

# Ertragspotenziale für Banken durch verdeckte Fristen- transformation

Oliver Entrop<sup>+</sup>

Robert Sünderhauf<sup>++</sup>

Marco Wilkens<sup>+++</sup>

Keywords: Fristentransformation, Kreditrisiko, Marktzinsrisiko, Strukturmodell

---

<sup>+</sup> Oliver Entrop, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Lehrstuhl für ABWL, Finanzierung und Bankbetriebslehre, Auf der Schanz 49, D-85049 Ingolstadt, email: oliver.entrop@ku-eichstaett.de.

<sup>++</sup> Robert Sünderhauf, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Lehrstuhl für ABWL, Finanzierung und Bankbetriebslehre, Auf der Schanz 49, D-85049 Ingolstadt, email: r.suenderhauf@gmx.de.

<sup>+++</sup> Marco Wilkens, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Lehrstuhl für ABWL, Finanzierung und Bankbetriebslehre, Auf der Schanz 49, D-85049 Ingolstadt, email: marco.wilkens@ku-eichstaett.de.

## A. Einleitung

Als Grundlage ihres Geschäftsmodells gehen Banken regelmäßig gezielt Kredit- und Marktzinsrisiken ein.<sup>1</sup> Nachdem der Fokus von Wissenschaft und Finanzpraxis in den letzten Jahren eher auf Kreditrisiken lag, rücken auch Marktzinsrisiken<sup>2</sup> in letzter Zeit wieder verstärkt in den Mittelpunkt des Interesses.<sup>3</sup> So ist unter anderem abzusehen, dass Marktzinsrisiken – in einer vergleichsweise weit gefassten Form – bankenaufsichtsrechtlich massiv an Bedeutung gewinnen werden.<sup>4</sup>

Im Grundsatz lassen sich zwei Erfolgsquellen im Zusammenhang mit Marktzinsrisiken separieren: Erstens Gewinne aus Zinsspekulationen, die allerdings die Fähigkeit der Bank voraussetzen, Zinssätze im Mittel besser zu prognostizieren als „der Markt“. Diese Ergebniskomponente wird hier nicht betrachtet. Zweitens Gewinne aus Fristentransformation. Hier bezeichnet aktive Fristentransformation die laufzeitinkongruente<sup>5</sup> Refinanzierung von Banken, bei der die durchschnittlich steigende Zinsstrukturkurve<sup>6</sup> durch die Vergabe von Forderungen mit langfristiger Zinsbindung und die Annahme von Einlagen mit kurzfristiger Zinsbindung ausgenutzt wird.<sup>7</sup> Wie unter anderem Schmidt (1981) dargelegt hat,<sup>8</sup> setzen sich Banken dadurch Marktzinsrisiken aus, die zu einer sinkenden Rentabilität führen, falls die Refinanzierung der Aktivgeschäfte nur zu höheren Zinsen möglich ist als im Zeitpunkt ihres Abschlusses.

---

<sup>1</sup> Die bewusste und in der Höhe angemessene Übernahme von Kredit- und Zinsrisiken ist eine zentrale Intermediationsleistung von Banken. Vgl. Schmidt (1979).

<sup>2</sup> Zur Bedeutung von Marktzinsrisiken für Banken siehe Schmidt (1981) und die dort angegebene Literatur.

<sup>3</sup> Zur Quantifizierung und zum Management von Marktzinsrisiken siehe beispielsweise Bessler (1989) und Wilkens sowie die dort angegebene Literatur.

<sup>4</sup> Vgl. BIS.

<sup>5</sup> Im Sinne von Schmidt (1979) könnte auch von "duration-inkongruenter" Refinanzierung gesprochen werden. Vgl. Schmidt (1979), S. 711 f. und die entsprechenden Ausführungen in den Endnoten.

<sup>6</sup> Vgl. zur theoretischen Erklärung der Zinsstruktur exemplarisch Bessler (1989), S. 50-54.

<sup>7</sup> Dieses ist abzugrenzen von der Liquiditätstransformation, die oft auch als Fristentransformation bezeichnet wird, hier aber nicht Gegenstand der Betrachtung ist.

<sup>8</sup> Vgl. Schmidt (1981), S. 250.

Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass über die vergangenen 20 Jahre durch einfache<sup>9</sup> aktivische Fristentransformationsstrategien durchschnittlich deutlich positive Zinsüberschüsse erzielt werden konnten.<sup>10</sup> Wenn eine Bank jedoch nicht in der Lage ist, künftige Zinsentwicklungen besser zu prognostizieren als der Markt, entsprechen diese Zinsüberschüsse im Mittel gerade der kapitalmarktkonformen Entlohnung für die mit der längeren aktivischen Zinsbindung eingegangenen Marktzinsrisiken. Der Barwert einer solchen Fristentransformationsstrategie per heute ist daher im Grundsatz<sup>11</sup> null und verändert somit den heutigen Gesamtwert einer Bank nicht.<sup>12</sup> In diesem Fall kann sich Fristentransformation nur dann positiv auf den Barwert des Eigenkapitals auswirken, wenn die daraus resultierenden Risiken anderen Anteilseignern, vornehmlich den Fremdkapitalgebern, aufgebürdet werden können, ohne dass diese dafür eine risikoadäquate Entlohnung erhalten.<sup>13</sup>

An dieser Stelle setzt der Beitrag an. Basis ist ein Bewertungsmodell, das die Bilanzpassiva von Banken in finanztheoretisch fundierter Weise auf der Grundlage eines Strukturmodells bewertet und dabei neben Kreditrisiken auch Marktzinsrisiken, insbesondere Marktzinsrisiken aus Fristentransformation, berücksichtigt. Neben der Integration stochastischer Zinssätze und einer für Banken typischen kreditportfolioähnlichen Verteilung der Aktiva ist das Modell zusätzlich in der Lage, den Einfluss von Wechselwirkungen zwischen Kredit- und Marktzinsrisiken abzubilden. Es eignet sich daher insbesondere zur Analyse der Auswirkungen beider Risikoarten auf den Wert der Passivpositionen einer Bank. So kann aufgezeigt werden, in welchem Umfang Eigenkapitalgeber Marktzinsrisiken aus Fristentransformation auf Fremdkapitalgeber übertragen können und in wie weit der Wert ihres Vermögens steigt, sofern die Fremdkapitalgeber für das Risiko nicht oder nicht angemessen entgolten werden.

---

<sup>9</sup> Zu komplexeren Strategien einer Optimierung der Laufzeit von Portfolios bonitätsrisikofreier festverzinslicher Wertpapiere, deren Ergebnisse im Grundsatz auf die Festlegung von Fristentransformationsstrategien für Banken übertragen werden könnten, siehe *Schmidt/Treske* und die dort angegebene Literatur.

<sup>10</sup> Vgl. beispielsweise auch *Bessler* (2001), *Entrop/Scholz/Wilkens* und *Wilkens/Entrop/Scholz*.

<sup>11</sup> Nicht berücksichtigt werden an dieser Stelle Wechselwirkungen mit anderen Erfolgsbereichen einer Bank. Vgl. *Wilkens/Entrop/Scholz*. Unter bestimmten Voraussetzungen – wie der Existenz von Konkurskosten – können diese auch zu Änderungen der barwertigen Position der Gesamtbank führen.

<sup>12</sup> Vgl. für eine ausführliche Diskussion *Wilkens/Entrop/Scholz*, S. 434 f., *Sonntag*, S. 17-83, *Wilkens/Zemke*, S. 276 f.

<sup>13</sup> Dies könnte daraus resultieren, dass die Höhe der von den Banken eingegangenen Fristentransformation aus externer Sicht kaum zu erkennen ist. Auch bankenaufsichtsrechtlich werden Zinsrisiken im Bankbuch gegenwärtig nur sehr eingeschränkt betrachtet, so dass es für Banken relativ leicht ist, diese Risiken unbemerkt einzugehen.

Das Strukturmodellkonzept basiert auf Merton (1974) und wurde in verschiedensten Richtungen erweitert.<sup>14</sup> Zentrale Idee ist, die Passiva von Unternehmen als bedingte Ansprüche (Contingent Claims) auf die Unternehmensaktiva aufzufassen und so als Derivate zu bewerten. Eine dieser Arbeit vergleichbare Anwendung eines Strukturmodells auf Finanzintermediäre, insbesondere im Hinblick auf Fristentransformation, findet sich im Bereich der risikoadäquaten Berechnung von Versicherungsprämien, die Banken an Einlagensicherungseinrichtungen zu entrichten haben. So untersuchen Duan/Moreau/Sealey (1995) den Einfluss von Marktzinsrisiken und Einlagensicherung auf den Wert des Eigenkapitals von Banken im Rahmen eines Strukturmodells. Dabei betrachten sie Zinsrisiken aber nur im Allgemeinen und unterscheiden nicht hinsichtlich ihrer Ursächlichkeit. Das gleiche gilt für einen Beitrag von Duan/Sealey/Yan (1999), der in wesentlichen Bereichen auf dem zuvor genannten aufbaut und seinen Fokus auf den Einfluss der begrenzten Haftung von Eigenkapital legt. Beiden Arbeiten ist gemein, dass der Wert der Bankaktiva direkt über einen stochastischen Prozess beschrieben wird. Im Gegensatz dazu verwenden Anderson/Cakici (1999) ein zweites, dem Bankstrukturmodell vorangestelltes Strukturmodell zur Modellierung der Bankaktiva. Diesem Ansatz zur Darstellung der Bankaktiva wird auch in dieser Arbeit im Grundsatz gefolgt. Der von den zuletzt genannten Autoren herangezogene Lösungsweg, insbesondere im Hinblick auf Fristentransformation, unterscheidet sich allerdings grundlegend vom hier gewählten Vorgehen.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: In Abschnitt B wird zunächst das Bankstrukturmodell entwickelt. Um aufzuzeigen, wie Banken Ertragspotenziale durch verdeckte Fristentransformation zulasten der Bankgläubiger erzielen können, erfolgt in Abschnitt C eine komparativ-statische Analyse, in der die Einflussrichtung und -stärke ausgewählter Risikotreiber auf die Bankpassiva verdeutlicht wird. Abschnitt D schließt den Beitrag mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse.

---

<sup>14</sup> Vgl. für einen Überblick *Uhrig-Homburg*.

## B. Bankstrukturmodell

### B.I. Modellannahmen und Auszahlungsstruktur der Bankpassiva

Betrachtet wird eine stilisierte Bank, deren Bilanzaktiva ( $A$ ) aus einer (kreditrisikofreien) Bundesanleihe ( $FK^{BA}$ ) und einem Credit Default Swap<sup>15</sup> bestehen. Die Bank ist Sicherungsgeber des Swaps und somit verpflichtet, im Falle eines noch näher zu spezifizierenden Credit Events eines Unternehmens ( $U$ ) in einem zukünftigen Zeitpunkt  $\tau$  eine noch zu definierende (Ausgleichs-) Zahlung an den Kontraktpartner (Sicherungsnehmer) zu leisten. Refinanziert werden die Bankaktiva über Eigen- ( $EK$ ) und Fremdkapital ( $FK^B$ ). Vereinfachend wird unterstellt, dass sowohl Bundesanleihe als auch Bankfremdkapital über einen einfachen Zerobond mit Laufzeit  $T$  beziehungsweise  $\tau$  mit  $\tau \leq T$  sowie Nominalwert  $NFK^{BA}$  beziehungsweise  $NFK^B$  abgebildet werden können.

$A(t, T)$ ,  $FK^B(t, \tau)$  und  $EK(t)$  bezeichnen im Weiteren die Marktwerte der Bankaktiva und Bankpassiva im Zeitpunkt  $t$ . Zu jedem Zeitpunkt  $t \leq \tau, T$  muss somit folgende Bilanzgleichung zu Marktwerten erfüllt sein:

$$(1) \quad A(t, T) = FK^B(t, \tau) + EK(t).$$

Um das im Weiteren zu entwickelnde Modell hinreichend handhabbar und einer ökonomischen Interpretation leicht zugänglich zu halten, werden folgende Annahmen getroffen:<sup>16</sup> Erstens, analog zu Merton (1974), kann die Bank nur zum Zeitpunkt  $\tau$ , der Fälligkeit ihres Fremdkapitals, ausfallen.<sup>17</sup> Folglich tritt die Insolvenz genau dann ein, wenn der Wert der Aktiva in  $\tau$  nicht ausreicht, die Forderungen der Bankgläubiger zu bedienen, wenn also

$$(2) \quad A(\tau, T) < NFK^B$$

---

<sup>15</sup> Grundsätzlich ließe sich diese Position mit einem heutigen Barwert von Null auch als Passivposition abbilden. Um die Nähe zu Krediten darzustellen, ist hier die aktivische Formulierung gewählt.

<sup>16</sup> Die getroffenen Annahmen werden Strukturmodellen, insbesondere auch Bankstrukturmodellen, regelmäßig zugrunde gelegt. Vgl. beispielsweise *Duan/Moreau/Sealey*, S. 1093 f., *Duan/Sealey/Yan*, S. 255 oder *Andersen/Cakici*, S. 47 f.

<sup>17</sup> In  $\tau$  wird die Bank entweder glattgestellt oder refinanziert sich zu fairen Konditionen, aus denen sich vor  $\tau$  keine Verpflichtungen oder Erträge ergeben.

erfüllt ist.<sup>18</sup> Zweitens, bei Ausfall der Bank oder des Unternehmens wird die Absolute Priority Regel eingehalten, das heißt die Passiva werden entsprechend ihrer Haftungsreihenfolge bedient. Drittens, während der Laufzeit des Bankfremdkapitals und des Swaps kommt es weder bei der Bank noch dem Unternehmen zu Kapitalein- oder Kapitalauszahlungen, insbesondere wird kein weiteres Fremdkapital emittiert.

Nach Merton (1974) entspricht die Position des Bankfremdkapitals bei Fälligkeit unter den getroffenen Annahmen bekanntlich seinem Nominalwert abzüglich einer Verkaufsoption.<sup>19</sup> Entsprechend gilt für den Barwert des Bankfremdkapitals in  $\tau$ :

$$(3) \quad FK^B(\tau, \tau) = NFK^B - \max[NFK^B - A(\tau, T); 0].$$

Auch das Auszahlungsprofil des Bankeigenkapitals kann unter den getroffenen Annahmen von Merton (1974) übernommen und als einfache europäische Kaufoption aufgefasst werden. Sein Wert bei Fälligkeit des Bankfremdkapitals entspricht:

$$(4) \quad EK^B(\tau) = \max[A(\tau, T) - NFK^B; 0].$$

## **B.II. Auszahlungsstruktur der Bankaktiva und Fristentransformation**

Die Bewertungsgleichungen (3) und (4) der Bankpassiva gelten unabhängig von der konkreten Struktur der Bankaktiva. Insbesondere müssen keine Verteilungsannahmen getroffen werden. Zur abschließenden Bewertung der Bankpassiva ebenso wie zur Integration von Fristentransformation sind nun die Bankaktiva genauer zu spezifizieren. Die Bewertung erfolgt dabei wie üblich unter der Annahme eines friktionslosen, vollständigen Marktes, der durch ein eindeutiges Martingalmaß  $Q$  charakterisiert ist.<sup>20</sup>

Auf klassische Industrieunternehmen angewendete Strukturmodelle unterstellen in der Regel, dass die Verteilung der Bilanzaktiva in einem zukünftigen Zeitpunkt  $\tau$  einer Lognormal-Verteilung entspricht. Im Bankstrukturmodell würde diese

---

<sup>18</sup> Die Integration eines vorzeitigen Ausfalls ist im Grundsatz möglich, würde das Modell jedoch verkomplizieren und einer ökonomischen Analyse weniger gut zugänglich machen.

<sup>19</sup> Vgl. Merton, S. 452-455.

<sup>20</sup> Vgl. Harrison/Pliska, Heath/Jarrow/Morton.

Annahme implizieren, dass das Minimum der Bankaktiva bei Fälligkeit null betrüge, während ihr Maximum theoretisch im Unendlichen läge. Dies steht im Widerspruch zu der für Banken typischen Kreditportfoliostuktur ihrer Bilanzaktiva.<sup>21</sup> Kredite weisen regelmäßig eine fixe Laufzeit auf, während ihr Maximalwert am Ende ihrer Laufzeit durch ihren Nominalbetrag begrenzt wird. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wird dem eigentlichen Bankstrukturmodell ein weiteres Strukturmodell eines Unternehmens ( $U$ ) vorangestellt. In Analogie zu Andersen/Cakici (1999) könnte dabei das Fremdkapital des Unternehmens direkt den Bankaktiva gleichgesetzt werden.<sup>22</sup> Da dieses Vorgehen bei Fristentransformation jedoch keine eindeutige Trennung in von Kredit- und Zinsrisikofaktoren verursachte Vermögensänderungen der Bankpassiva zulässt, werden die Bankaktiva statt dessen – wie bereits erwähnt – über eine Bundesanleihe und einen Credit Default Swap auf das Unternehmen modelliert.

Der Credit Default Swap verpflichtet die Bank in  $\tau$  genau dann zu einer Zahlung an den Sicherungsnehmer, wenn der Wert der Aktiva ( $V$ ) des Unternehmens in  $\tau$  unter dem Nominalwert seines Fremdkapitals ( $NFK^U$ ) liegt, wenn also  $V(\tau) < NFK^U$  erfüllt ist.<sup>23</sup> In diesem Fall hat die Bank die Differenz aus  $NFK^U - V(\tau)$  an den Sicherungsnehmer zu entrichten. Als Credit Default Swap-Prämie ( $CDSP$ ) erhält sie dafür per heute ( $t = 0$ ) den Wert eines einfachen europäischen Puts auf die Aktiva des Unternehmens mit Ausübungspreis  $NFK^U$  und Fälligkeit  $\tau$ .

Der Wert der Bankaktiva bei Fälligkeit des Bankfremdkapitals in  $\tau$ ,  $A(\tau, T)$ , ergibt sich somit aus drei Komponenten: Dem Wert der Bundesanleihe in  $\tau$ , der Swappremie, die, da bereits in 0 eingezahlt, bis  $\tau$  ausfallrisikofrei zu der heute gültigen  $\tau$ -jährigen ausfallrisikofreien Spot Rate  $R(0, \tau)$  angelegt wird, sowie einer gegebenenfalls zu leistenden Ausgleichszahlung aus dem Credit Default Swap. Da der Wert der Aktiva nicht negativ werden kann, ist eine untere Schranke von 0 zu setzen:<sup>24</sup>

$$(5) \quad A(\tau, T) = \max[FK^{BA}(\tau, T) + CDSP \exp(R(0, \tau) \tau) - \max(NFK^U - V(\tau); 0); 0].$$

<sup>21</sup> Neben Krediten wird der Marktwert der Aktiva einer Bank regelmäßig auch durch ihre Beteiligungen, Aktien und andere Werte wie barwertige künftige Gewinne mitbestimmt, auf deren Betrachtung hier verzichtet wird.

<sup>22</sup> Vgl. zu diesem Ansatz auch Andersen/Cakici, S. 54 f.

<sup>23</sup> Wie bei der Bank wird damit implizit unterstellt, dass das Fremdkapital des Unternehmens über einen einfachen Zerobond mit Fälligkeit  $\tau$  abgebildet werden und das Unternehmen erst bei Fälligkeit des Fremdkapitals in  $\tau$  ausfallen kann.

<sup>24</sup> Die Bankaktiva können ansonsten beispielsweise dann einen negativen Wert besitzen, wenn die Bank eine hohe Ausgleichszahlung zu leisten hat, die Bundesanleihe jedoch aufgrund sehr hoher Marktzinssätze sehr wenig wert ist.

Im Weiteren verbleibt nun noch die Spezifikation der Dynamik der Zinsstruktur sowie des Werts der Unternehmensaktiva  $V$ . Für Letztere, die das Kreditrisiko des Unternehmens und damit den Wert des Credit Default Swaps treiben, wird eine geometrische Brownsche Bewegung unter  $Q$  unterstellt:

$$(6) \quad dV / V = r(t) dt + \sigma_U dZ_U,$$

mit der Short Rate  $r(t)$ , einem Standard Wiener Prozess  $Z_U$  und der Volatilität  $\sigma_U$ .

Zur Beschreibung der Short Rate  $r$  wird das Ein-Faktor Short-Rate Modell von Hull/White (1990) mit konstanter Volatilität als Verallgemeinerung von Vasicek (1977) eingesetzt. Im Gegensatz zu Letzterem kann das Hull/White Modell jede heutige Zinsstruktur exakt abbilden. Die Dynamik der Short Rate unter  $Q$  ist damit gegeben durch:

$$(7) \quad dr(t) = (\theta(t) - \kappa r(t)) dt + \sigma_r dZ_r,$$

$$(8) \quad \theta(t) = \frac{\partial f(0, t)}{\partial t} + \kappa f(0, t) + \frac{\sigma_r^2}{2\kappa} (1 - \exp(-2 \kappa t))$$

mit einem Standard Wiener Prozess  $Z_r$  und Konstanten  $\kappa > 0$  und  $\sigma_r > 0$  als Kontraktionsfaktor beziehungsweise Zinsvolatilität.  $Z_r$  und  $Z_U$  weisen eine Korrelation in Höhe von  $\rho_{rU} = \rho(dZ_r, dZ_U)$  auf.  $f(0, t) = -\partial \ln P(0, t) / \partial t$  bezeichnet die heutige Instantaneous Forward Rate für den Zeitpunkt  $t$ .<sup>25</sup>  $P(s, t)$  bezeichnet den Wert in  $s \leq t$  eines ausfallrisikofreien Zerobonds mit Nominalwert 1 und Fälligkeit  $t$  ( $P(t, t) = 1$ ). Allgemein stehen die Werte ausfallrisikofreier Zerobonds und die Short Rate in folgendem Zusammenhang:

$$(9) \quad P(s, t) = E_s^Q \left( \exp \left( - \int_s^t r(s) ds \right) \right),$$

---

<sup>25</sup> Die Instantaneous Forward Rate  $f(0, t)$  lässt sich interpretieren als der heute für den Zeitpunkt  $t$  über einen infinitesimalen Zeitraum sicherbare Zinssatz, vgl. z.B. *Rebonato*, S. 7.



wobei  $E_s^Q$  den auf  $s$  bedingten  $Q$ -Erwartungswert bezeichnet. Die Beziehung (8) stellt sicher, dass die über das Zinsstrukturmodell modellendogen über (9) für  $s = 0$  bestimmte Zinsstruktur die heutige perfekt erklären kann.<sup>26</sup>

Damit ergibt sich der Wert der Bundesanleihe zu jedem Zeitpunkt  $t \leq T$  über:

$$(10) \quad FK^{BA}(t, T) = E_t^Q \left( \exp \left( - \int_t^T r(s) ds \right) NFK^{BA} \right) = P(t, T) NFK^{BA}.$$

Die Werte der Bankpassiva sind zu jedem Zeitpunkt  $t \leq \tau$  gegeben durch:

$$(11) \quad EK^B(t) = E_t^Q \left( \exp \left( - \int_t^\tau r(s) ds \right) EK^B(\tau) \right),$$

$$(12) \quad FK^B(t, \tau) = E_t^Q \left( \exp \left( - \int_t^\tau r(s) ds \right) FK^B(\tau, \tau) \right).$$

Die Integration von (positiver) Fristentransformation erfolgt über die Laufzeit der Bundesanleihe. Bei  $T = \tau$  refinanziert sich die Bank fristenkongruent, so dass  $FK^{BA}(\tau, T) = NFK^{BA}$  gilt. Für  $T > \tau$  weist die Bundesanleihe hingegen eine längere Laufzeit als das Bankfremdkapital mit  $\tau$  auf, das heißt die Bank betreibt positive Fristentransformation.

Zinsrisiko wird im Bankstrukturmodell somit in zweifacher Hinsicht wirksam: Zum einen ist der Credit Default Swap über die stochastische Short Rate als Driftrate der Bilanzaktiva (vgl. (6)) des Unternehmens  $U$  zins sensitiv. Zum anderen ergibt sich das aktivische Fristentransformationsrisiko der Bank – wie bereits erläutert – bei einer die Laufzeit des Bankfremdkapitals übersteigenden Laufzeit der Bundesanleihe, also bei  $T > \tau$ .

Der originäre Wert einer aktivischen Fristentransformationsstrategie kann am Beispiel einer Bank mit kreditrisikofreien Aktiva verdeutlicht werden.<sup>27</sup> In diesem Fall entfällt der Credit Default Swap, so dass das Bankfremdkapital bei fristen-

<sup>26</sup> Vgl. *Hull/White*.

<sup>27</sup> Der Ausschluss von Kreditrisiken dient hier lediglich der einfacheren Verdeutlichung des Sachverhalts.

kongruenter Refinanzierung und  $NFK^{BA} > NFK^B$  garantiert bedient wird. Betreibt die Bank im Gegensatz dazu positive Fristentransformation, das heißt  $T > \tau$ , kann es zum Ausfall des Bankfremdkapitals kommen. Das Ausfallrisiko besteht darin, dass der Barwert der Bankaktiva in  $\tau$  unterhalb des nominalen Fremdkapitals der Bank liegt, das heißt es liegt

$$(13) \quad \exp[-R(\tau, T)(T - \tau)] NFK^{BA} < NFK^B$$

vor. Die bei fristenkongruenter Refinanzierung garantierte Rückzahlung  $NFK^B$  an die Bankgläubiger ist damit ausfallrisikobehaftet.<sup>28</sup>

$$(14) \quad FK^B(\tau, T) = NFK^B - \max[NFK^B - \exp(-R(\tau, T)(T - \tau)) NFK^{BA}, 0].$$

Durch Fristentransformation verlieren die Bankgläubiger somit das Wertäquivalent eines einfachen Zerobond-Puts, der in  $\tau$  immer dann einen positiven Wert aufweist, wenn die ausfallrisikofreie Spot Rate  $R(\tau, T)$  so hoch ausfällt, dass der Barwert der Bankaktiva unterhalb des nominalen Bankfremdkapitals liegt. Damit erfolgt eine Vermögensverschiebung von den Fremd- zu den Eigenkapitalgebern, deren Position genau um den Verlust des Bankfremdkapitals ansteigt.

Die Gewinne der Bankeigner und die Verluste der Bankgläubiger bei Fristentransformation durch Aktivüberhang treten allerdings nur in der beschriebenen Höhe auf, falls die Gläubiger, beispielsweise aufgrund mangelnder Informationen oder Irrationalität, keine adäquate Risikoprämie als Kompensation für das zusätzliche Marktzinsrisiko fordern. Auf vollkommenen Märkten wird die Höhe dieser Risikoprämie gerade dem Wert des möglichen Verlustes aus Fristentransformation, dem Barwert des Zerobond-Puts, entsprechen.

Beinhalten die Bankaktiva auch Kreditrisiken, so hängt die absolute Höhe der durch Fristentransformation verursachten Gewinne beziehungsweise Verluste zusätzlich von eventuell auftretenden Korrelationen zwischen beiden Risikoarten ab. Dieser Aspekt wird im Rahmen der komparativ-statischen Analyse näher betrachtet.

---

<sup>28</sup> Im Grenzfall einer sich ausschließlich über Fremdkapital refinanzierenden Bank besteht das Ausfallrisiko der Bankgläubiger bei Fristentransformation darin, dass die im Zeitpunkt  $\tau$  für den Zeitraum  $(T - \tau)$  geltende Spot Rate oberhalb der heutigen Forward Rate für den Zeitraum von  $\tau$  bis  $T$  liegt.

## C. Komparativ-statische Analyse

### C.I. Grundlagen

Anhand des Bankstrukturmodells kann nun analysiert werden, welche Möglichkeiten sich den Bankeigenkapitalgebern respektive den Bankmanagern bieten, die Bankgläubiger durch verdeckte Fristentransformation zu übervorteilen.<sup>29</sup> Die Untersuchung erfolgt im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse, in der ausgehend von einem Basisszenario die Einflussrichtung und Einflussstärke einzelne Modellparameter auf den Wert der Bankaktiva und Bankpassiva aufgedeckt werden.

Im Basisszenario wird die Situation eines relativ hoch verschuldeten Unternehmens als Underlying des Credit Default Swaps und einer vergleichsweise gering verschuldeten Bank abgebildet sowie eine hohe Zinsvolatilität unterstellt. Die Eingabeparameter des Basisszenarios sind ebenso wie die sich daraus ergebenden Ausprägungen der Ergebnisgrößen in Tabelle 1 zusammengefasst. Letztere dienen als Referenzgrößen der Sensitivitätsanalyse, denen in jedem Szenario die durch die Variation eines Eingabeparameters verursachten Auswirkungen gegenübergestellt werden.

Aufgrund seiner komplexen Struktur, die durch zwei integrierte Strukturmodelle und stochastische Zinssätze geprägt ist, existiert keine analytische Lösung für das zuvor formulierte Bankbewertungsmodell.<sup>30</sup> Die Implementierung erfolgt daher unter Anwendung des numerischen Approximationsverfahrens der Monte Carlo Simulation mit einer Schrittweite  $\Delta t = 0,01$  und 20.000 Simulationsläufen. Für die Berechnung der im Rahmen der Fristentransformation ( $T > \tau$ ) zu bestimmenden bedingten Erwartungswerte  $FK^{BA}(\tau, T)$  aus Gleichung (10) wird auf den (in vergleichbaren Situationen stets anwendbaren) Least Square Monte Carlo Ansatz nach Longstaff/Schwartz (2001) zurückgegriffen.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Die Fragen, inwieweit das von den Fremdkapitalgebern und anderen Stakeholdern antizipiert wird und was das wiederum für die Kapitalkosten der Bank bedeutet, sind nicht Gegenstand dieses Beitrags.

<sup>30</sup> Selbst im vergleichsweise einfachen Fall von Compound-Eigenkapital-Optionen existiert unter stochastischen Zinssätzen in der Regeln keine analytische Lösung, vgl. *Frey/Sommer*.

<sup>31</sup> Dabei werden als Basisfunktionen Monome bis zum 2. Grad verwendet. Zu einer kurzen Beschreibung und Anwendung dieses Verfahrens siehe auch *Wilkens/Baule/Entrop*. Alternativ hätte auf die geschlossenen Formeln für Zerobondwerte von *Hull/White* zurückgegriffen werden können.

Tabelle 1: Eingabeparameter und Barwerte der Ergebnisgrößen im Basisszenario

Ausprägungen der Eingabeparameter				
Kapital-, Laufzeit- und Volatili- täts- struktur	Nominales Fremdkapital Bank	$NFK^B$	=	90
	Nominales Fremdkapital Bundesanleihe	$NFK^{BA}$	=	100
	Nominales Fremdkapital Unternehmen	$NFK^U$	=	100
	Barwert Bilanzaktiva Unternehmen	$V(0)$	=	110
	Laufzeit Bundesanleihe	$T$	=	1
	Laufzeit Bankfremdkapital, Laufzeit Credit Default Swap	$\tau$	=	1
Zins- struktur	Volatilität Unternehmensaktiva	$\sigma_U$	=	0
	heutige Short Rate (kontinuierlich)	$r(0)$	=	0,05
	heutige instantane Forward Rates (kontinuierlich)	$f(0, t)$	=	0,05
	Zinsvolatilität	$\sigma_r$	=	0,05
	Zins-Kontraktionsfaktor	$\kappa$	=	0,20
Korrelation	Korrelation zwischen Kredit- und Zinsrisiko	$\rho_{rU}$	=	0
Barwerte der Ergebnisgrößen				
	Fremdkapital Bank	$FK^B(0, \tau)$	=	85,62
	Eigenkapital Bank	$EK^B(0)$	=	9,51
	Aktiva Bank	$A(0, T)$	=	95,13

## C.II. Kreditrisikofreie Bank und Fristentransformation

Um die Auswirkungen von Fristentransformation in den Fokus der Analyse zu rücken, wird zunächst eine kreditrisikofreie Bank, das heißt eine Bank ohne Credit Default Swap, betrachtet.<sup>32</sup> Hierfür werden zwei Parameter gegenüber dem Basisszenario sukzessive modifiziert: Zum einen wird die Laufzeit der Bundesanleihe von  $T = 1$  jeweils um ein Jahr bis auf  $T = 5$  erhöht, während die Laufzeit der Bankpassiva mit  $\tau = 1$  unverändert bleibt. Es werden somit vier Fristentransformationsstrategien analysiert. Um die Vergleichbarkeit der Darstellungen zu gewährleisten, ist zum anderen der Nominalwert  $NFK^{BA}$  der Bun-

<sup>32</sup> Damit bestehen die Bankaktiva nur aus einer Bundesanleihe. Dementsprechend handelt es sich bei den Bankpassiva um Derivate auf einen ausfallrisikofreien Zerobond. Zu geschlossenen Formeln für Europäische Calls und Puts auf ausfallrisikofreier Zerobonds vgl. *Hull/White*.

desanleihe so anzupassen, dass sich der Barwert der Bankaktiva nicht ändert. Da die Bundesanleihe kreditrisikofrei ist, erfolgt dies durch das einfache Aufzinsen ihres (konstanten) Barwerts mit der laufzeitadäquaten risikofreien Spot Rate.

Abbildung 1 veranschaulicht die Auswirkungen der vier Fristentransformationsstrategien auf die Ergebnisgrößen. Auf der linken Ordinate sind – wie auch in allen folgenden Abbildungen – die absoluten Veränderungen der Bankbilanzbarwerte und auf der rechten Ordinate die Höhe des Credit Spreads des Bankfremdkapitals abgetragen.<sup>33</sup> Die Ausprägungen der Ergebnisgrößen des Basisszenarios entsprechen den Werten in  $T = 1$ . Bei einer Erhöhung der Laufzeit der Bankaktiva wird deutlich, dass sich der Barwert des Bankfremdkapitals mit zunehmender Fristentransformation zugunsten des Bankeigenkapitals verringert. Der Verlust des Fremdkapitals entspricht dabei exakt dem Gewinn des Eigenkapitals. Gleichzeitig bleibt der Barwert der Bankaktiva und damit der Haftungsmasse der Bank per Konstruktion der Analyse konstant. Da die Bankaktiva per definitionem keine Kreditrisiken beinhalten, sind die Verluste des Bankfremdkapitals ebenso wie die Gewinne des Bankeigenkapitals ausschließlich darauf zurückzuführen, dass die Risiken aus Fristentransformation teilweise von den Fremdkapitalgebern der Bank mitgetragen werden, ohne dass diese dafür entgolten würden, während die Chancen ausschließlich den Eigenkapitalgebern zugute kommen.

Die Stärke der Auswirkungen von Fristentransformation beziehungsweise der damit verbundenen Marktzinsrisiken auf den Barwert der Bankpassiva hängt wesentlich von den Ausprägungen der Zinsrisikoparameter ab.<sup>34</sup> Eine Variation der Zinsvolatilität  $\sigma_r$  zeigt beispielsweise, dass die Verluste beziehungsweise Gewinne der Bankpassiva mit steigender Zinsvolatilität für eine gegebene Fristentransformationsstrategie typischer Weise<sup>35</sup> zunehmen, wie es auch aus Abbildung 2 hervorgeht. Im Gegensatz dazu führt eine Erhöhung des Zins-Kontraktionsfaktors  $\kappa$  hier ceteris paribus zu abnehmenden Verlusten beziehungsweise Gewinnen der Bankpassiva, wie es auch aus Abbildung 3 hervorgeht.

Der Gewinn des Eigenkapitals ebenso wie der Verlust des Fremdkapitals bei steigender Zinsvolatilität lassen sich anhand der Auszahlungsstruktur ihrer An-

---

<sup>33</sup> Hier und im Folgenden entspricht der Credit Spread der sich aus dem Modell ergebenden annualisierten Renditedifferenz bei kontinuierlicher Zinsrechnung zwischen einem ausfallrisikofreien und einem ausfallrisikobehafteten Zerobond. Die Darstellung erfolgt in Basispunkten (bp) mit  $1\text{bp} = 0,01\%$ .

<sup>34</sup> Vgl. auch Schmidt (1981), S. 251.

<sup>35</sup> Da aufgrund des Untersuchungsdesigns keine Verallgemeinerungen zulässig sind, werden hier und im Weiteren „typische“ Wechselwirkungen aufgezeigt, die bei sinnvollen Variationen der Eingabeparameter in gleicher Form auftreten.

sprüche bei Fristentransformation erklären. Wie in Abschnitt B.II gezeigt, halten die Eigenkapitalgeber durch das Betreiben von Fristentransformation einen einfachen Zerobond-Call, während sich die Position der Bankfremdkapitalgeber um den Wert eines einfachen Zerobond-Puts verringert. Da sich der Wert klassischer Calls und Puts typischer Weise mit steigender Volatilität erhöht, steigt der Barwert des Eigenkapitals bei steigender Zinsvolatilität und sinkendem Kontraktionsfaktor zulasten des Fremdkapitals.

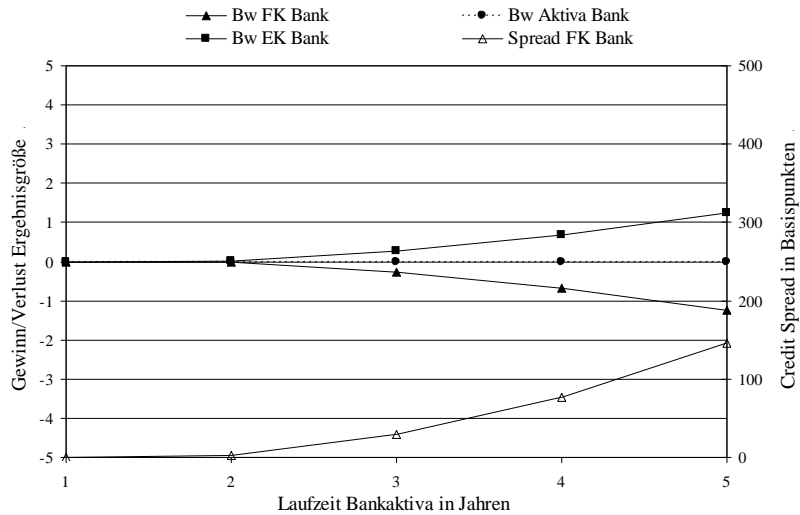


Abbildung 1: Einfluss von Fristentransformation auf den Barwert und Credit Spread der Bankaktiva und -passiva (ohne Kreditrisiken)

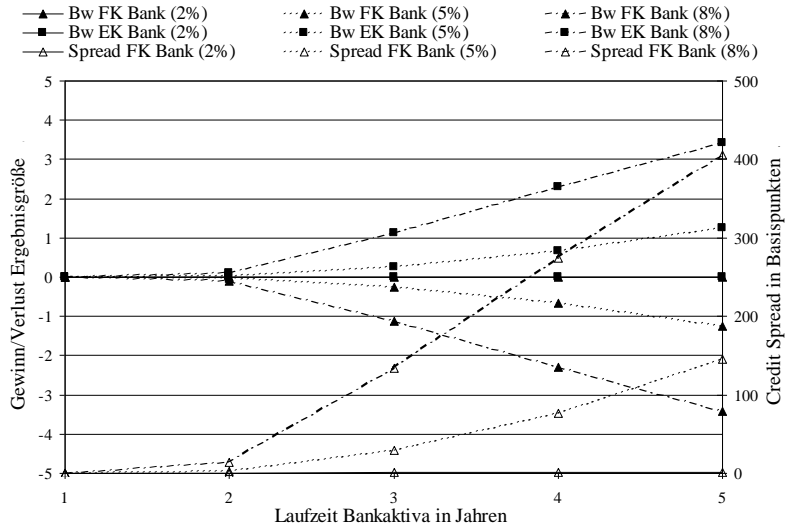


Abbildung 2: Einfluss der Volatilität der Short Rate (Wert in Klammern) auf den Barwert und Credit Spread der Bankpassiva bei Fristentransformation

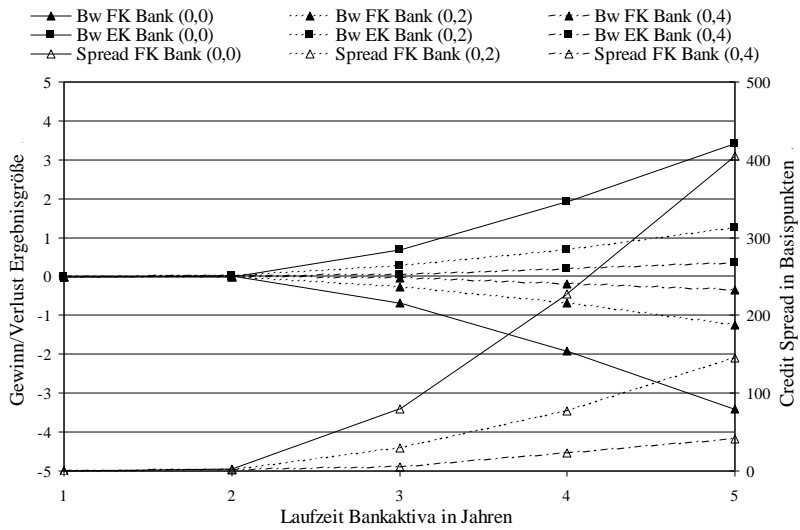


Abbildung 3: Einfluss des Kontraktionsfaktors der Short Rate (Wert in Klammern) auf den Barwert und Credit Spread der Bankpassiva bei Fristentransformation

Neben dem Marktzinssatz beeinflusst auch die Kapitalstruktur einer Bank die Auswirkungen von Fristentransformation auf die Bankpassiva.<sup>36</sup> Abbildung 4 vergleicht die Kapitalstruktur im Basisszenario mit einem Kreditinstitut mit hoher barwertiger Eigenkapitalquote von 15% und mit einem Kreditinstitut mit niedriger barwertiger Eigenkapitalquote von lediglich 5%.<sup>37</sup> Hierfür wurde der Nominalwert des Bankfremdkapitals auf 85 reduziert beziehungsweise auf 95 erhöht, woraus sich bei fristenkongruenter Refinanzierung das gewünschte Verhältnis von Bankeigenkapitalbarwert zum Barwert der gesamten Bankpassiva ergibt. Die Veränderungen durch Fristentransformation wurden jeweils im Vergleich zu den sich für eine bestimmte Kapitalstruktur ergebenden Barwerten bei fristenkongruenter Refinanzierung betrachtet. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass sich der Einfluss von Fristentransformation auf den Barwert der Bankpassiva mit sinkender Eigenkapitalquote verstärkt.

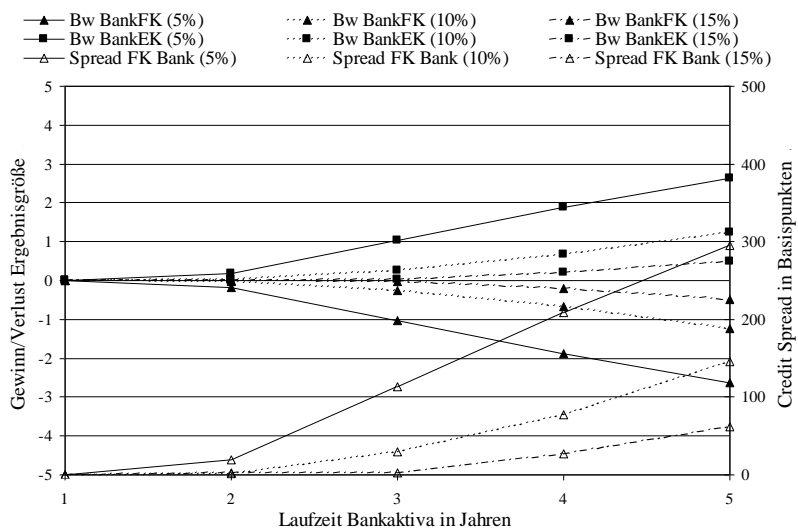


Abbildung 4: Auswirkung der barwertigen Bankeigenkapitalquote (Wert in Klammern) auf den Barwert und Credit Spread der Bankpassiva bei Fristentransformation

Die Ergebnisse zeigen, dass Marktzinsrisiken aus Fristentransformation einen sehr starken Einfluss auf die Barwerte der Bankpassivpositionen ausüben

<sup>36</sup> Vgl. auch Schmidt (1981), S. 251.

<sup>37</sup> Die barwertige Eigenkapitalquote berechnet sich aus dem Quotienten des Eigenkapitalbarwerts und des Barwerts der gesamten Bankpassiva.



können. Im Folgenden wird untersucht, inwieweit sich Kreditrisiken auf diese Ergebnisse auswirken.

### C.III. Kreditrisikobehaftete Bank und Fristentransformation

Um im Weiteren hinsichtlich der Kreditrisiken vergleichbare Szenarien generieren zu können, wird – wie in Abschnitt B.II dargestellt – angenommen, dass die Bank in  $t = 0$  einen einjährigen Credit Default Swap als Sicherungsgeber abschließt, der sie verpflichtet, im Falle eines Credit Events des Unternehmens  $U$  in  $t = 1$  eine entsprechende Zahlung an den Kontraktpartner (Sicherungsnehmer) zu leisten. In  $t = 0$  erhält die Bank dafür die Swap-Prämie, für die sich, bei einer im Weiteren unterstellten Volatilität der Unternehmensaktiva von  $\sigma_U = 12\%$ , ein Wert von 0,71 ergibt. Zur Abbildung von Fristentransformation wird weiterhin parallel sowohl die Laufzeit als auch der Nominalwert der Bundesanleihe erhöht.

Abbildung 5 stellt die Veränderungen der Ergebnisgrößen bei Fristentransformation für das Basisszenario mit und ohne Kreditrisiko gegenüber. Es wird deutlich, dass sich die Einflussrichtung von Fristentransformation auf die Ergebnisgrößen auch bei einer Berücksichtigung von Kreditrisiken im Grundsatz nicht ändert. Erwartungsgemäß führt das Eingehen von Kreditrisiken bei einer gegebenen Fristentransformationsstrategie zu einer weiteren Verringerung des Bankfremdkapitalbarwerts zugunsten des Bankeigenkapitals. Interessanter Weise nimmt die Höhe des zusätzlichen Verlusts des Bankfremdkapitals mit größerer Laufzeitlücke jedoch ab.

Dass die Korrelation zwischen Kredit- und Zinsrisiken, quantifiziert über den Korrelationskoeffizienten  $\rho_{Ur}$ , erheblichen Einfluss auf die Ergebnisgrößen ausübt, verdeutlicht Abbildung 6. Bei fristenkongruenter Refinanzierung steigt der Credit Spread des Bankfremdkapitals hier mit zunehmenden Korrelationskoeffizienten an. Folglich sinkt in diesem Fall der Barwert des Bankfremdkapitals zugunsten des Barwerts des Bankeigenkapitals. Mit Einführung von Fristentransformation dreht sich jedoch die Einflussrichtung des Korrelationskoeffizienten in dem betrachteten Szenario. Nun senkt ein Anstieg desselben die Verluste beziehungsweise Gewinne des Bankfremdkapitals beziehungsweise Bankeigenkapitals. Bei einer stark positiven Korrelation zwischen Kredit- und Zinsrisiken kann Fristentransformation bei einer relativ geringen Laufzeitlücke den Fremdkapitalbarwert gegenüber der Situation bei fristenkongruenter Refinanzierung sogar erhöhen. In diesem Fall führt Fristentransformation trotz der zusätzlichen Marktzinsrisiken folglich zu einem Wertzuwachs des Bankfremdkapitals zulasten des Bankeigenkapitals.

Im Gegensatz zur Zinsvolatilität führt eine Variation der Volatilität der Schuldneraktiva hier nur zu schwachen Auswirkungen auf die Ergebnisgrößen, wie aus Abbildung 7 hervorgeht. Zwar steigt der Credit Spread des Bank-

fremdkapitals mit wachsender Volatilität  $\sigma_U$  leicht an. Dieser Anstieg scheint sich jedoch mit zunehmender Laufzeitlücke abzuschwächen. Eine Verringerung der Volatilität übt im vorliegenden Szenario kaum Einfluss auf die Ergebnisgrößen aus.

Es zeigt sich somit, dass Kreditrisiken in dem betrachteten Szenario vor allem über den Korrelationskoeffizienten Einfluss auf die Auswirkungen von Marktinzinsrisiken aus Fristentransformation ausüben. Wie gezeigt kann dabei Fristentransformation die Umkehr der Einflussrichtung des Korrelationskoeffizienten bewirken. Die Volatilität der Unternehmensaktiva führt in unserem numerischen Beispiel hingegen nur zu relativ schwachen, mit zunehmender Laufzeitlücke abnehmenden Auswirkungen auf die sich durch Fristentransformation ergebenden Veränderungen der Bankpassiva.

Diese Zusammenhänge veranschaulichen, dass Einflussrichtung und -stärke bankpolitischer Maßnahmen von der Ausgangssituation abhängen und durchaus anders als möglicher Weise intuitiv erwartet ausfallen können. Insofern sind beziehungsweise wären dezidierte Kenntnisse der hier prinzipiell aufgezeigten Zusammenhänge in Verbindung mit einer adäquaten Quantifizierung der Wert bestimmenden Faktoren für das Bankmanagement sowie für die anderen Stakeholder der Bank notwendig, um bankpolitische Maßnahmen korrekt beurteilen zu können.

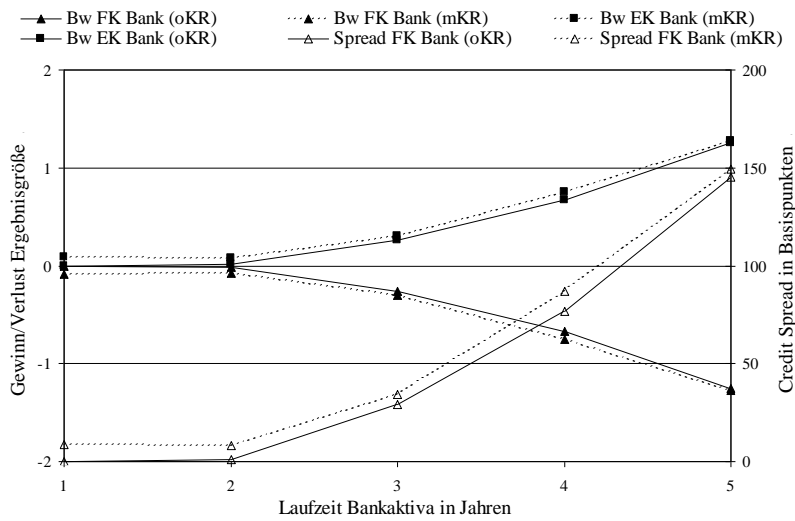


Abbildung 5: Gegenüberstellung des Basisszenarios mit Kreditrisiko (mKR) und ohne Kreditrisiko (oKR)

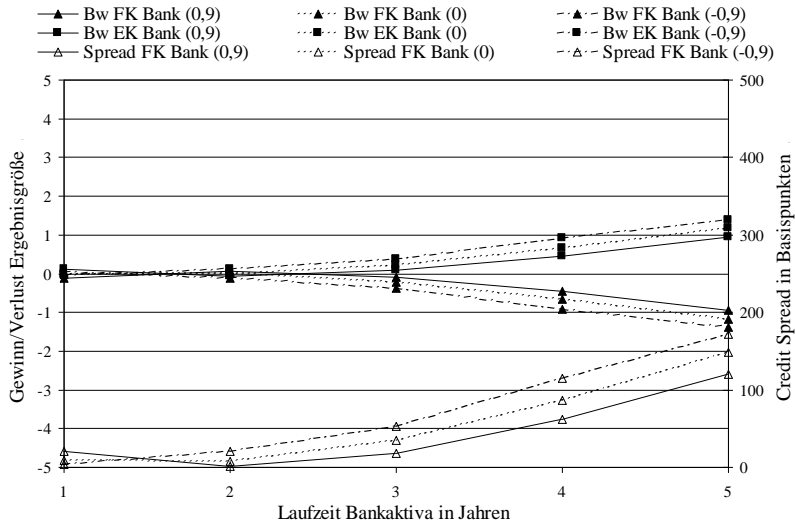


Abbildung 6: Einfluss einer Variation von  $\rho_{U_r}$  (Wert in Klammern) auf den Barwert und Credit Spread der Bankpassiva bei Fristentransformation

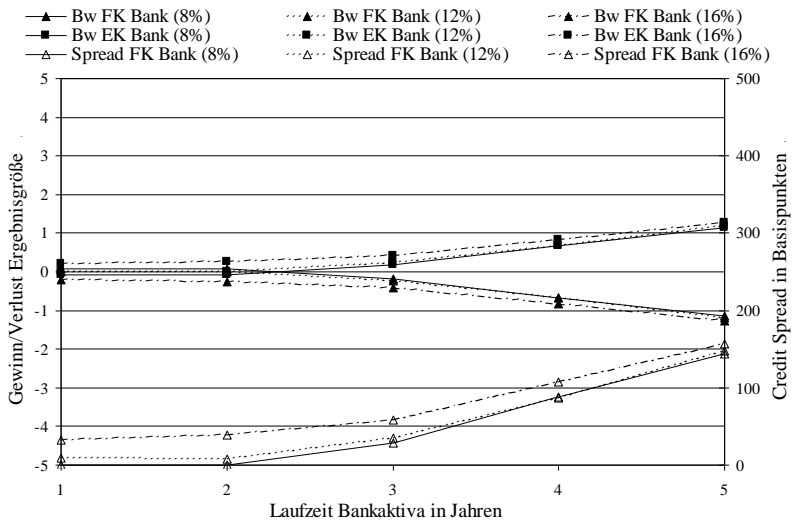


Abbildung 7: Einfluss der Volatilität der Unternehmensaktiva (Wert in Klammern) auf den Barwert und Credit Spread der Bankpassiva bei Fristentransformation

## D. Schlussbetrachtung

Dieser Beitrag stellte ein auf dem Strukturmodellansatz nach Merton (1974) basierendes zweistufiges Bankbewertungsmodell vor, das sowohl Kredit- als auch Marktzinsrisiken, insbesondere Marktzinsrisiken aus Fristentransformation, und deren Wechselwirkung berücksichtigt. Anhand des Modells wurde dargestellt, wie sich die Werte der Positionen zwischen Bankeigen- und Bankfremdkapital durch Betreiben von aktivischer Fristentransformation verschieben (können).

Im Rahmen einer komparativ-statischen Analyse wurde veranschaulicht, dass ein Anstieg der Marktzinsvolatilität ebenso wie eine sinkende Bankeigenkapitalquote die Auswirkung von Fristentransformation auf die Bankpassiva erheblich verstärken kann. Gleiches gilt bei der Integration von Kreditrisiken. Maßgeblichen Einfluss übt hier die Korrelation zwischen Marktzinsrisiken und Kreditrisiken aus. Während ein Anstieg Letzterer bei fristenkongruenter Refinanzierung im vorliegenden Beispiel zu einer Verringerung des Bankfremdkapitalbarwerts führte, wirkte er sich bei Fristentransformation hier *ceteris paribus* entgegengesetzt aus. Dies macht deutlich, dass eine integrierte Betrachtung von Kredit- und Zinsrisiken für eine dezidierte Analyse der Auswirkungen bankpolitischer Maßnahmen auf den Wert der Ansprüche der Bank-Stakeholder unerlässlich ist. Die Bankgläubiger müssen sehr genau über die betriebene Fristentransformation der Bank sowie die anderen relevanten Einflussparameter, wie die Qualität des Kreditportfolios, informiert sein, um faire Risikoprämien auf ihr eingesetztes Kapital fordern zu können. Das gilt tendenziell insbesondere bei hohen Marktzinsvolatilitäten und einem hohen Verschuldungsgrad der Bank.

Der Beitrag hat damit in grundsätzlicher Form aufgezeigt, dass sich für Banken durch verdeckte Fristentransformation Ertragspotenziale eröffnen und wie sich deren Werte prinzipiell abschätzen lassen. Die hierfür bewusst einfach gehaltene Modellstruktur kann selbstverständlich in verschiedene Richtungen erweitert werden. Denkbar wäre beispielsweise die Abbildung komplexerer Kapitalstrukturen mit Fremdkapitalpositionen unterschiedlicher Haftungsfolge. Auch könnte unterstellt werden, dass den Fremdkapitalgebern nur ein Teil der Marktzinsrisiken aus Fristentransformation entgolten werden oder eine Anpassung der Risikoprämie erst zeitverzögert erfolgt. Schließlich bietet sich das Modell auch zur Anwendung im Bereich der fairen Bepreisung von Einlagensicherungsprämien an und könnte somit einen Beitrag zur Stabilität des Banken- und damit Finanzsystems leisten.

## Literaturverzeichnis

- Anderson, Ronald; Cakici, Nusret*: The Value of Deposit Insurance in the Presence of Interest Rate and Credit Risk, in: *Financial Markets, Institutions & Instruments*, Vol. 8, 1999, S. 45 ff.
- Bessler, Wolfgang*: Zinsrisikomanagement in Kreditinstituten, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1989.
- Maximalbelastungstheorie und Zinsrisikomanagement, in: Wolfgang Stützel: *Moderne Konzepte für Finanzmärkte, Beschäftigung und Wirtschaftsverfassung*, hrsg. v. Hartmut Schmidt, Eberhart Ketzler, Stefan Prigge, Tübingen, 2001, S. 15 ff.
- BIS*: Basel Committee on Banking Supervision, Principles for the Management and Supervision of Interest Rate Risk, July 2004.
- Duan, J.; Moreau, A.; Sealey, C.W.*: Deposit insurance and bank interest rate risk: Pricing and regulatory implications, in: *Journal of Banking and Finance*, Vol. 19, 1995, S. 1091 ff.
- Duan, J.; Sealey, C.W.; Yan, Y.*: Managing banks' duration gaps when interest rates are stochastic and equity has limited liability, in: *International Review of Economics and Finance*, Vol. 8, 1999, S. 253 ff.
- Entrop, Oliver; Scholz, Hendrik; Wilkens, Marco*: Zum Einfluss der Fristentransformation auf den Wert einer Bank, in: *Sparkasse*, Heft 8, 2002, S. 360 ff.
- Frey, Rüdiger; Sommer, Daniel*: The Generalization of the Geske-Formula for Compound Options to Stochastic Interest Rates is not trivial – A Note, in: *Journal of Applied Probability*, Vol. 35, 1998, S. 501 ff.
- Harrison, Michael; Pliska, Stanley*: Martingales and Stochastic Integrals in Theory of Continuous Trading, in: *Stochastic Processes and their Applications*, Vol. 11, 1981, S. 313 ff.
- Heath, David; Jarrow, Robert; Morton, Andrew*: Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology for Contingent Claim Valuation, in: *Econometrica*, Vol. 60, 1992, S. 77 ff.
- Hull, John; White, Alan*: Pricing Interest-Rate-Derivative Securities, in: *Review of Financial Studies*, Vol. 3, 1990, S. 573 ff.
- Longstaff, Francis A.; Schwartz, Eduardo*: Valuing american options by simulation: A simple least-square approach, in: *Review of Financial Studies*, Vol. 14, 2001, S. 113 ff.
- Merton, Robert C.*: On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates, in: *Journal of Finance*, Vol. 29, 1974, S. 449 ff.
- Rebonato, Riccardo*: *Interest-Rate Option Models*. John Wiley & Sons, Chichester u.a., 1997.
- Schmidt, Hartmut*: Liquidität von Finanztiteln als integrierendes Konzept der Bankbetriebslehre, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 49, 1979, S. 710 ff.
- Wege zur Ermittlung und Beurteilung der Marktzinsrisiken von Banken, in: *Kredit und Kapital*, Heft 3, 1981, S. 249 ff.
- Schmidt, Hartmut; Treske, Kai*: Laufzeitwahl mit Break-even-Analyse und Volatilitätsstruktur, in: *Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft*, Heft 3, 1993, S. 139 ff.
- Sonntag, Alexander*: *Bewertung von Banken*. Wiesbaden, 2001.

- Uhrig-Homburg*, Marliese: Valuation of defaultable claims – a Survey, in: *Schmalenbach Business Review*, Vol. 54, 2002, S. 24 ff.
- Vasicek*, Oldrich: An equilibrium characterization of the term structure, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 5, 1977, S. 177 ff.
- Wilkens*, Marco: Risiko-Management mit Zins-Futures in Banken – Ein flexibles Konzept des Risiko-Managements unter besonderer Berücksichtigung des Managements von Marktinzinsrisiken mit Zins-Futures. Berlin Verlag, Göttingen 1994.
- Wilkens*, Marco; *Zemke*, Gebhard: Fusionen: Welchen Wert hat eine Bank? in: *Die Bank*, Heft 4, 2000, S. 274 ff.
- Wilkens*, Marco; *Baule*, Rainer; *Entrop*, Oliver: Bundesschatzbriefe – Bewertung und empirische Analyse der Attraktivität für Anleger und Bund. in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Heft 9, 2004, S. 905 ff.
- Wilkens*, Marco; *Entrop*, Oliver; *Scholz*, Hendrik: Fristentransformation als Lösungsansatz für das Ertragsproblem von Banken? in: *Wege aus der Banken- und Börsenkrise*, hrsg. von Leo Schuster u. Alex W. Widmer, Berlin u.a., 2004, S. 427 ff.