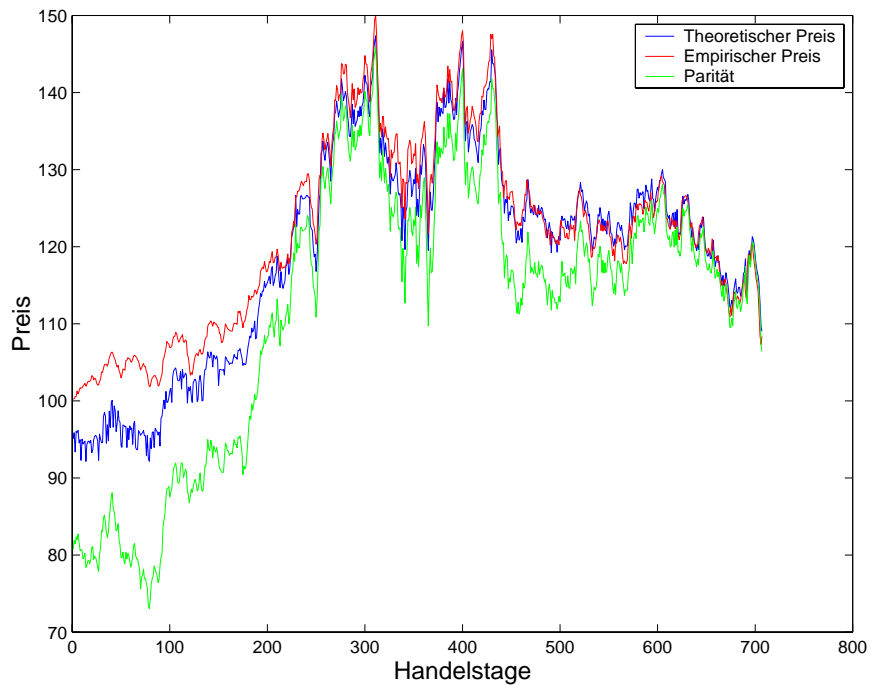
Abbildung 3-11 stellt den empirischen und theoretischen Preisverlauf der Nestlé Wandelanleihe dar. Ein Vergleich mit Abb. 3-12 zeigt, ähnlich wie bereits bei der SAir Anleihe, die Wichtigkeit der Berücksichtigung des Call-Features der Anleihe. Die Nestlé Anleihe kann ab Handelstag 808 vom Schuldner gekündigt werden. Dieses Kündigungsrecht hat insbesondere im zweiten Teil des Preisverlaufes einen grossen Einfluss auf die Wandelanleihe. Obwohl sich die Anleihe vom in-the-money Bereich wieder in Richtung des at-the-money Bereiches bewegt, steigt die Optionsprämie nicht wesentlich an, im Gegensatz zu Abbildung 3-12.

Auch in Abbildung 3-11 ist der Einfluss der Moneyness, d.h. der Grad der in- oder out-of-the-money Eigenschaft, auf die Optionsprämie ersichtlich. Je weiter die Anleihe in-the-money ist, desto stärker orientiert sich der Preis an der Parität.

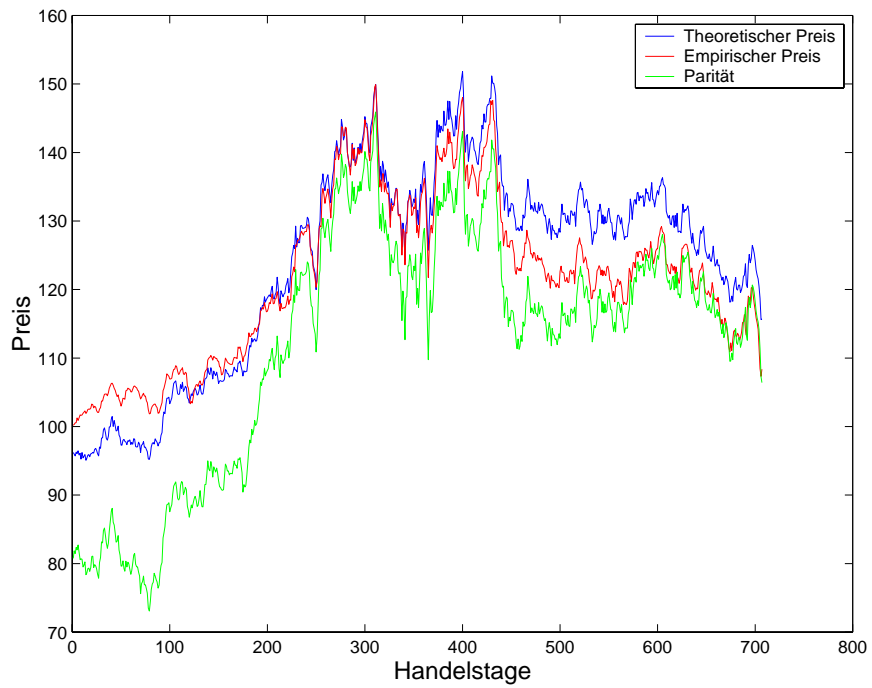
Der Bewertungsfehler in Abbildung 3-13 bewegt sich im Rahmen der bisherigen Beobachtungen. Er ist mit Werten um die 10% des beobachteten Wandelanleihepreises zu Beginn am grössten und nimmt mit der Zeit ab. Die Abnahme ist nicht zuletzt auf die Verkleinerung der Optionsprämie zurückzuführen, die mit der Zeit eintritt. Einerseits geht der Zeitwert der Option mit abnehmender Restlaufzeit tendenziell zurück, andererseits verkleinert er sich in diesem Beispiel insbesondere durch den Anstieg des Aktienkurses, der die Anleihe in den in-the-money Bereich bewegt.

Der Replikationsfehler in Abbildung 3-14 zeigt ein ähnliches Muster. Zu Beginn ist er mit Maximalwerten von 1% pro Tag eher hoch, nimmt dann aber ab und überschreitet kaum mehr 0.5% in der zweiten Hälfte der Betrachtungsperiode.

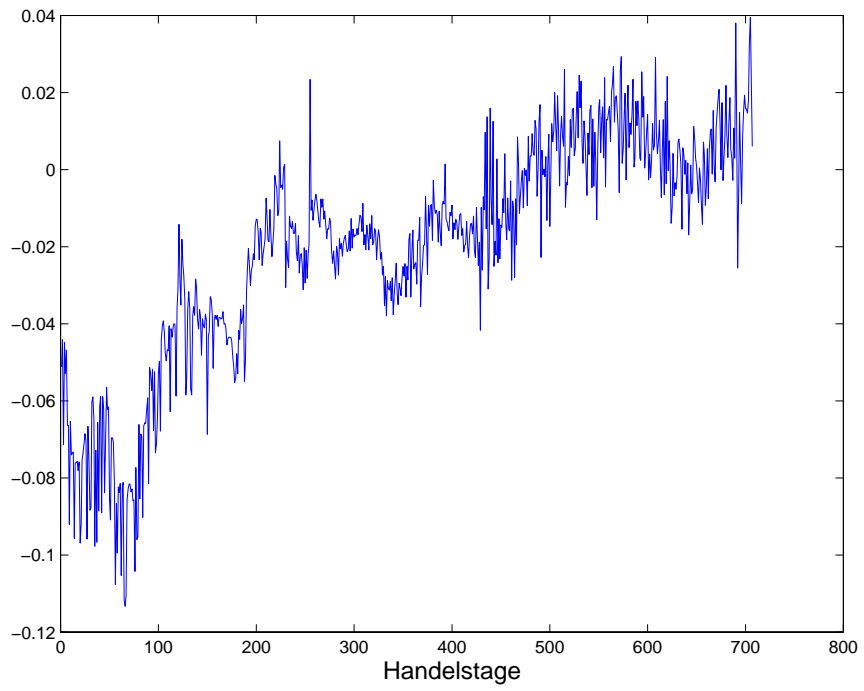
Die Nestlé Wandelanleihe ist die einzige Anleihe in den Beispielen dieser Studie, die über einen nennenswerten Coupon (3%) verfügt. Vereinfachend wurde bei der Implementierung angenommen, dass dieser Coupon kontinuierlich ausbezahlt wird. Dadurch wird ein gewisser Fehler in Kauf genommen. Da der Preisverlauf der Wandelanleihe aber „clean“ dargestellt ist, also mit separater Berechnung des Marchzinses, ist der Fehler klein. Einzig bei der Ausübungsentscheidung ist der Zeitpunkt der Ausschüttung wirklich relevant, da bei der Wandlung das Anrecht auf die Marchzinsen verloren geht.



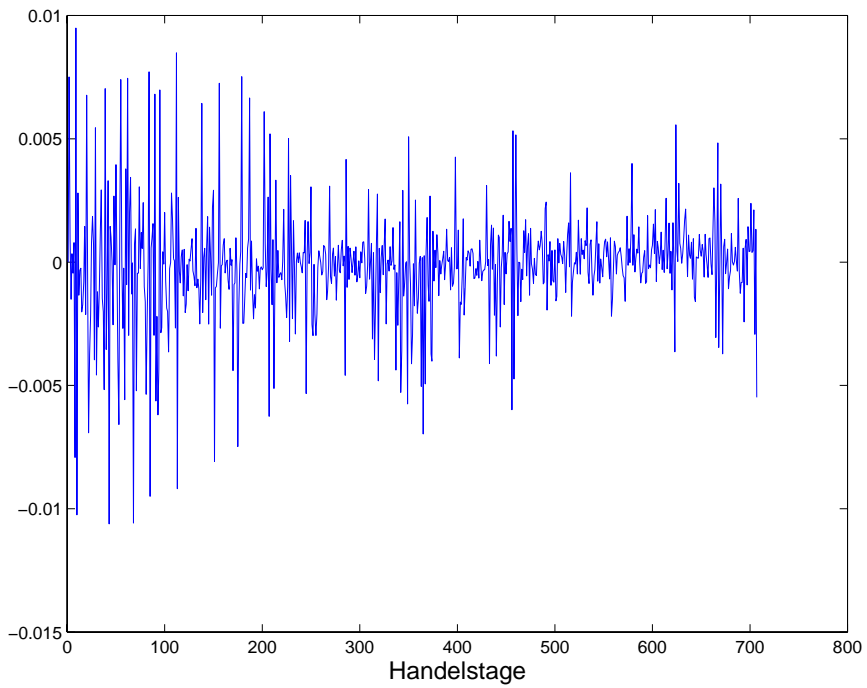
**Abbildung 3-11: Nestlé Wandelanleihe**



**Abbildung 3-12: Nestlé Wandelanleihe (ohne Call)**



**Abbildung 3-13: Nestlé Bewertungsfehler**



**Abbildung 3-14: Nestlé Replikationsfehler**

### **3.6 Probleme bei der Replikation**

Grundsätzlich sind die Probleme der Replikation mit dem monolithischen Modellansatz die gleichen wie beim Komponentenmodell. Das monolithische Modell ist insofern ein Fortschritt zum Komponentenmodell, als es die Kontraktbedingungen von Wandelanleihen besser erfasst. Folglich ist zu erwarten, dass der Bewertungsfehler abnimmt. Der gesamte Replikationsfehler wird so tendenziell kleiner ausfallen, aber nicht eliminiert werden.

### **3.7 Verbesserung der Replikation**

Wie in den vorangehenden Abbildungen gesehen werden konnte, entsteht ein grosser Teil des gesamten Replikationsfehlers bei Wandelanleihen oft nicht durch die diskrete Approximation einer eigentlich kontinuierlich zu implementierenden Replikationsstrategie (eigentlicher Replikationsfehler), sondern durch den Bewertungsfehler. Es ist denkbar, dass der Bewertungsfehler reduziert werden könnte, indem einerseits ein Modell benutzt wird, welches den besonderen Eigenschaften von Wandelanleihen besser Rechnung trägt. Andererseits kann eine Verbesserung erreicht werden, indem die Parameterschätzung verbessert wird. Dadurch fliessen die aktuellen Markterwartungen genauer in die Bewertung ein. Eine eigentliche Kalibrierung der Modellpreise auf Marktpreise ist hingegen im Hinblick auf die Replikationsstrategie wohl nur von beschränktem Nutzen, da bei einer solchen Kalibrierung die Gefahr besteht, dass out-of-sample Instabilitäten erzeugt werden, die ihren Niederschlag durchaus in einem höheren gesamten Replikationsfehler finden können.

Eine Verbesserungsmöglichkeit liegt in der genaueren Schätzung der Modellparameter. Beispielsweise könnte anstelle der historischen Volatilität im letzten Jahr auf eine implizite Volatilität zurückgegriffen werden, falls eine solche Volatilität für die entsprechende Aktie und die entsprechende Laufzeit verfügbar ist oder geschätzt werden kann. Alternativ könnten sophisticatedere Schätzungsverfahren benutzt werden, beispielsweise ARCH-GARCH Modelle. Diese alternativen Methoden zur Schätzung der zukünftigen Volatilität sollten aber in ihrer Wirkung in Bezug auf die Reduktion des Tracking Fehlers nicht überschätzt werden (vgl. beispielsweise Figlewski (1997)).

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit bestünde in der Verwendung eines Modelles, welches alle bewertungsrelevanten Einflussgrössen modelliert. Beispielsweise könnte ein multivariates

Baummodell benutzt werden, welches neben dem Aktienkurs auch noch das Kreditrisiko und die Fristenstruktur der Zinssätze modelliert. Solche komplexen Modelle sind aber aufwendiger zu implementieren und stellen höhere Anforderungen bezüglich der verfügbaren Rechenkapazität. Zudem nimmt die Problematik der Parameterschätzungen in einem solchen Modell eher zu, weil mehr Parameter geschätzt werden müssen.

Grundsätzlich muss aber festgehalten werden, dass auch komplexere Modelle und bessere Schätzverfahren zur Bestimmung der Parameter die Probleme von Illiquidität und Nichtverfügbarkeit von Finanz- resp. Hedgeinstrumenten nicht lösen können.

### **3.8 Fazit: Replikation von Wandelanleihen**

Die Replikation von Wandelanleihen mittels der Basiswert-Aktie und geeigneten Zinsinstrumenten ist grundsätzlich möglich. In der Praxis ergeben sich jedoch oft einige Probleme, welche die Genauigkeit der Replikation vermindern und das Risiko von Replikationsfehlern erhöhen. Zum einen machen die vielseitigen Ausgestaltungen von Wandelanleihe-Kontraktbedingungen, insbesondere die impliziten Optionen, die Modellierung der Replikationsstrategie komplex. Zum anderen sind die Zinsinstrumente, welche eine perfekte Nachbildung des Bondteils der Wandelanleihe ermöglichen würden, am Markt oft nicht verfügbar. Das Ausweichen auf Instrumente mit ähnlichen Eigenschaften erhöht aber das Basisrisiko. In diesem Zusammenhang gilt es insbesondere den Einfluss des Kreditrisikos zu beachten.

Die im Rahmen unserer Untersuchung durchgeführten Replikationen waren alle mit recht grossem Fehler behaftet. Es ist zwar durchaus denkbar, dass dieser Fehler mit einer genaueren Modellierung der preisbeeinflussenden Faktoren und einer besseren Schätzung der Modellparameter verbessert werden könnte, aber die Illiquidität und Unvollständigkeit der Märkte setzt dieser Verbesserung Grenzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine systematische Replikation von Wandelanleihen mit einer dynamischen Hedgestrategie beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der Finanzmärkte ein relativ hohes Fehlerrisiko aufweist. Beträchtliches spezifisches Know-How, der Einsatz von fortgeschrittenen Modellen und Schätzverfahren und Marktzugang zu minimalen Transaktionskosten sind wichtige Voraussetzungen für erfolgreiches dynamisches Replizieren von komplexen Wandelanleihen, können aber nicht die genaue Replikation ga-

rantieren. Ist aber nicht die genaue Replikation – beispielsweise für Arbitragezwecke – das Ziel, sondern die ungefähre Replikation – beispielsweise zur Herstellung eines wandelanleihe-ähnlichen Produktes – ist eine Replikationsstrategie unter den oben genannten Voraussetzungen durchaus implementierbar.

## **4 WANDELANLEIHEN FÜR BVG-PORTFOLIOS**

### **4.1 Richtlinien für die Anlage**

Die Grundlage der Anlagerichtlinien für Pensionskassen stellt die Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV 2) vom 18. April 1984 dar.

#### **DIE BEDEUTUNG DER BISHERIGEN REGELUNGEN FÜR WANDELANLEIHEN**

Pensionskassen haben zwei Möglichkeiten in bezug auf die Zuordnung der Wandelanleihen in ihrem Portfolio zu den unterschiedlichen Anlagekategorien gemäss Art. 54 BVV 2<sup>1</sup>:

1. Die Pensionskasse hat die Möglichkeit, Wandelanleihen auch vor der Wandlung in der Kategorie Aktien zu führen.

Für Aktien von Gesellschaften mit Sitz in der Schweiz gilt eine Höchstgrenze von insgesamt 30 Prozent bzw. höchstens 10 Prozent pro Gesellschaft (Art. 54d BVV 2). Für Aktien von Gesellschaften mit Sitz im Ausland gilt eine Höchstgrenze von insgesamt 25 Prozent bzw. von 5 Prozent pro einzelner Gesellschaft (Art. 54g BVV 2). Dies sind somit auch die Höchstgrenzen für Wandelanleihen (zusammen mit Aktien), sollten sie dieser Kategorie zugerechnet werden.

2. Die Pensionskasse kann die Wandelanleihe allerdings auch in der Kategorie der Obligationen klassifizieren. Erst die aus der Wandlung bezogenen Aktien müssen der Kategorie Aktien zugeteilt werden.

Für Forderungen gegen Schuldner mit Sitz in der Schweiz ist die Begrenzung 100 Prozent, d.h. das ganze Anlagevermögen darf in dieser Kategorie investiert sein, aber ein zusätzlicher, mit einem Hebeleffekt verbundener Anteil, ist nicht gestattet. Pro einzelner Schuldner darf der investierte Anteil 15 Prozent nicht übersteigen (Art. 54a BVV 2). Eine Ausnahme bilden Forderungen gegen Bund, Kantone, Banken und Versicherungseinrichtungen. Die Höchstgrenze für Forderungen gegenüber Schuldnern mit Sitz im Ausland beträgt insgesamt 30 Prozent bzw. 5 Prozent für einzelne Schuldner (Art.

---

<sup>1</sup> Bundesamtes für Sozialversicherung (Email vom 4. April 2000).

54e BVV 2). Zusätzlich sind in Art. 54f BVV 2 die Höchstgrenzen für konvertible Fremdwährungsforderungen festgelegt worden (insgesamt 20 Prozent bzw. 5 Prozent für einzelne Schuldner). Dies sind somit auch die Höchstgrenzen für Wandelanleihen (zusammen mit Obligationen etc.), sollten sie dieser Kategorie zugerechnet werden.

Sehr tief im Geld liegende Wandelanleihen als Obligationen zu klassifizieren erscheint aus finanzmarkttheoretischer Sicht unsinnig, weil das Preisverhalten solcher Wandelanleihen weitgehend mit dem der Basiswert-Aktie übereinstimmt. Ebenso macht es aber wenig Sinn, sehr tief aus dem Geld liegende Wandelanleihen als Aktien einzustufen, da diese Papiere kaum auf Preisänderungen der Aktie reagieren, sondern hauptsächlich zins- und kreditrisikosensitiv sind. Im at-the-money Bereich liegende Wandelanleihen sind hybride Instrumente, und entsprechend kommt eine Einstufung als Obligation oder als Aktie in Betracht.

#### **ÄNDERUNG DER ANLAGEVORSCHRIFTEN FÜR VORSORGEEinRICHTUNGEN**

Die letzten Änderungen der Anlagevorschriften sind am 1. April 2000 in Kraft getreten. Sie erweitern und flexibilisieren die Anlagemöglichkeiten. Bei dieser Änderung ist auch der Sicherheits- und Risikoverteilungsbegriff neu formuliert worden. Mit den Änderungen wird der Grundsatz konkretisiert, wonach sich die Anlagetätigkeit der Vorsorgeeinrichtung hauptsächlich an der Eigenverantwortung der Vorsorgeeinrichtung ausrichten muss. Die Änderungen umfassen im einzelnen die folgenden Punkte:

1. Der *Sicherheits- und Risikoverteilungsbegriff* ist neu formuliert worden (Art. 50 BVV 2). Bei der Anlage des Vermögens muss die Vorsorgeeinrichtung darauf achten, dass die Sicherheit der Erfüllung der Vorsorgezwecke gewährleistet ist. Die Beurteilung der Sicherheit soll künftig von der ganzheitlichen Betrachtung der finanziellen Lage der Vorsorgeeinrichtung ausgehen. Dem können Pensionskassen gerecht werden, indem sie ihre Anlagestrategie aufgrund einer Asset/Liability-Analyse vornehmen. Weiter muss die Vorsorgeeinrichtung bei der Vermögensanlage das Risiko angemessen verteilen. Explizit vorgesehen ist eine Verteilung auf verschiedene Anlagekategorien, Regionen und Wirtschaftszweige. Diese Regelung kommt der Wandelanleihe als hybridem Instrument entgegen.
2. Durch die Änderungen werden die *Anlagemöglichkeiten* von Vorsorgeeinrichtungen über die bestehenden Begrenzungen hinaus *erweitert* und die *Eigenverantwortung* der

zuständigen Organe begünstigt (Art. 59 BVV 2). Die Anlagemöglichkeiten werden in Art. 59 BVV 2 über die Begrenzungen der einzelnen Anlagen (Art. 54 BVV 2) und die Gesamtbegrenzungen (Art. 55 BVV 2) hinaus erweitert. Dies führt zu mehr *Flexibilität* bei der Anlageentscheidung. Dabei darf allerdings zum einen die Erfüllung der Vorsorgezwecke nicht beeinträchtigt werden. Zum anderen müssen die Ziele und Grundsätze sowie die Durchführung und Überwachung der Vermögensanlage nachvollziehbar festgelegt werden.

Den Pensionskassen steht es aber nach wie vor frei, sich an den alten Richtlinien (Restriktionen bezüglich der Gewichte der Anlagekategorien nach Art. 54 und 55 BVV 2) zu orientieren, um die Risikoanforderungen zu erfüllen.<sup>2</sup>

#### **DIE AUSWIRKUNG DER NEUEN REGELUNG AUF WANDELANLEIHEN**

Bisher hat es sich als sinnvoll erweisen können, in Wandelanleihen zu investieren und die Wandelanleihen als Obligationen zu klassifizieren. Damit konnte im Hinblick auf die Obergrenze für Aktieninvestitionen zusätzliche Flexibilität gewonnen werden. Mit den Wandelanleihen konnte die Sensitivität des Portfolios gegenüber Aktien erhöht werden, ohne die Anlagebeschränkungen für Aktien zu überschreiten.

Mit der neuen Regelung verliert dieses Argument an Bedeutung, auch wenn es für Pensionskassen, die sich immer noch an den alten Richtlinien orientieren, immer noch eine gewisse Relevanz haben dürfte. Vielmehr muss nunmehr in erster Linie sichergestellt sein, dass Wandelanleihen auch unter allgemeinen Rendite-Risiko-Gesichtspunkten eine sinnvolle Ergänzung eines Pensionskassenportfolios sind. Dieser Fragestellung wird im folgenden Abschnitt nachgegangen.

#### **4.2 Analyse von Wandelanleihen**

In diesem Abschnitt werden Wandelanleihen bezüglich ihres Einflusses auf Rendite und Risiko eines Pensionskassenportfolios untersucht.

---

<sup>2</sup> Bundesamt für Sozialversicherung, 31. März 2000.

## DATEN

Die mit Wandelanleihen erwirtschafteten Renditen werden mit anderen Kategorien der Vermögensanlage verglichen. Wegen der besonderen Richtlinien in der Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV 2) in bezug auf die Begrenzung einzelner Anlagen in den Portfolios wird auch in dieser Untersuchung zwischen Investitionen in der Schweiz und internationalen Investitionen unterschieden. Für die einzelnen Anlagekategorien werden jeweils Indizes verwendet.

Als Portfolio für Wandelanleihen werden folgende Indizes gewählt:

1. Der *Warburg Dillon Read Global ,Vanilla‘ Convertible Index* (WDR Vanilla) ist ein marktkapitalisierungsgewichteter total return Index. Er wird benutzt, um die Entwicklung der Wandelanleihen weltweit abzubilden. Dieser Index weist neben der Liquidität der enthaltenen Wandelanleihen zwei Vorteile auf: Zum einen stellt dieser Index einen adäquaten Vergleichsmassstab dar und bietet Investoren die Möglichkeit, die Performance existierender Investmentfonds zu messen. Zum anderen kann mit ihm das Verhaltensmuster der Anlagekategorie „Wandelanleihen weltweit“ dargestellt werden. Der Index ist auf den 1. Januar 1994 historisch zurückberechnet worden. Da es für den WDR Vanilla Index nur Daten seit diesem Datum gibt, wird in dieser Studie der Zeitraum seit Auflegung dieses Indexes betrachtet.
2. Die Wandelanleihen in der Schweiz werden getrennt betrachtet. Dazu wird der *Warburg Dillon Read Swiss Convertible* Subindex (WDR Schweiz) gewählt, der ebenfalls als total return Index berechnet wird.
3. Zusätzlich wird der *Warburg Dillon Read Global ATM Convertible* total return Index (WDR ATM) betrachtet. In diesen Index gehen Wandelanleihen ein, bei denen der Optionswert nahe am Geld (at-the-money) ist.

Im folgenden werden die Indizes für die übrigen Anlagekategorien kurz beschrieben:

1. Für schweizerische Aktien und für den Weltmarkt wird der jeweilige *Morgan Stanley Capital International* Index (MSCI) verwendet.

2. Für die Anleihen wurden zwei Indizes verwendet
  - Der *Pictet General Bond Domestic Debtors* total return Index (Pictet Schweiz) wurde für Bondportfolios mit schweizerischen Schuldnern verwendet.
  - Der *Salomon Brothers World Government Bond Index* (Salomon Welt) wurde als Aggregat für Staatsanleihen weltweit mit einer Restlaufzeit von jeweils mindestens einem Jahr verwendet.
  
3. Als Vergleichsgrösse für die Portfolios dient der *Pictet BVG Index*, der die Performance eines durchschnittlichen BVG-Portfolios abbildet.

Für die Studie wurden monatliche stetige Renditen der Indizes vom 1.1.1994 bis zum 1.2.2000 verwendet. Die Daten wurden jeweils zum aktuellen Wechselkurs in Schweizer Franken umgerechnet.

#### ZUSAMMENFASSENDE STATISTIKEN DER VERWENDETEN INDIZES

Im folgenden werden einige Statistiken der untersuchten Indizes dargestellt und verglichen. Zunächst sind Mittelwert, Volatilität und Sharpe-Ratio der verwendeten Indizes in Tabelle 1 zusammengestellt.

	Mittelwert	Volatilität	Sharpe-Ratio
MSCI Aktien Schweiz	12.57%	17.38%	0.6020
MSCI Aktien Welt	16.43%	17.98%	0.7962
Pictet Anleihen Schweiz	4.35%	2.61%	0.8585
Salomon Staatsanl. Welt	5.08%	5.80%	0.5112
WDR CV Schweiz	10.97%	16.86%	0.5258
WDR Global Vanilla CV	13.88%	14.59%	0.8063
WDR Global ATM CV	8.94%	9.15%	0.7469
Pictet BVG	7.49%	5.20%	1.0337

**Tabelle 1: Mittelwert, Volatilität und Sharpe-Ratio in der Untersuchungsperiode**

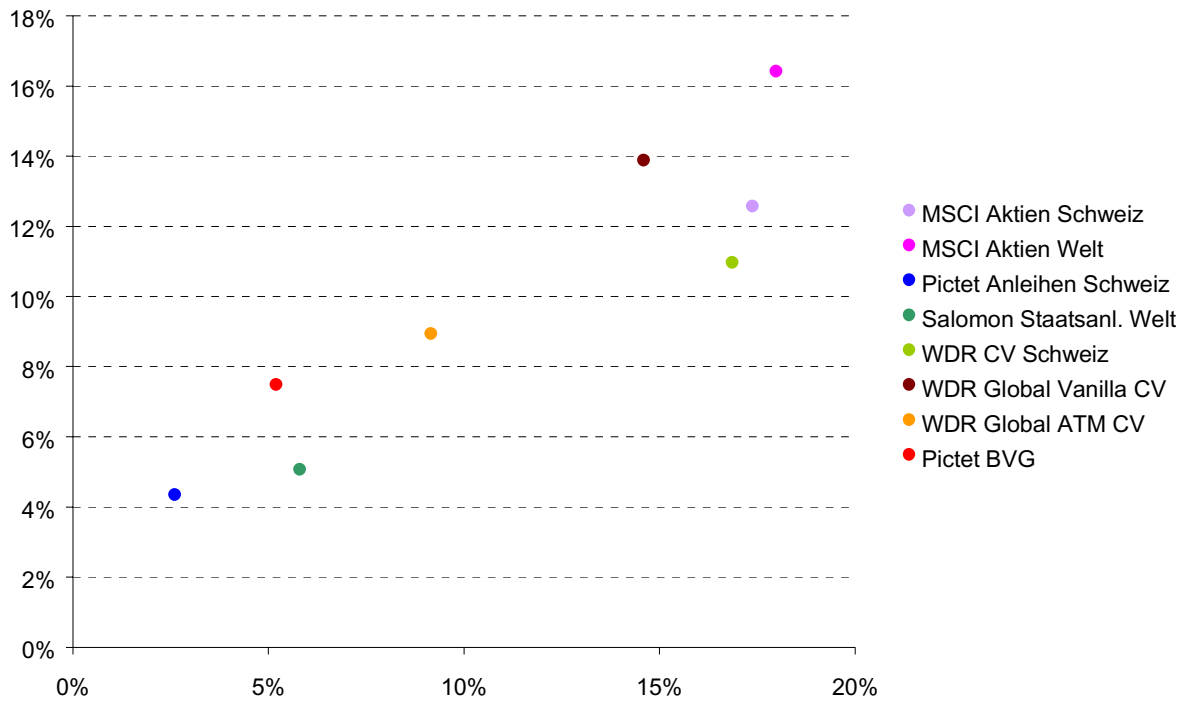
Man kann eine recht klare Trennung der verschiedenen Anlagekategorien beobachten. Sowohl schweizerische als auch internationale Aktien wiesen im Untersuchungszeitraum die grösste

Volatilität und die höchste Rendite auf. Umgekehrt trifft man die niedrigste Volatilität bzw. Rendite bei schweizerischen und internationalen Anleihen an. Die drei betrachteten Kategorien von Wandelanleihen lagen in bezug auf Rendite und Volatilität zwischen den Anleihen und Aktien. Eine Ausnahme bildet der WDR Vanilla Index, der bei einer geringeren Schwankung eine höhere Rendite erbrachte als schweizerische Aktien. Es fällt auf, dass es in bezug auf Rendite und Volatilität eine grössere Ähnlichkeit der Wandelanleihen mit den Aktien als mit den Anleihen gibt. Bei einem Vergleich der Wandelanleihen untereinander kann man feststellen, dass internationale Wandelanleihen, dargestellt durch den WDR Vanilla Index, bei geringerer Volatilität eine höhere Rendite abgeworfen haben als schweizerische Wandelanleihen bzw. schweizerische Aktien. Der Grund für diesen Effekt liegt in der tieferen Rendite des MSCI Schweiz verglichen mit dem MSCI Welt. Die Rendite des WDR Vanilla Indexes liegt unter der Rendite des MSCI Welt, aber trotzdem über der Rendite des MSCI Schweiz.

Zusätzlich wurde in der Tabelle der BVG-Index von Pictet aufgeführt. Dieser Index zeichnet die theoretische Performance eines durchschnittlichen, nach den gültigen Anlagebeschränkungen für Pensionskassen (BVV 2) investierten Wertpapierportfolios auf. Im Rendite-Volatilitätsvergleich mit den anderen Indizes zeigt sich, dass der BVG-Index eine Rendite erbracht hat, die höher ist als die aller betrachteten Anleihen und tiefer als die aller betrachteten Aktien- und Wandelanleihenindizes. Allerdings wird diese Rendite bei einer vergleichsweise geringen Volatilität erreicht. Aus diesem Grund hat der BVG-Index das höchste Sharpe-Ratio. Auch in den Subperioden ist das Sharpe-Ratio dieses Indexes relativ hoch. Wenn man den BVG Index in einem Risiko-Rendite-Diagramm im Anhang positioniert, sieht man, dass er sehr nahe an der Effizienzgrenze liegt.

Ansonsten lässt sich bei den Sharpe-Ratios kein einheitliches Bild erkennen. Die Sharpe-Ratios für Wandelanleihen sind mit denen anderer Anlagekategorien vergleichbar. Als Approximation für den zur Berechnung der Sharpe-Ratios notwendigen risikolosen Zins wurde die mittlere Rendite von einmonatigen Geldmarktpapieren (Eurofranken) während des Untersuchungszeitraums verwendet: 2,11%.

Die einzelnen Indizes sind in Abbildung 4-1 jeweils als Punkte dargestellt.



**Abbildung 4-1: Lage der Indizes im Mean-Variance-Diagramm**

Unterteilt man den Beobachtungszeitraum in zwei gleich lange Subperioden, so ergibt sich folgendes Bild:

	Mittelwert	Volatilität	Sharpe-Ratio
MSCI Aktien Schweiz	12.74%	12.75%	0.8334
MSCI Aktien Welt	10.12%	14.22%	0.5636
Pictet Anleihen Schweiz	5.65%	2.48%	1.4256
Salomon Staatsanl. Welt	6.60%	5.66%	0.7931
WDR CV Schweiz	6.85%	15.55%	0.3051
WDR Global Vanilla CV	3.93%	10.97%	0.1661
WDR Global ATM CV	4.53%	7.72%	0.3133
Pictet BVG	6.83%	4.47%	1.0568

**Tabelle 2: 1. Subperiode (2/1994 bis 2/1997)**

	Mittelwert	Volatilität	Sharpe-Ratio
MSCI Aktien Schweiz	12.40%	21.21%	0.4852
MSCI Aktien Welt	22.73%	21.14%	0.9754
Pictet Anleihen Schweiz	3.05%	2.71%	0.3458
Salomon Staatsanl. Welt	3.56%	5.99%	0.2414
WDR CV Schweiz	15.10%	18.22%	0.7127
WDR Global Vanilla CV	23.82%	17.17%	1.2645
WDR Global ATM CV	13.36%	10.34%	1.0880
Pictet BVG	8.14%	5.90%	1.0217

**Tabelle 3: 2. Subperiode (2/1997 bis 1/2000)**

Bei einem Vergleich der Korrelationen (s. Tabelle 4) fällt auf, dass die internationalen Anleihen negativ mit vielen anderen Kategorien korrelieren. Alle Indizes für Wandelanleihen haben eine recht hohe Korrelation mit internationalen Aktien. Sie ist immer höher als die jeweilige Korrelation mit schweizerischen Aktien. Am geringsten sind die Korrelationen der Wandelanleihen mit den Anleihen (internationale und schweizerische). Dies ergibt sich für alle Wandelanleihenindizes. Die Wandelanleihen korrelieren untereinander deutlich positiv.

	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global Vanilla CV	WDR Global ATM CV
MSCI Aktien Schweiz	1.00	0.35	0.21	0.21	0.63	0.26	0.51
MSCI Aktien Welt	0.35	1.00	0.15	-0.34	0.73	0.93	0.53
Pictet Anleihen Schweiz	0.21	0.15	1.00	0.18	0.38	0.17	0.17
Salomon Staatsanl. Welt	0.21	-0.34	0.18	1.00	-0.22	-0.32	0.37
WDR CV Schweiz	0.63	0.73	0.38	-0.22	1.00	0.67	0.40
WDR Global Vanilla CV	0.26	0.93	0.17	-0.32	0.67	1.00	0.62
WDR Global ATM CV	0.51	0.53	0.17	0.37	0.40	0.62	1.00

**Tabelle 4: Durchschnittliche Korrelationen von 2/1994 bis 1/2000**

Um die Stabilität der Korrelationen zu untersuchen, wurde der Beobachtungszeitraum in zwei Subperioden unterteilt (s. Tabelle 5 und Tabelle 6). Dabei erweisen sich die vorher gewonnen Ergebnisse nur mit Einschränkungen als stabil. Lediglich in der zweiten Subperiode ergibt sich ein Bild, wie es für die gesamte Periode charakteristisch ist.

	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global Vanilla CV	WDR Global ATM CV
MSCI Aktien Schweiz	1.00	-0.15	0.32	0.42	0.27	-0.20	0.38
MSCI Aktien Welt	-0.15	1.00	0.27	-0.37	0.60	0.93	0.15
Pictet Anleihen Schweiz	0.32	0.27	1.00	0.18	0.55	0.37	0.27
Salomon Staatsanl. Welt	0.42	-0.37	0.18	1.00	-0.23	-0.27	0.68
WDR CV Schweiz	0.27	0.60	0.55	-0.23	1.00	0.57	0.04
WDR Global Vanilla CV	-0.20	0.93	0.37	-0.27	0.57	1.00	0.25
WDR Global ATM CV	0.38	0.15	0.27	0.68	0.04	0.25	1.00

**Tabelle 5: Durchschnittliche Korrelationen in der 1. Subperiode (2/1994 bis 2/1997)**

	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global Vanilla CV	WDR Global ATM CV
MSCI Aktien Schweiz	1.00	0.56	0.15	0.10	0.83	0.44	0.59
MSCI Aktien Welt	0.56	1.00	0.14	-0.33	0.82	0.93	0.72
Pictet Anleihen Schweiz	0.15	0.14	1.00	0.12	0.28	0.15	0.15
Salomon Staatsanl. Welt	0.10	-0.33	0.12	1.00	-0.21	-0.36	0.16
WDR CV Schweiz	0.83	0.82	0.28	-0.21	1.00	0.75	0.62
WDR Global Vanilla CV	0.44	0.93	0.15	-0.36	0.75	1.00	0.78
WDR Global ATM CV	0.59	0.72	0.15	0.16	0.62	0.78	1.00

**Tabelle 6: Durchschnittliche Korrelationen in der 2. Subperiode (2/1997 bis 1/2000)**

Sowohl bei Renditen und Volatilitäten als auch bei den Korrelationen fällt auf, dass die Werte im Zeitablauf nicht stabil sind. Kurzfristige Verschiebungen in der Korrelations- und der Rendite-Risiko Struktur können einen grossen Einfluss auf die risikoadjustierte Performance eines Portfolios ausüben. In diesem Zusammenhang gilt es, einige Charakteristiken von Wandelanleihen im Auge zu behalten. Beispielsweise fällt auf, dass Wandelanleihen im Gesamtzeitraum der Untersuchung jeweils eine tiefere Rendite erwirtschafteten als Aktienanlagen im entsprechenden Markt, allerdings auch bei geringerer Volatilität. Dieser Effekt ist im Gesamtzeitraum (Tabelle 1) und in den Subperioden (Tabelle 2 und Tabelle 3) zu beobachten. Eine Ausnahme diesbezüglich stellen schweizerische Wandelanleihen dar, die in der ersten Subperiode trotz tieferer Rendite eine höhere Volatilität aufweisen als der Aktienmarkt.

### **WANDELANLEIHEN ALS HYBRIDE INSTRUMENTE**

Die tiefere Rendite von Wandelanleihen verglichen mit dem entsprechenden Aktienmarkt ist mit der Funktionsweise des Instruments Wandelanleihe zu erklären. Da Wandelanleihen eine konvexe Payoff-Struktur (Abschnitt 2.7) aufweisen, ist – ausser in Extremfällen von weit in oder aus dem Geld liegenden Wandelanleihen – der Käufer einer Wandelanleihe bereit, eine

Optionsprämie zu entrichten. Diese Optionsprämie äussert sich in Wandelanleihepreisen, die über der Parität und über dem Wert des reinen Bondanteils der Wandelanleihe liegen. Die Optionsprämie muss bei steigenden Aktienkursen zuerst wettgemacht werden, d.h. der Preis der Wandelanleihe steigt unterproportional zum Preis der Aktie. Genau dieser Effekt kann in den Tabellen beobachtet werden. Weil in dieser Zeitperiode die Aktienkurse im allgemeinen gestiegen sind, weisen die Wandelanleihen eine geringere Rendite auf als die entsprechenden Aktienmärkte.

Der umgekehrte Effekt tritt bei sinkenden Aktienpreisen ein. In diesem Fall sinken die Preise der Wandelanleihen tendenziell weniger stark als die entsprechenden Aktien. Da die Aktien im gesamten Untersuchungszeitraum und in den Subperioden im Durchschnitt an Wert zulegen, kann dieser zweite Effekt in dieser Untersuchung nicht beobachtet werden. Da er aber oft die Hauptmotivation für das Halten von Wandelanleihen darstellt, sei er hier nochmals erwähnt.

Aus Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 ist ersichtlich, dass der WDR ATM Index durchwegs eine tiefere Rendite und eine tiefere Volatilität ausweist als der WDR Vanilla Index. Dies liegt daran, dass bei steigenden Aktien viele Wandelanleihen „ins Geld gehen“. Je tiefer aber eine Wandelanleihe im Geld notiert, desto stärker ähnelt sie einer Aktie, mit entsprechenden Risiko-Rendite Kennzahlen (höhere erwartete Rendite und höhere Volatilität). Darum ist in Zeiten steigender Aktienkurse zu erwarten, dass die Rendite und die Volatilität von at-the-money Wandelanleihen geringer ausfallen als im Durchschnitt aller Wandelanleihen, da die Mehrheit der Wandelanleihen aufgrund der günstigen Aktienpreisentwicklung höchstwahrscheinlich in-the-money sein wird. Solange der Gesamtindex zu einem wesentlichen Teil aus in-the-money Wandelanleihen besteht, kann davon ausgegangen werden, dass der WDR ATM Index weniger volatil ist als der WDR Vanilla Index. Liegt aber nach ausgeprägten Baisseperioden – die allerdings im Untersuchungszeitraum nicht beobachtet werden können – die Mehrheit der Wandelanleihen out-of-the-money, ist zu erwarten, dass der WDR ATM Index eine höhere Volatilität aufweisen wird als der Gesamtindex.

Die genannten Effekte können auch in der Korrelationsmatrix beobachtet werden. So weist beispielsweise der WDR Vanilla Index eine höhere Korrelation mit dem MSCI Welt Index auf als der WDR ATM Index. In der ersten Subperiode ist der Unterschied gar sehr deutlich (0.93 vs. 0.15). Diese Korrelation unterstützt die Hypothese, dass in-the-money Anleihen

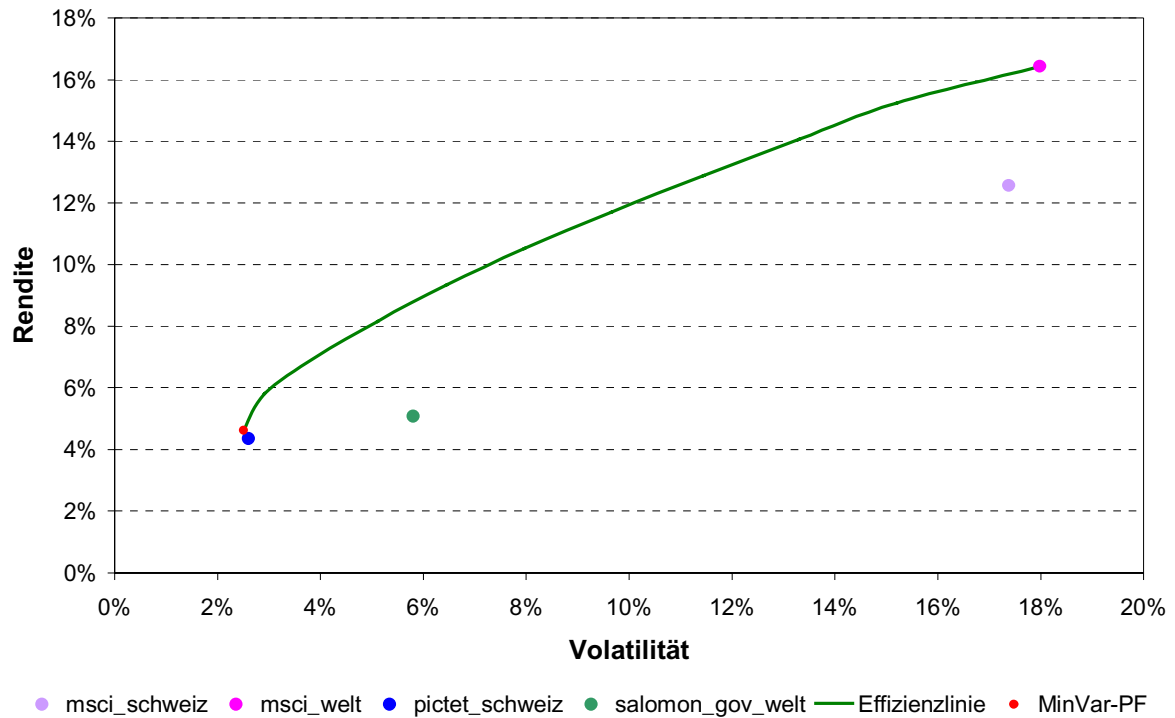
die Rendite-, Risiko-, und Korrelationseigenschaften des WDR Vanilla Index bestimmt haben. Die Korrelation zwischen dem Wandelanleihenindex und dem Salomon Welt Index ist sogar negativ, genau wie die Korrelation zwischen dem MSCI Welt und dem Salomon Welt Index. Ein Vergleich dieser Korrelation mit der Korrelation zwischen dem WDR ATM Wandelanleihenindex und dem Salomon Welt Index zeigt die hybride Eigenschaft von at-the-money Wandelanleihen auf. Die Korrelation WDR ATM- Salomon Bondindex liegt höher als die Korrelationen zwischen WDR Vanilla und Salomon Welt und ist sogar positiv (0.37). Gleichzeitig ist die Korrelation WDR ATM - MSCI Welt tiefer als die Korrelation zwischen WDR Vanilla und MSCI Welt.

### **4.3 Portfoliooptimierung**

Zu Beginn der Untersuchung wurden aus historischen Daten optimale Portfolios für einen Investor konstruiert, der in schweizerische und globale Aktien sowie in schweizerische und globale Anleihen investieren möchte. Dazu wurden jeweils die oben beschriebenen Indizes verwendet.

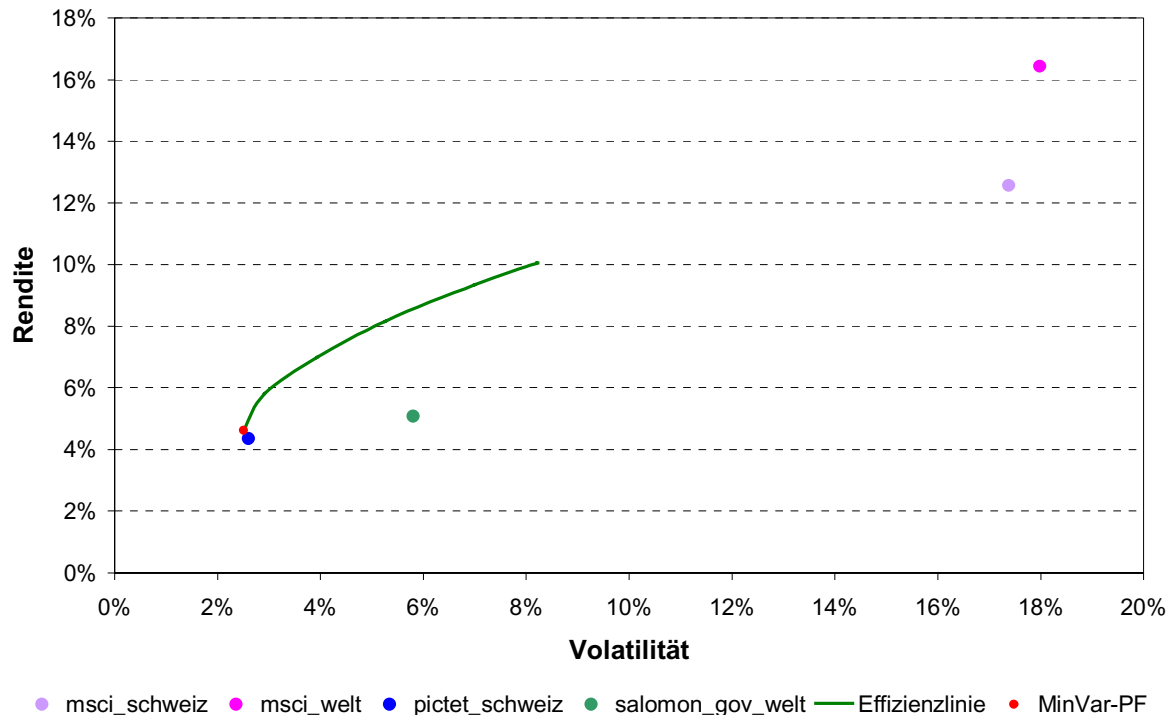
#### **OHNE WANDELANLEIHEN**

In der folgenden Abbildung sind alle effizienten Portfolios, die sich aus einer Kombination dieser vier Indizes ergeben, auf einem Kurvenzug, der sogenannten efficient frontier, dargestellt. Jeder Punkt auf dieser Kurve stellt ein effizientes Portfolio dar, d.h. es gab in der Untersuchungsperiode kein Portfolio, das aus den vier gewählten Indizes gebildet werden kann und das für ein gegebenes Risiko eine höhere Rendite erbracht hat. Das Diagramm zeigt die effizienten Portfolios, die ohne Anlagerestriktionen gemäss (Art. 54 BVV 2) gebildet werden konnten. Es wurde einzig angenommen, dass die Anteile der vier Indizes an den effizienten Portfolios zwischen 0% und 100% liegt. Damit sind Leerverkäufe und auf Kredit finanzierte Investitionen ausgeschlossen.



**Abbildung 4-2: Keine Restriktionen; 4 Indizes**

Pensionskassen, die den strikteren Kriterien für die Vermögensanlage unterliegen und nicht von der neuen Erweiterung der Anlagemöglichkeiten über die bestehenden Beschränkungen hinaus gemäss Art. 59 BVV 2 profitieren können, müssen die Begrenzungen gemäss Art. 54 BVV 2 einhalten (siehe oben). Die effizienten Portfolios unter Berücksichtigung dieser Anlagerestriktionen sind in der Abbildung 4-3 dargestellt.



**Abbildung 4-3: Mit Restriktionen; 4 Indizes**

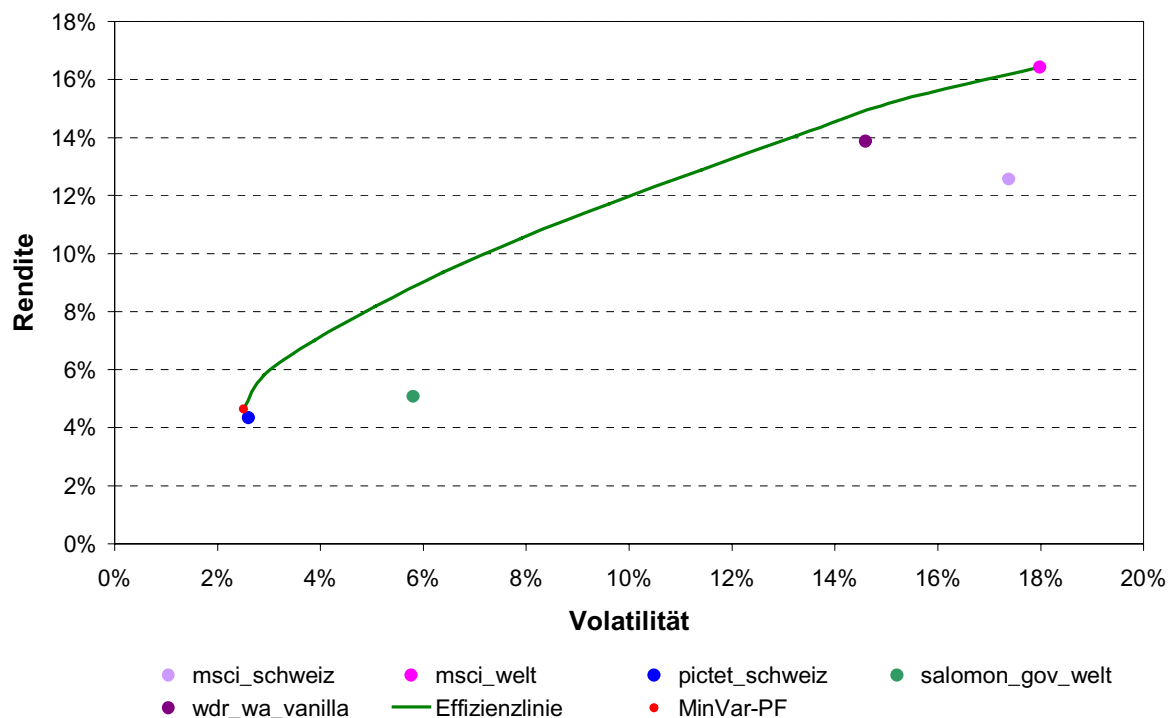
Die zusätzlichen Restriktionen wirken sich deutlich auf die effizienten Portfolios aus. Die efficient frontier ist viel kürzer als vorher. Das heisst, dass mit den Restriktionen kein effizientes Portfolio gebildet werden konnte, das eine höhere jährliche Rendite als etwa 10% abgeworfen hat. Nur im Bereich mit niedrigen Volatilitäten sind die Zusammensetzungen der effizienten Portfolios in den beiden betrachteten Fällen identisch. Mit höheren Volatilitäten ändern sich auch die Anteile der vier Indizes sehr stark. Der Grund dafür ist, dass unter Restriktionen gerade die beiden Indizes, die eine hohe Rendite aufweisen, nämlich Aktienindizes, nicht mehr zu 100% im Portfolio sein dürfen. Investitionen zu 100% in den MSCI-Weltindex, wie im unrestringierten Fall, sind nicht mehr erlaubt. Sie dürfen nur noch maximal 25% beitragen.

Bereits unterhalb der Grenze von 3.94% für die Volatilität und 6.98% für die Rendite ist der maximal zulässige Anteil von 30% für internationale Anleihen erreicht gewesen (s. Tabelle 10). Ab diesem Punkt verläuft die Kurve im restringierten Fall leicht unter derjenigen im unrestringierten Fall. Die Gewichte verschieben sich zu Gunsten schweizerischer Aktien und Anleihen. Im Bereich hoher Renditen werden genau so viele internationale Anlagen gehalten,

wie maximal erlaubt ist. Diese Erläuterungen lassen sich zusammen mit den abgebildeten Diagrammen auch mit den dazugehörigen Tabellen im Anhang leicht nachvollziehen.

### MIT WANDELANLEIHEN

Nun soll das bisherige Anlageuniversum um Wandelanleihen erweitert werden. Verwendet man dazu den WDR Vanilla Index, so ergibt sich für den unrestringierten Fall die efficient frontier in der folgenden Abbildung.



**Abbildung 4-4: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla**

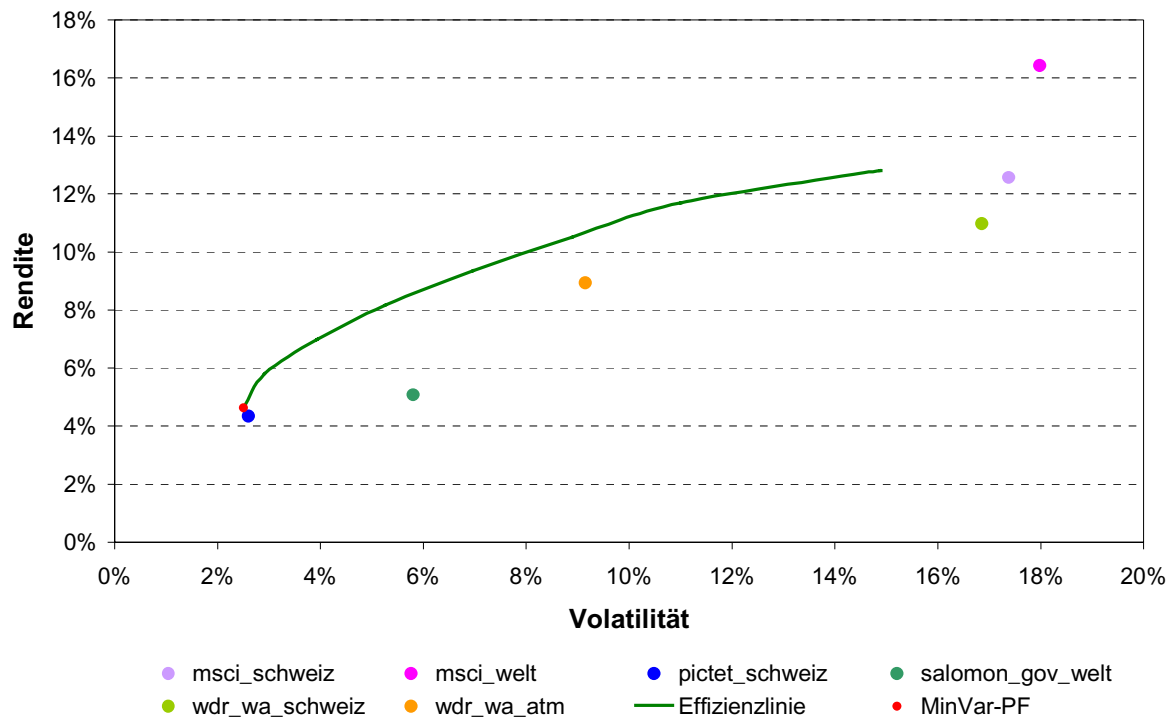
In diesem Fall sind Wandelanleihen Teil der effizienten Portfolios. Der Anteil der Wandelanleihen steigt in effizienten Portfolios mit höherer Volatilität bis zu einem Maximalwert von über 22%, bevor er bei noch höherer Volatilität wieder sinkt (vgl. Tabelle 11). Der gestiegene Anteil ging in erster Linie zu Lasten des MSCI-Weltaktienindex. Dagegen sind die Anteile schweizerischer Aktien leicht gestiegen. Dies deutet auf eine gewisse Kompensation für den stark gesunkenen Anteil des MSCI-Weltaktienindex hin. Insgesamt sind Wandelanleihen über fast das ganze Renditespektrum betrachtet in effizienten Portfolios vorhanden und haben damit zu Verbesserungen der efficient frontier geführt. Die Renditeverbesserung betrug aller-

dings in keinem Fall mehr als etwa 10 Basispunkte. Dies gilt allerdings nur für den WDR Vanilla Index. Erlaubt man Investitionen in Wandelanleihen lediglich über den WDR ATM Index, so lässt sich in dieser Betrachtung keine Verbesserung erreichen; dieser Index ist in keinem effizienten Portfolio vertreten (s. Tabelle 13).

Erweitert man das Anlageuniversum im *unrestringierten* Fall zusätzlich um schweizerische Wandelanleihen, dann hat dies keinen Effekt: Der Anteil schweizerischer Wandelanleihen an allen effizienten Portfolios beträgt Null, und die Zusammensetzungen ändern sich auch sonst nicht. Diese Ergebnisse sind stabil für die zwei untersuchten Fälle, nämlich dass das Anlageuniversum neben den schweizerischen Wandelanleihen noch aus dem WDR ATM Index bzw. dem WDR Vanilla Index besteht (s. Tabelle 15 und Tabelle 17).

Wie weiter oben beschrieben, verschlechtern die *Restriktionen* die Anlagemöglichkeiten unter den vier Indizes für schweizerische/internationale Aktien und Anleihen. Erweitert man das Anlageuniversum um Indizes für Wandelanleihen, so lässt sich eine Verbesserung der efficient frontier erreichen. Sobald im restringierten Fall Wandelanleihen in das Anlageuniversum aufgenommen werden, steigt der Anteil der Wandelanleihen in fast allen effizienten Portfolios. Der Anteil der Wandelanleihen steigt bei hoher gewünschter Rendite zu Lasten internationaler Anleihen (Salomon Welt Index). Umgekehrt ist bei niedriger Rendite und niedriger Volatilität der Anteil der Wandelanleihen in den effizienten Portfolios niedrig, während der Anteil internationaler Anleihen hoch ist. Diese Ergebnisse sind stabil, wenn man Investitionen jeweils in nur einen der beiden folgenden Wandelanleihenindizes zulässt: den WDR ATM Index bzw. den WDR Vanilla Index (vgl. Tabelle 10 mit Tabelle 12 sowie mit Tabelle 14).

Erweitert man das Anlageuniversum um eine weitere Wandelanleihenkategorie, nämlich den WDR Schweiz Index, so lässt sich eine weitere Verbesserung erreichen. Dies gilt allerdings nur unter Anlagerestriktionen. Im folgenden werden beispielhaft der WDR Schweiz und der WDR ATM als Indizes für Wandelanleihen zusammen mit den anderen Indizes dargestellt.



**Abbildung 4-5: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz und WDR ATM**

Dem Diagramm kann man entnehmen, dass die efficient frontier wesentlich länger ist als im restringierten Fall ohne Wandelanleihen. Das heisst, dass man auch unter den Restriktionen gemäss Art. 54 BVV 2 bei höheren gewünschten Renditen effiziente Portfolios erreichen kann. Interessant sind auch die Anteile der unterschiedlichen Indizes in den effizienten Portfolios. In effizienten Portfolios mit niedrigen Renditen gibt es gar keine Wandelanleihen. Im Bereich mit mittleren Renditen gibt es nur eine Kategorie von Wandelanleihen, nämlich den WDR ATM Index. Dagegen werden bei hohen Renditen nur schweizerische Wandelanleihen im Portfolio gehalten. Der Anteil des WDR Schweiz Index beträgt sogar 45% (s. Tabelle 18). Bei fehlender Anlagemöglichkeit in schweizerische Wandelanleihen würde dieser Anteil zwischen dem Pictet-Index für schweizerische Bonds und internationalen ATM-Wandelanleihen aufgespalten.

Allgemein scheint durch die vermehrte Berücksichtigung von Wandelanleihen in restringierten Portfolios die Begrenzung der Anlagemöglichkeiten in Aktien teilweise ausgeglichen werden zu können. So ist in Tabelle 16 der unter den Anlagerestriktionen maximal zulässige Anteil an internationalen Anleihen von 30% durch die Investition in Wandelanleihen (WDR

Vanilla) voll ausgeschöpft. Anhand der Tabellen im Anhang lassen sich diese Erläuterungen leicht nachvollziehen.

#### **4.4 Diskussion der Portfolio-Optimierung**

Die Portfoliooptimierung im vorangehenden Abschnitt zeigt auf, dass Wandelanleihen dazu dienen können, Exposure gegenüber Aktien zu haben, ohne Aktien zu halten. Zudem tendieren Wandelanleihen dazu, den Platz von Bonds einzunehmen in effizienten Portfolios mit höheren Rendite-Risiko Kombinationen.

Dieses Resultat kommt nicht zuletzt daher, dass im Untersuchungszeitraum mit Bonds im Vergleich zu Aktien nur eine relativ geringe Rendite erwirtschaftet werden konnte. Weil Wandelanleihen als hybride Instrumente zum Teil Aktiencharakter ausweisen, tendieren sie dazu, Bonds in Portfolios mit hoher Rendite und hohem Risiko zu verdrängen. Dieses Resultat ist allerdings geprägt vom Untersuchungszeitraum. Die Zeit von 1994 bis 2000 war durch hohe Aktienrenditen gekennzeichnet. Somit kam Wandelanleihen in erster Linie die Rolle von Aktien zu. Es ist davon auszugehen, dass die Resultate – wären die Aktienkurse in diesem Zeitraum auf breiter Front gefallen – etwas anders ausgefallen wären. Nicht die Aktienkomponente, sondern die Bondkomponente hätte in diesem Fall die Attraktivität der Wandelanleihen bestimmt.

Die besondere Eigenschaft von Wandelanleihen ist ihr Optionscharakter. Die Wandlung erfolgt nämlich nur dann, wenn sie sich lohnt. Lohnt sich eine Wandlung nicht, kommt die Wandelanleihe einem Corporate Bond gleich, allerdings bei geringerem Yield wegen der Abgeltung des Wandelrechtes. Eine Wandelanleihe offeriert so einen durch das Zins- und das Kreditrisiko beschränkten Schutz vor fallenden Aktienkursen und hat deshalb eine gewisse Ähnlichkeit mit kapitalgeschützten, strukturierten Finanzprodukten. Wandelanleihen eignen sich deshalb insbesondere für Personen oder Institutionen, welche auf diesen Schutz Wert legen und entsprechend bereit sind, dafür eine Optionsprämie zu bezahlen.

Da Wandelanleihen hybride Finanzinstrumente mit konvexer Payoffstruktur sind, wird ihnen die Rendite-Volatilitäts-Analyse nicht ganz gerecht. Man muss sich bewusst sein, dass die Rendite-Varianz-Analyse die Konvexität des Instrumentes nicht erfassen kann. Die Beurtei-

lung von Wandelanleihen aufgrund von Rendite-Varianz-Analysen muss deshalb als Approximation verstanden werden.

Einschränkend muss weiter festgehalten werden, dass diese Studie mit einem recht kleinen Anlageuniversum durchgeführt worden ist. Grundsätzlich führt das Hinzufügen einer Anlageklasse eher dann zu einer Verbesserung im Rendite-Risiko Diagramm, je weniger Assetklassen vorhanden sind. Es ist also denkbar, dass der Einfluss der Wandelanleihen geringer ausgefallen wäre, wenn neben den vier Aktien- und Bondindizes noch weitere Indizes auf andere Anlagekategorien zur Verfügung gestanden hätten.

Rendite-Risiko-Optimierungen mit historischen Daten erlauben die Bestimmung von effizienten Portfolios im Rückblick. Dies bedeutet nicht, dass zum heutigen Zeitpunkt dieselben Portfolios ex ante effizient sind, da sich die erwartete Risiko-Rendite Struktur im Zeitablauf ändern kann. Ebenso führte eine Optimierung zu Beginn des Untersuchungszeitraumes nicht notwendigerweise zu denselben effizienten Portfolios wie die rückblickende Optimierung, da nur für die rückblickende Optimierung die exakten Kennzahlen (Rendite, Volatilität, Korrelationsstruktur) für den Untersuchungszeitraum vorliegen.

#### **4.5 Fazit: Wandelanleihen für Pensionskassen**

Die vorliegende, auf einer Rendite-Risiko-Analyse basierenden Untersuchung zeigt, dass Wandelanleihen in bestimmten Fällen eine sinnvolle Ergänzung für ein Pensionskassenportfolio darstellen können. Besonders Pensionskassen, die Anlagerestriktionen bezüglich des Aktienanteiles unterliegen, konnten in der untersuchten Zeitperiode durch die Investition in Wandelanleihen eine Verbesserung der Rendite-Risiko Struktur ihres Portfolios erreichen. Auch wenn das Portfolio keinen Anlagerestriktionen unterworfen ist, kommen Wandelanleihen in diversen effizienten Portfolios vor. Schweizerische Wandelanleihen waren dabei in der Vergangenheit weniger attraktiv als ausländische Titel. Die vorliegende Studie liefert Hinweise, dass es insbesondere für risikofähige Pensionskassen unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll sein kann, den Bondanteil am Gesamtportfolio zugunsten von Wandelanleihen zu reduzieren.

## LITERATUR

Black, F. und M. Scholes (1973), *The Valuation of Options and Corporate Liabilities*, Journal of Political Economy 81(3), pp. 637-654.

Cox, J., S.A. Ross und M. Rubinstein (1979), *Option Pricing: A Simplified Approach*, Journal of Financial Economics 7(3), pp. 229-263.

Figlewski, S. (1997), *Forecasting Volatility*, Financial Markets, Institutions & Instruments 6(1), Salomon Center, New York University.

Hull, John C. (2000), *Options, Futures, and Other Derivatives*, 4. Auflage, Prentice-Hall, Upper Saddle River NJ.

Markowitz, H. (1987), *Mean Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets*, Blackwell, Cambridge MA.

Tsiveriotis, K. und C. Fernandes (1998), *Valuing Convertible Bonds with Credit Risk*, Journal of Fixed Income 8(2), pp. 95-102.

Verordnung über die berufliche Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV 2), Änderung April 2000.

## 5 ANHANG

### 5.1 Erläuterungen zur dynamische Replikation

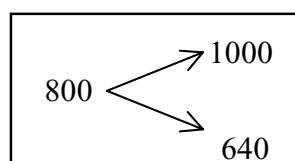
#### FUNKTIONSWEISE

Die Preisentwicklung eines derivativen Finanzinstrumentes (z.B. einer Option oder einer Wandelanleihe) kann mittels eines sogenannten replizierenden Portfolios bestehend aus Aktien und Bonds nachgebildet werden. Das Prinzip der dynamischen Replikation kann am übersichtlichsten anhand einer Call-Option geschildert werden. Indem Wandelanleihen als hybride Instrumente bestehend aus Obligationsteil und Optionsteil angeschaut werden, lassen sich die aus dem Beispiel einer Optionsreplikation gewonnenen Einsichten auf Wandelanleihen übertragen.

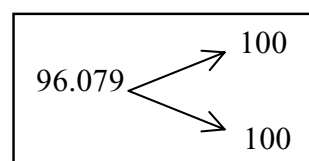
In einer ersten Stufe wird das Konzept der dynamischen Replikation mittels eines einfachen Ein-Schritt-Binomialbaumes erläutert. Danach soll das Vorgehen durch die Verwendung eines realistischeren Aktienkursprozesses verallgemeinert werden.

Es wird angenommen, dass eine Aktie im Wert von 800 CHF nach einem Jahr zwei Werte annehmen kann: 1000 CHF oder 640 CHF. Der risikolose Zerobond wird hingegen unabhängig von der Preisentwicklung der Aktie 100 CHF auszahlen. Dies entspricht einer stetigen Verzinsung von 4%.

Aktienpreisentwicklung:

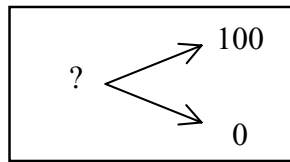


Preisentwicklung des Zerobonds:



Wenn die Call-Option einen Ausübungspreis von 900 und eine Restlaufzeit von einem Jahr besitzt, wird die Auszahlungsstruktur der Option in Abhängigkeit der Aktienkursentwicklung wie folgt aussehen:

Preisentwicklung der Call-Option:



Wenn die Aktie am Ende des Jahres 1000 CHF Wert ist, wird die Call-Option  $1000 - 900 = 100$  CHF Wert sein. Andernfalls ist die Option wertlos, denn der Ausübungspreis (900 CHF) liegt über dem Marktpreis der Aktie (640 CHF).

Nun kann ein Portfolio bestehend aus  $n$  Aktien und  $m$  Bonds gefunden werden, welches die gleiche Payoff Struktur aufweist wie diese Call-Option. Dazu wird das folgende Gleichungssystem mit zwei Gleichungen und zwei Unbekannten gelöst. Damit wird verlangt, dass das Portfolio im Fall eines Aktienanstiegs einen Wert von 100 CHF besitzt und anderenfalls einen Wert von 0.

$$\begin{cases} n * 1000 + m * 100 = 100 \\ n * 640 + m * 100 = 0 \end{cases}$$

Die Lösung des Gleichungssystems lautet:  $n = 0.2778$  und  $m = - 1.7778$ .

Die Auszahlungsstruktur der betrachteten Option kann also durch ein Portfolio bestehend aus 0.2778 Aktien und einem Kredit (man beachte das Minuszeichen) in der Höhe von  $1.7778 * 96.079 = 170.81$  CHF nachgebildet werden. Entsprechend beträgt der Preis der Call-Option  $0.2778 * 800 - 170.81 = 51.43$  CHF.

Wenn man für die Aktienkursbewegung nicht eine einfache Binomialentwicklung, sondern einen stetigen Prozess postuliert<sup>3</sup>, ist zur perfekten Nachbildung des Optionspreises eine dynamische Investitionsstrategie in Aktien und Bonds mit kontinuierlichen Portfolioumschichtungen erforderlich. Dies bedeutet, dass entsprechend der Aktienpreisentwicklung in jedem Zeitpunkt eine Umschichtung des replizierenden Portfolios erforderlich ist, um den Options-

---

<sup>3</sup> Im Standardmodell von Black und Scholes (1973) wird beispielsweise von einer geometrischen Brown'schen Bewegung der Aktienkursentwicklung ausgegangen.

preis nachzubilden. Bewegt sich der Aktienpreis nach oben, so ist es erforderlich, die Aktienposition im replizierenden Portfolio einer Call-Option zu erhöhen. Sinkt der Aktienpreis, so muss die Aktienposition im replizierenden Portfolio verkleinert werden.

### **REPLIKATION IN DER PRAXIS**

Natürlich ist es in der Praxis nicht möglich, kontinuierlich Portfolioanpassungen durchzuführen. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass die Replikation nur approximativ gelingen kann. Zudem sind Portfolioanpassungen mit nicht vernachlässigbaren Transaktionskosten verbunden.

Im nachfolgenden Beispiel wird eine europäische Call-Option mit einer Anfangsrestlaufzeit von einem Jahr und einem Ausübungspreis von 100 CHF mittels täglichen Portfolioanpassungen repliziert. Ausgehend von einer simulierten Aktienkursentwicklung wird entsprechend der Restlaufzeit und dem Kurs der Aktie der Black-Scholes Preis dieser Call-Option berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Aktie einen Drift von 10% und eine Volatilität von 30% aufweist. Darüber hinaus wird mit einem einfachen risikolosen Zinssatz in Höhe von 2.65% operiert.

Das Delta stellt die zur optimalen Replikation erforderliche Anzahl Aktien dar (Spalte acht in der Tabelle). Die daraus resultierende Aktienposition sowie die entsprechende Anlage (Kreditposition) in den risikolosen Bond sind ebenfalls ausgewiesen.

Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, dass eine perfekte Replikation hauptsächlich aus zwei Gründen scheitert. Erstens entsteht aufgrund der nicht kontinuierlichen Portfolioanpassungen ein sogenannter Replikationsfehler (siehe Spalte fünf in Tabelle A1), ein Unterschied zwischen dem theoretischen Black/Scholes Preis und dem Wert des replizierenden Portfolios. Dieser Fehler stellt zwar nicht immer einen Verlust dar. Dennoch verunmöglicht er eine reibungslose Nachbildung des mit der Black/Scholes Formel berechneten Optionspreises durch das replizierende Portfolio.

Restlaufzeit Handelstage	Aktien- kurs	Callpreis theoretisch	Wert des Replikations- portfolio	Replikations- fehler	Transaktions- kosten	Kumulierte Gesamt- kosten	Delta	Aktien- position
261	100.00	13.10	13.10	0.00	0.17	0.17	0.59	59.37
260	102.77	14.77	14.75	0.03	0.01	0.20	0.63	64.60
259	106.96	17.48	17.40	0.08	0.02	0.30	0.68	72.49
258	108.97	18.84	18.84	0.00	0.01	0.31	0.70	76.26
257	107.00	17.45	17.45	0.00	0.01	0.31	0.68	72.57
256	104.81	15.97	15.96	0.01	0.01	0.33	0.65	68.43
255	102.73	14.61	14.61	0.00	0.01	0.34	0.63	64.47
254	103.85	15.29	15.30	-0.02	0.00	0.33	0.64	66.58
253	104.44	15.64	15.66	-0.02	0.00	0.31	0.65	67.70
252	103.01	14.70	14.71	-0.01	0.01	0.30	0.63	64.97
251	102.15	14.14	14.15	-0.02	0.00	0.29	0.62	63.31
250	100.40	13.04	13.05	0.00	0.01	0.29	0.60	59.94
249	103.96	15.22	15.16	0.06	0.01	0.37	0.64	66.76
248	105.19	16.00	16.01	-0.01	0.00	0.36	0.66	69.11
247	107.41	17.45	17.45	0.01	0.01	0.37	0.68	73.35
246	103.56	14.88	14.82	0.06	0.01	0.45	0.64	65.97
245	105.66	16.22	16.22	0.00	0.01	0.46	0.66	70.00
244	101.63	13.62	13.55	0.08	0.02	0.55	0.61	62.22
243	100.88	13.14	13.16	-0.02	0.00	0.54	0.60	60.75
242	98.63	11.79	11.78	0.01	0.01	0.56	0.57	56.38
<b>241</b>	<b>99.36</b>	<b>12.18</b>	<b>12.20</b>	<b>-0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.54</b>	<b>0.58</b>	<b>57.77</b>

**Tabelle 7: Dynamische Replikation einer Call-Option mit täglicher Portfolioumschichtung**

Ein weiteres Problem bereiten die Transaktionskosten, welche zwangsläufig mit den Portfolioumschichtungen einhergehen. Im Beispiel werden Transaktionskosten in der Höhe von 0.2% für Aktientransaktionen und 0.1% für Bondtransaktionen angenommen.

Die kumulierten Gesamtkosten bestehen aus den Replikationsfehlern und den Transaktionskosten, welche bis zum jeweiligen Zeitpunkt angefallen sind. Sie stellen den eigentlichen Preis für die Replikation dar. Es sind die Kosten, die man zusätzlich zum anfänglichen Optionspreis aufwenden muss, um die Option synthetisch zu konstruieren.

Zwischen dem Replikationsfehler und den Transaktionskosten besteht ein Trade-off. Bei einer hohen Umschichtungsfrequenz wird der Replikationsfehler eher tief ausfallen, weil man dem

Zustand einer kontinuierlichen Portfolioumschichtung näher kommt. Allerdings erfordert die hohe Frequenz der Portfolioumschichtungen zwangsläufig umfangreiche Portfolioanpassungen, die mit Transaktionskosten verbunden sind. Eine tiefe Umschichtungsfrequenz bringt geringere Transaktionskosten mit sich. Der Replikationsfehler wird aber grösser sein.

Tabelle 8 untersucht die Eigenschaften der Optionsreplikation mit wöchentlichen Portfolioanpassungen.

Restlaufzeit Handelstage	Aktien- kurs	Callpreis theoretisch	Wert des Replikations- portfolio	Replikations- fehler	Transaktions- kosten	Kumulierte Gesamt- kosten	Delta	Aktien- position
261.00	100.00	13.10	13.10	0.00	0.17	0.17	0.59	59.37
256.00	104.81	15.97	15.94	0.03	0.02	0.21	0.65	68.43
251.00	102.15	14.14	14.20	-0.07	0.01	0.16	0.62	63.31
246.00	103.56	14.88	14.99	-0.10	0.01	0.06	0.64	65.97
<b>241.00</b>	<b>99.36</b>	<b>12.18</b>	<b>12.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.07</b>	<b>0.58</b>	<b>57.77</b>
236.00	103.36	14.47	14.48	-0.01	0.02	0.08	0.63	65.48
231.00	99.21	11.82	11.82	0.00	0.02	0.09	0.58	57.28
226.00	100.99	12.72	12.82	-0.10	0.01	0.00	0.60	60.70
221.00	101.90	13.13	13.24	-0.12	0.00	-0.11	0.61	62.43
216.00	103.02	13.67	13.79	-0.11	0.00	-0.22	0.63	64.62
211.00	105.73	15.28	15.35	-0.08	0.01	-0.29	0.66	70.08
206.00	100.06	11.58	11.49	0.09	0.02	-0.17	0.58	58.47
201.00	89.59	6.18	5.44	0.74	0.05	0.61	0.42	37.37
196.00	86.12	4.71	4.72	0.00	0.02	0.63	0.36	30.66
191.00	86.80	4.83	4.94	-0.11	0.00	0.52	0.36	31.56
186.00	95.64	8.56	8.03	0.52	0.04	1.09	0.51	48.74
181.00	79.46	2.42	0.29	2.13	0.07	3.29	0.23	18.66
176.00	73.74	1.26	1.07	0.18	0.02	3.49	0.15	10.97
171.00	79.63	2.28	2.13	0.15	0.02	3.66	0.23	18.14
166.00	79.29	2.11	2.19	-0.08	0.00	3.58	0.22	17.24

**Tabelle 8: Dynamische Replikation einer Call-Option mit wöchentlicher Portfolioumschichtung**

Es fällt auf, dass die kumulierten Gesamtkosten bei wöchentlicher und täglicher Portfolioumschichtung doch sehr unterschiedliche Entwicklungen aufweisen. Bei einer Restlaufzeit von 241 Handelstagen zum Beispiel (in beiden Tabellen fett geschrieben), betragen die kumulierten Gesamtkosten 0.54 CHF bei der Tagesfrequenz und nur 0.07 CHF bei einer wöchentlichen

Portfolioumschichtung. Dieses Ergebnis ist jedoch stark von der konkreten Aktienkursentwicklung und den angenommenen Transaktionskosten abhängig.

Unvorhergesehene Sprünge in den Aktienkursen, beispielsweise verursacht durch eine plötzliche Erhöhung der Volatilität bei einem Crash, verunmöglichen eine rechtzeitige Anpassung des Replikationsportfolios und können folglich zu sehr grossen Replikationsfehlern führen. Die Auswirkungen eines unvorhergesehenen Preissprungs sind in Tabelle 8 dargestellt. Zwischen Handelstag 186 und Handelstag 181 ermässigt sich der Preis der Aktie von 95.64 auf 79.46. Dieser plötzliche Anstieg der Volatilität führt zu einem massiven Replikationsfehler: Das replizierende Portfolio hat nach dem Preissprung noch einen Wert von 0.29, der Optionspreis beträgt hingegen 2.42. Der resultierende Replikationsfehler ist im Beispiel mit 2.13 fast so hoch wie der Wert der Option selbst. Für Wandelanleihen bedeutet dies, dass bei einem Crash die dynamische Replikation versagt und somit die synthetisch hergestellte Wandelanleihe dem Anleger nicht dasselbe Ausmass an Schutz vor einer plötzlichen Wertreduktion des Basiswertes gewähren kann wie das Originalprodukt.

Auch ohne Crash führt eine Unter- oder Ueberschätzung der zukünftigen Volatilität des Basiswertes zu einem unter Umständen beträchtlichen Replikationsfehler, falls das Volatilitätsrisiko nicht zusätzlich abgesichert wird. Da Wandelanleihen oft eine lange Restlaufzeit besitzen, stellt das Zinsrisiko eine weitere Fehlerquelle für die Replikation der Optionskomponente dar.

Mit der Replikation der Calloption ist erst ein Teil der Wandelanleihe nachgebildet. Für eine vollständige Replikation muss zusätzlich noch der Obligationsteil der Wandelanleihe nachgebildet werden. Diese Replikation ist ebenfalls mit Problemen behaftet, da nicht nur das Zinsrisiko des Obligationsteils der Wandelanleihe gehedged werden muss, sondern auch das Kreditrisiko. Insbesondere das Kreditrisiko kann in der Regel mangels geeigneten Instrumenten nur ungenau abgesichert werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Approximation der Wertentwicklung von derivativen Finanzinstrumenten und insbesondere von Wandelanleihen mit einer dynamischen Delta-Replikation zwar grundsätzlich möglich, aber mit nicht vernachlässigbaren Kosten und Risiken verbunden ist.

## 5.2 Tabellen der effizienten Portfolios

In den folgenden Tabellen sind jeweils elf effiziente Portfolios (zeilenweise) mit ihrer Rendite, Volatilität und ihrer Zusammensetzung aus den Indizes des Anlageuniversums dargestellt. Insgesamt wurden 5 Anlageuniversen betrachtet, jeweils mit und ohne Anlagerestriktionen gemäss Art. 54 BVV 2. Das heisst, dass in einigen Fällen die Anteile bestimmter Indizes in den Portfolios gewisse Grenzen nicht überschreiten dürfen. Alle betrachteten Anlageuniversen beinhalten die vier gewählten Indizes für schweizerische/internationale Aktien bzw. Bonds: MSCI Aktien Schweiz, MSCI Aktien Welt, Pictet Anleihen Schweiz und Salomon Staatsanleihen Welt. Zusätzlich bestehen die einzelnen Anlageuniversen aus Wandelanleihen in verschiedenen Kombinationen. Für die Wandelanleihen wurden die folgenden Indizes verwendet: WDR Global Vanilla Convertible Index, WDR Global ATM Convertible Index und WDR Convertible Index Schweiz. Pro Tabelle wird im folgenden jeweils ein Anlageuniversum mit bzw. ohne Restriktionen dargestellt.

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.54%	27.05%
3.90%	6.98%	1.02%	18.73%	40.62%	39.62%
5.12%	8.16%	2.83%	26.58%	19.34%	51.25%
6.45%	9.35%	4.91%	34.37%	0.00%	60.73%
7.96%	10.53%	9.69%	41.61%	0.00%	48.70%
9.66%	11.71%	14.48%	48.85%	0.00%	36.67%
11.45%	12.89%	19.27%	56.08%	0.00%	24.65%
13.30%	14.07%	24.06%	63.32%	0.00%	12.62%
15.20%	15.25%	28.85%	70.56%	0.00%	0.59%
17.98%	16.43%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

Tabelle 9: Ohne Restriktionen; 4 Indizes, keine Wandelanleihen

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.54%	27.05%
3.94%	6.98%	2.61%	18.23%	49.15%	30.00%
5.26%	8.16%	7.03%	25.00%	37.97%	30.00%
6.99%	9.35%	21.39%	25.00%	23.61%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%
8.21%	10.05%	30.00%	25.00%	15.00%	30.00%

**Tabelle 10: Mit Restriktionen; 4 Indizes, keine Wandelanleihen**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR Global Vanilla CV
2.50%	4.64%	0.00%	0.00%	84.67%	13.31%	2.02%
2.91%	5.82%	0.00%	6.13%	61.32%	26.97%	5.58%
3.87%	7.00%	1.74%	10.61%	39.27%	38.49%	9.89%
5.07%	8.18%	3.86%	14.70%	17.50%	49.53%	14.41%
6.38%	9.35%	6.52%	19.23%	0.00%	56.00%	18.25%
7.90%	10.53%	11.39%	25.57%	0.00%	43.72%	19.32%
9.60%	11.71%	16.26%	31.92%	0.00%	31.44%	20.39%
11.40%	12.89%	21.21%	37.71%	0.00%	18.98%	22.09%
13.25%	14.07%	26.01%	44.60%	0.00%	6.87%	22.52%
15.18%	15.25%	26.74%	67.49%	0.00%	0.00%	5.77%
17.98%	16.43%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabelle 11: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR Global Vanilla CV
2.50%	4.64%	0.00%	0.00%	84.67%	13.31%	2.02%
2.91%	5.82%	0.00%	6.13%	61.32%	26.97%	5.58%
3.90%	7.00%	3.20%	9.20%	46.53%	30.00%	11.07%
5.22%	8.18%	8.84%	13.40%	36.16%	28.21%	13.39%
6.77%	9.35%	15.11%	16.40%	29.89%	21.54%	17.06%
8.42%	10.53%	21.37%	19.41%	23.63%	14.87%	20.73%
10.11%	11.71%	27.64%	22.41%	17.36%	8.19%	24.39%
11.55%	12.69%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
11.55%	12.69%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
11.55%	12.69%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
11.55%	12.69%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%

**Tabelle 12: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Vanilla**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR Global ATM CV
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%	0.00%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.54%	27.05%	0.00%
3.90%	6.98%	1.02%	18.73%	40.62%	39.62%	0.00%
5.12%	8.16%	2.83%	26.58%	19.34%	51.25%	0.00%
6.45%	9.35%	4.91%	34.37%	0.00%	60.73%	0.00%
7.96%	10.53%	9.69%	41.61%	0.00%	48.70%	0.00%
9.66%	11.71%	14.48%	48.84%	0.00%	36.67%	0.00%
11.45%	12.89%	19.27%	56.08%	0.00%	24.65%	0.00%
13.30%	14.07%	24.06%	63.32%	0.00%	12.62%	0.00%
15.20%	15.25%	28.85%	70.56%	0.00%	0.59%	0.00%
17.98%	16.43%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabelle 13: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR ATM**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR Global ATM CV
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%	0.00%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.54%	27.05%	0.00%
3.94%	6.98%	2.60%	18.24%	49.16%	30.00%	0.00%
5.26%	8.16%	7.03%	25.00%	37.97%	30.00%	0.00%
6.97%	9.35%	18.75%	25.00%	26.25%	24.39%	5.61%
8.89%	10.53%	27.11%	25.00%	17.89%	11.63%	18.37%
10.06%	11.21%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
10.06%	11.21%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
10.06%	11.21%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
10.06%	11.21%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%
10.06%	11.21%	30.00%	25.00%	15.00%	0.00%	30.00%

**Tabelle 14: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR ATM**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global Vanilla CV
2.50%	4.64%	0.00%	0.00%	84.67%	13.31%	0.00%	2.02%
2.91%	5.82%	0.00%	6.12%	61.32%	26.97%	0.00%	5.59%
3.87%	7.00%	1.74%	10.61%	39.27%	38.49%	0.00%	9.89%
5.07%	8.18%	3.86%	14.70%	17.50%	49.53%	0.00%	14.41%
6.38%	9.35%	6.52%	19.23%	0.00%	56.00%	0.00%	18.25%
7.90%	10.53%	11.39%	25.57%	0.00%	43.72%	0.00%	19.32%
9.60%	11.71%	16.33%	31.37%	0.00%	31.27%	0.00%	21.02%
11.40%	12.89%	21.14%	38.26%	0.00%	19.15%	0.00%	21.45%
13.25%	14.07%	26.01%	44.60%	0.00%	6.87%	0.00%	22.52%
15.18%	15.25%	26.74%	67.49%	0.00%	0.00%	0.00%	5.78%
17.98%	16.43%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabelle 15: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR Vanilla**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global Vanilla CV
2.50%	4.64%	0.00%	0.00%	84.67%	13.31%	0.00%	2.02%
2.91%	5.82%	0.00%	6.12%	61.32%	26.97%	0.00%	5.59%
3.90%	7.00%	3.20%	9.20%	46.53%	30.00%	0.00%	11.07%
5.22%	8.18%	8.84%	13.40%	36.16%	28.21%	0.00%	13.39%
6.77%	9.35%	15.11%	16.40%	29.89%	21.54%	0.00%	17.06%
8.42%	10.53%	21.37%	19.41%	23.63%	14.87%	0.00%	20.73%
10.11%	11.71%	27.64%	22.41%	17.36%	8.19%	0.00%	24.39%
11.96%	12.89%	30.00%	25.00%	12.02%	0.00%	2.98%	30.00%
13.64%	13.69%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	15.00%	30.00%
13.64%	13.69%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	15.00%	30.00%
13.64%	13.69%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	15.00%	30.00%

**Tabelle 16: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR Vanilla**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global ATM CV
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%	0.00%	0.00%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.54%	27.05%	0.00%	0.00%
3.90%	6.98%	1.02%	18.73%	40.62%	39.62%	0.00%	0.00%
5.12%	8.16%	2.83%	26.58%	19.34%	51.25%	0.00%	0.00%
6.45%	9.35%	4.91%	34.37%	0.00%	60.73%	0.00%	0.00%
7.96%	10.53%	9.69%	41.61%	0.00%	48.70%	0.00%	0.00%
9.66%	11.71%	14.48%	48.84%	0.00%	36.67%	0.00%	0.00%
11.45%	12.89%	19.27%	56.08%	0.00%	24.65%	0.00%	0.00%
13.30%	14.07%	24.06%	63.32%	0.00%	12.62%	0.00%	0.00%
15.20%	15.25%	28.85%	70.56%	0.00%	0.59%	0.00%	0.00%
17.98%	16.43%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**Tabelle 17: Keine Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR ATM**

Volatilität	Rendite	MSCI Aktien Schweiz	MSCI Aktien Welt	Pictet Anleihen Schweiz	Salomon Staatsanl. Welt	WDR CV Schweiz	WDR Global ATM CV
2.50%	4.62%	0.00%	1.48%	85.29%	13.23%	0.00%	0.00%
2.92%	5.80%	0.00%	10.42%	62.53%	27.05%	0.00%	0.00%
3.94%	6.98%	2.60%	18.24%	49.16%	30.00%	0.00%	0.00%
5.26%	8.16%	7.03%	25.00%	37.97%	30.00%	0.00%	0.00%
6.97%	9.35%	18.75%	25.00%	26.25%	24.39%	0.00%	5.61%
8.89%	10.53%	27.11%	25.00%	17.89%	11.63%	0.00%	18.37%
11.01%	11.71%	30.00%	25.00%	7.56%	0.00%	7.44%	30.00%
14.88%	12.82%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	45.00%	0.00%
14.88%	12.82%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	45.00%	0.00%
14.88%	12.82%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	45.00%	0.00%
14.88%	12.82%	30.00%	25.00%	0.00%	0.00%	45.00%	0.00%

**Tabelle 18: Mit Restriktionen; 4 Indizes + WDR Schweiz + WDR ATM**

## **DIE AUTOREN DIESER STUDIE**

Dr. Manuel Ammann, M.Sc., ist vollamtlicher Dozent für Finanzmarkttheorie an der Universität St.Gallen und leitet Forschungsprojekte am Schweizerischen Institut für Banken und Finanzen.

Axel Kind, lic. oec. HSG, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Schweizerischen Institut für Banken und Finanzen der Universität St.Gallen.

Christian Wilde, lic. oec. HSG, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Schweizerischen Institut für Banken und Finanzen der Universität St.Gallen.

Prof. Dr. Heinz Zimmermann ist Ordinarius für Volkswirtschaft und Finanzmarkttheorie an der Universität St.Gallen und Direktor des Schweizerischen Instituts für Banken und Finanzen.

Schweizerisches Institut für Banken und Finanzen der  
Universität St.Gallen  
Merkurstrasse 1  
CH – 9000 St.Gallen

Telefon      + 41 71 220-3066  
Fax            + 41 71 223-6563  
Web            <http://www.sbf.unisg.ch>