

Variable Hypothekensätze in der Schweiz

1. Einleitung

Variable Hypotheken haben in der Schweiz trotz der Einführung von Festzinshypotheken einen Marktanteil von über 70%. Für die meisten der im Hypothekengeschäft aktiven Banken bilden sie damit die bedeutendste Einzelbilanzposition [1]. Die Zinszahlungen auf variablen Hypotheken hängen unmittelbar von der zukünftigen Entwicklung der variablen Hypothekensätze ab. Im Gegensatz zu amerikanischen Adjustable Rate Mortgages sind die variablen Hypothekensätze in der Schweiz jedoch nicht direkt an die Entwicklung der Geld- und Kapitalmarktsätze angebunden. Schweizer Banken können vielmehr vertragsrechtlich frei über Zeitpunkt und Höhe der Zinssatzanpassung auf variablen Hypotheken entscheiden. Diese Hypothekensatzentscheidungen sind für die Ertragssituation der Banken die wichtigsten konditionenpolitischen Einzelentscheidungen.

Trotz der rechtlichen Autonomie beschränken der Wettbewerb der Banken im Hypothekemarkt und politische Restriktionen die Entscheidungsfreiheit

der Banken bei Hypothekensatzentscheidungen. Bisher bestehen keine Modelle für das Entscheidungsverhalten der Banken unter Berücksichtigung dieser Restriktionen. Ein derartiges Modell bildet jedoch die Voraussetzung für die Beurteilung von variablen Hypotheken als Anlage- und Finanzierungsinstrument. Es ermöglicht es, die Einflussfaktoren auf die zukünftige Hypothekensatzentwicklung zu identifizieren und die Ertrags- und Risikocharakteristika von variablen Hypotheken zu ermitteln.

Der zweite Abschnitt dieses Artikels schliesst die Lücke in der bisherigen Literatur und entwickelt einen bankwirtschaftlichen Rahmen für konditionenpolitische Entscheidungen im Hypothekemarkt. Im dritten Abschnitt wird das Modell aufgrund von historischen Hypothekensätzen der Zürcher Kantonalbank geschätzt. Im vierten Abschnitt werden Modellanwendungen dargestellt. Von unmittelbarer praktischer Bedeutung für das Bilanzrisikomanagement von Banken sind dabei die Simulation und Prognose von Hypothekensätzen und die darauf aufbauende Bestimmung der Barwerte von variablen Hypotheken.

2. Modellformulierung

Um die Ertragskraft einer Bank im Hypothekemarkt sicherzustellen, muss sich ihre Konditionenpolitik für variable Hypotheken zumindest mittel-

* Besonderer Dank für die finanzielle Unterstützung von Stefan MichaelSEN im Rahmen eines Forschungsförderungsprojekts und die Bereitstellung von Daten gilt der Zürcher Kantonalbank. Die Anregungen von Philipp Halbherr und die detaillierten Kommentare von Heinz Zimmermann haben zum Entstehen des Artikels wesentlich beigetragen.

und langfristig an ihren Refinanzierungskosten und ihren sonstigen mit dem Abschluss von Hypotheken verbundenen Kosten orientieren. Dieser Kosten- und Erlöszusammenhang einer stilisierten Bank bildet den Ausgangspunkt für die Formulierung des Hypothekarsatzmodells in diesem Abschnitt. Politische und marktbedingte Restriktionen der Hypothekarzinsanpassung beschränken die Bank bei der Erreichung ihrer ertragswirtschaftlichen Ziele im Sinne von exogenen Einflussfaktoren. Die Integration des bankwirtschaftlichen Kosten- und Erlöszusammenhangs einerseits und der exogenen Restriktionen andererseits liefert ein Modell, welches wesentliche Charakteristika der Dynamik der Hypothekarsätze wiederzugeben vermag.

Im Mittelpunkt der Konditionenpolitik von Banken steht die Margenkalkulation[2]. Ausgangspunkt bildet jeweils die Bruttomarge BM eines Geschäfts. Die Bruttomarge entspricht dem relativen Zinsüberschuss eines Geschäfts über seine zugeordneten Refinanzierungskosten RF . Wenn HY den gegenwärtigen Hypothekarsatz pro Periode bezeichnet, beträgt die Bruttomarge eines Bestandes an variablen Hypotheken

$$BM = HY - RF. \quad (1)$$

Die anwendbaren Refinanzierungskosten werden je nach der für die Kostenermittlung gewählten Perspektive entweder aufgrund der tatsächlich von der Bank zur Refinanzierung ihres Aktivgeschäftes eingegangenen Verpflichtungen im Sinne der Pool- und Schichtenbilanzmethoden oder aufgrund von risikoäquivalenten Marktopportunitäten bestimmt [3]. Während für bankinterne Konditionenentscheidungen vermehrt die Marktzinsmethode angewandt wird, werden in der öffentlichen Diskussion den Erträgen aus dem Hypothekargeschäft die Finanzierungskosten auf der Passivseite gegenübergestellt. Zur Rechtfertigung ihrer Anpassungspolitik führen die Banken dabei die strukturelle Zunahme von höherverzinslichen Spar- und Anlageformen und die verzögerte Reaktion der Passivzinsen auf Geldmarktentwicklungen an. Sowohl Pool- und Schichtenbilanzverfahren als auch die Marktzins-

methode können grundsätzlich in das vorliegende Modell integriert werden, sofern Informationen über die durchschnittlichen Finanzierungskosten der den Hypotheken zugeordneten Passivpositionen bzw. die anzuwendenden risikoäquivalenten Opportunitätszinssätze vorliegen.

Eine positive Bruttomarge allein ist nicht hinreichend, um die Ertragskraft einer Bank im Hypothekargeschäft zu sichern. Vielmehr sollte die Bank das Ziel verfolgen, über ihre Refinanzierungskosten hinaus ihre weiteren mit der Ausgabe einer Hypothek verbundenen Kosten K zu decken. Diese übrigen Ergebniskomponenten fassen unterschiedliche Kostenarten wie Kreditrisikokosten, Betriebskosten und Eigenkapitalkosten abzüglich von Provisionserlösen zusammen. Die Nettomarge ergibt sich als

$$NM = BM - K = HY - RF - K. \quad (2)$$

Wenn die Refinanzierungskosten RF und die sonstigen Kosten K als modellexogen betrachtet werden, bildet der Hypothekarsatz HY die Entscheidungsvariable der Bank. Die Bank wird bestrebt sein, durch ihre Konditionenpolitik eine positive Nettomarge zu erwirtschaften, um in der laufenden Periode positive Einzelgeschäftserfolge und Gesamterfolge zu erzielen. Ein rationales Verhalten der Hypothekarschuldner beschränkt jedoch die Konditionenautonomie der Bank in einem kompetitiven Marktumfeld. Aufgrund des Wettbewerbs zwischen den Anbietern werden positive Nettomargen nach Deckung der Eigenkapitalkosten im Gleichgewicht eines kompetitiven Marktes nicht auftreten. Die Entwicklung der Hypothekarsätze HY wird unter diesen Umständen vielmehr der Entwicklung der Kosten folgen: $HY = RF + K$. Da in der Praxis Schwankungen der Refinanzierungssätze RF die bedeutendste Ursache für Kostenveränderungen sind, bedeutet dies, dass in einem kompetitiven Markt ein linearer Zusammenhang zwischen Refinanzierungskosten und Hypothekarsätzen besteht. Die Entwicklung der Refinanzierungskosten erklärt die Hypothekarsatzentwicklung und die Kostenmarge

K entspricht historisch der durchschnittlichen Bruttomarge.

Aus verschiedenen Gründen liegt bei variablen Hypotheken in der Schweiz jedoch kein einfacher linearer Zusammenhang zwischen Refinanzierungskosten und Hypothekensätzen vor:

1. Hypothekensatzerhöhungen werden als sogenannte "Hypoziinsrunden" von der schweizerischen Öffentlichkeit als Ereignisse von grosser wirtschaftspolitischer Bedeutung gesehen und führen oft zu aggressiven wirtschaftspolitischen Diskussionen in den Medien. Dies ist vor allem durch den im Bundesbeschluss über Massnahmen gegen Missbräuche im Mietwesen vom 30. Juni 1972 eingeführten Kosten-Überwälzungsmechanismus bedingt, welcher Mieterhöhungen von 3-4% für Hypothekensatzerhöhungen von 25 Basispunkten ermöglicht. Wegen der Hypothekarzinsindexierung der Mieten führen Erhöhungen der Sätze zu einem Preisanstieg bei einer wichtigen Komponente des Konsumentenpreisindex, so dass in der politischen Diskussion über bevorstehende "Hypoziinsrunden" sowohl sozialpolitische Gesichtspunkte als auch makroökonomische Argumente angeführt werden.
2. Wegen der infolge der oligopolistischen Marktstruktur im Hypothekarmarkt geringen Preisunterschiede und der hohen Synchronität von Preisänderungen erfolgt die Produktdifferenzierung vor allem durch die Qualität der begleitenden Dienstleistungen und durch die Produktgestaltung[4].
3. Hypothekensatzveränderungen erfolgen traditionell nur in Abstufungen von 25 und seltener 50 Basispunkten.

Hypothekensatzentscheidungen haben aus diesen Gründen für schweizerische Banken strategischen Charakter und Veränderungen erfolgen nur, wenn aller Voraussicht nach nicht kurzfristig ein erneuter Anpassungsbedarf entstehen kann und ein grundsätzliches Ungleichgewicht zwischen den aktuellen Erträgen und Kosten besteht. Es liegt keine eigentliche Indexierung vor, sondern eine gewisse Entkoppelung der Sätze für variable Hypotheken von

der Entwicklung der zugrundeliegenden Refinanzierungssätze über nicht a priori festgelegte Zeiträume. Dies führt zwischenzeitlich zu positiven Nettomargen und zur Akkumulation von Gewinnen oder negativen Nettomargen und auflaufenden Verlusten. Unter der Annahme eines konstanten Kostenspreads K , eines konstanten Hypothekensatzes HY und exogen gegebener Refinanzierungssätze RF_t in der Periode t_i lassen sich die akkumulierten Gewinne bzw. Verluste zwischen zwei Zeitpunkten t_0 und t_1 direkt ermitteln:

$$PO(t_0, t_1) = \sum_{t=t_0}^{t_1} NM_t \cdot \Delta t \quad (3)$$

$$= \sum_{t=t_0}^{t_1} (HY - RF_t - K) \cdot \Delta t$$

Da diese akkumulierten Gewinne und Verluste Ausdruck eines Ungleichgewichts zwischen Kosten und Erträgen von variablen Hypothekarprodukten sind, wird ihre Höhe jedoch nicht ohne Einfluss auf die Hypothekarzinspolitik einer Bank bleiben. Anhaltend negative Nettomargen verringern die Attraktivität von variablen Hypotheken für Banken und werden sie letztlich trotz möglicher politischer Widerstände zu einer Hypothekensatzerhöhung veranlassen. Im einfachsten Fall werden Banken immer dann eine Hypothekensatzerhöhung vornehmen, wenn der akkumulierte Verlust seit der letzten Hypothekensatzveränderung einen Grenzwert P_{UP} überschreitet:

$$PO(t_0, t) < P_{UP} \quad (4)$$

Umgekehrte Überlegungen für den Fall einer positiven Nettomarge und damit verbundener Gewinnakkumulationen legen nahe, dass der Konkurrenzdruck zwischen den Banken und die öffentliche Meinung die Banken zu einer Hypothekensatzsenkung veranlassen, sofern die akkumulierten Gewinne seit der vorangegangenen Hypothekensatzveränderung eine bestimmte Höhe überschreiten:

$$PO(t_0, t) > P_{DOWN} \quad (5)$$

Wenn sich Banken aufgrund der akkumulierten Gewinne bzw. Verluste zu einer Anpassung des Hypothekensatzes entschliessen, müssen sie auch den Umfang der Veränderung festlegen. Das grundsätzliche Ziel der Bank ist es, das bestehende Ungleichgewicht zwischen Hypothekensätzen und Kosten abzubauen und gleichzeitig die Notwendigkeit einer raschen weiteren Anpassung zu vermeiden. Historisch sind vor allem Anpassungen um 25 Basispunkte erfolgt, und weitergehende Anpassungen um 50 Basispunkte bilden den Ausnahmefall. Anpassungen um 50 Basispunkte erfolgen vor allem in Situationen, in denen eine besonders hohe absolute Netto-Marge erwarten lässt, dass die rasche Gewinn- bzw. Verlustakkumulation auch nach einer Hypothekensatzanpassung nach kurzer Zeit eine erneute Anpassung in der gleichen Richtung erforderlich macht. Im vorliegenden Modell erfolgt daher grundsätzlich eine Anpassung um 25 Basispunkte, sobald die Grenzwerte für Gewinne (P_{DOWN}) bzw. Verluste (P_{UP}) in den Gleichungen (4) und (5) überschritten werden. Veränderungen um 50 Basispunkte erfolgen nur, wenn auch nach der Anpassung in der laufenden Periode annualisierte Gewinne bzw. Verluste anfallen würden, die über einem Wert S_{DOWN} oder unter einem Wert S_{UP} liegen. Ausgehend von einem Startwert H_0 kann aufgrund dieser Regel die Entwicklung des Hypothekensatzes einer Bank mit den Entscheidungsparametern P_{UP} , P_{DOWN} , S_{UP} und S_{DOWN} und einem Kostenspread K wie in Formel 6 dargestellt beschrieben werden:

Sowohl der Zeitpunkt einer Hypothekensatzveränderung als auch ihre Höhe werden im Modell durch die Entwicklung des Refinanzierungssatzes determiniert und hängen von den Modellparametern K , P_{UP} , P_{DOWN} , S_{UP} und S_{DOWN} ab. Selbst unter der Annahme eines konstanten Kostenspreads K besteht jedoch kein einfacher linearer Zusammenhang zwischen der Hypothekensatzentwicklung und der Entwicklung der als exogen betrachteten Refinanzierungskosten mehr. Durch die Modellierung der Erfolgswirkungen von Veränderungen der Refinanzierungskosten und der Verknüpfung von Periodenerfolgen und Hypothekensatzanpassungen in Form der Schwellenwerte, welche Hypothekensatzveränderungen um 25 bzw. 50 Basispunkte auslösen (P_{DOWN} und P_{UP} sowie S_{DOWN} und S_{UP}), wird eine realitätsnahe Wiedergabe des zugrundeliegenden bankwirtschaftlichen Entscheidungsrahmens ermöglicht. Die konkrete Ermittlung der Modellparameter aufgrund von historischen Daten bildet den Gegenstand des folgenden Abschnittes.

3. Bestimmung der Modellparameter

Das dargestellte Modell zur Hypothekensatzentwicklung bildet die Struktur realer Hypothekensatzentscheidungen nur vereinfacht ab. Eine Ermittlung der Modellparameter aufgrund einer direkten Erhebung im Sinne einer Befragung ist daher nicht möglich. Aus diesem Grund werden in diesem

$$HY_{t+1} - HY_t = \Delta HY_t = \begin{cases} +0,5 & PO(t_0, t) < -P_{UP} \text{ und } RF_t + K - HY_t > S_{UP} \\ +0,25 & PO(t_0, t) < -P_{UP} \text{ und } RF_t + K - HY_t < S_{UP} \\ 0 & -P_{UP} < PO(t_0, t) < P_{DOWN} \\ -0,25 & P_{DOWN} < PO(t_0, t) \text{ und } HY_t - RF_t - K < S_{DOWN} \\ -0,5 & P_{DOWN} < PO(t_0, t) \text{ und } HY_t - RF_t - K > S_{DOWN} \end{cases}$$

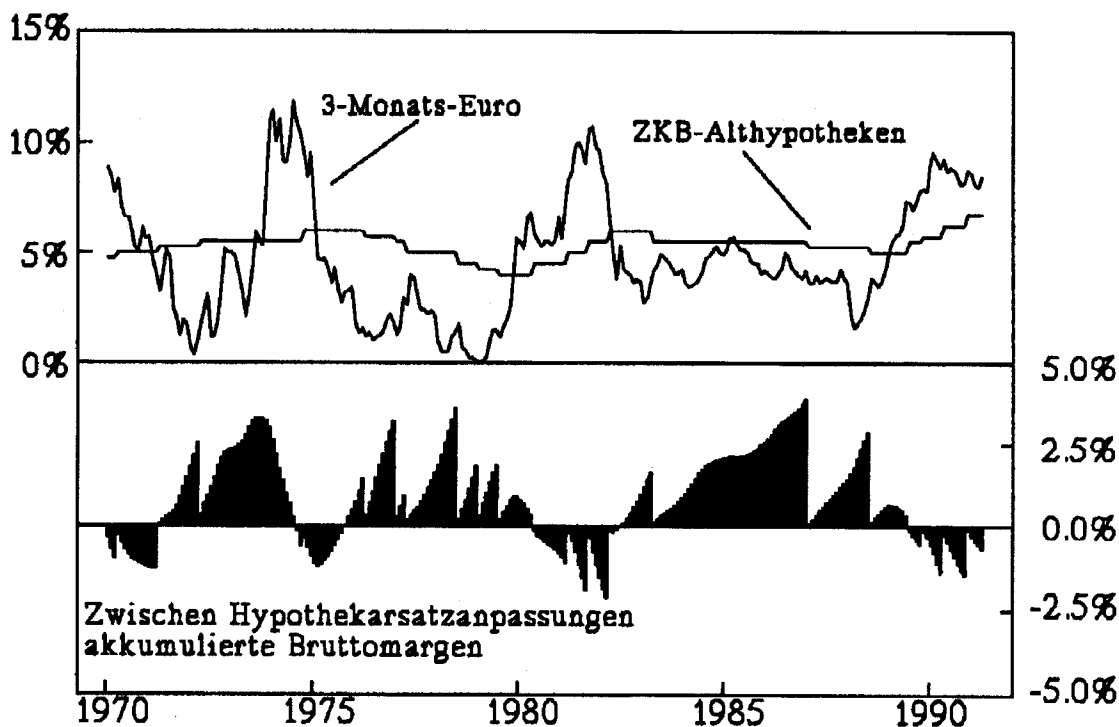
(6)

Abschnitt die Parameter anhand der historisch beobachteten Entwicklung eines ausgewählten Hypothekensatzes ermittelt. Da ausser der Hypothekensatzentwicklung nur die Entwicklung des Refinanzierungssatzes beobachtet werden kann, ist RF die erklärende Variable des Modells, während bei der Schätzung alle übrigen Modellparameter einschliesslich des Kostenspreads K als konstante und unbeobachtbare Grössen angenommen werden. Ausgangspunkt für die Schätzung der Modellparameter bildet folglich eine Annahme über den für Hypothekensatz-Entscheidungen relevanten Refinanzierungssatz. An Hand historischer Refinanzierungssätze und tatsächlicher Hypothekensätze werden dann die Modellparameter geschätzt.

3.1 Konditionenpolitisch relevante Refinanzierungssätze für variable Hypotheken in der Schweiz

Mit wachsender Verbreitung der Marktzinsmethode werden bankinterne Konditionenentscheidungen zunehmend aufgrund von Opportunitätsüberlegungen gefällt. So bildet die Ausgabe einer Festzinshypothek eine weitgehend zinsrisikoäquivalente Opportunität zu einer Investition in Anleihen mit gleicher Restlaufzeit. Unter Opportunitätsgesichtspunkten bildet daher die Rendite auf Verfall einer risikoäquivalenten Anleihe den relevanten Refinanzierungssatz für eine Festzinshypothek. Mangels vergleichbarer gehandelter Instrumente lässt sich für variable Hypotheken ein risikoäquivalenter

Abbildung 1: Historische Entwicklung der Althypothekensätze der ZKB und der 3-Monats-Eurosätze (oben) und akkumulierte Bruttomargen zwischen Hypothekensatzanpassungen (unten)



Erläuterungen:

Quelle für 3-Monats-Euro- und Althypothekensätze: ZKB.

Bestimmung der akkumulierten Bruttomargen für die realisierte Hypothekensatzentwicklung gemäss Gleichung (8) für $K = 0$.

Refinanzierungssatz nicht unmittelbar beobachten. Wegen der Unsicherheit bezüglich der Höhe der zukünftigen Zinszahlungen von variablen Hypotheken kann zudem ein Refinanzierungssatz nicht durch bestehende Bewertungsmodelle aus Preisen anderer Anlagen ermittelt werden. Dem Charakter ihrer variablen Verzinsung entsprechend ist es jedoch eine verbreitete Praxis, kurzfristige Marktzinssätze als zinsrisikoäquivalente Opportunitäten für variable Hypotheken zu verwenden. Die nachfolgenden Modellschätzungen bauen auf dieser Praxis auf und legen den 3-Monats-Euro SFr.-Geldmarktsatz als Marktopportunität für einzelne variable Hypotheken zugrunde.

Da Hypothekensatzänderungen die Konditionen aller ausstehenden Hypotheken einer Bank beeinflussen, hängt die Konditionenpolitik für variable Hypotheken jedoch nicht nur vom gegenwärtigen Refinanzierungssatz für einzelne Hypotheken ab. Vielmehr bildet der Refinanzierungssatz des Gesamtportfolios an variablen Hypotheken den konditionenpolitisch relevanten Refinanzierungssatz. Unter den Annahmen eines bezüglich der Ausgabezeitpunkte gleichmässig verteilten Portfolios von Hypotheken und des 3-Monats-Zinssatzes als Refinanzierungssatz einzelner Hypotheken bedeutet dies, dass der konditionenpolitisch relevante Refinanzierungssatz dem gleitenden Durchschnitt der 3-Monats-Zinssätze über jeweils 3 Monate entspricht [5]:

$$RF(t) = \overline{EURO}_t \quad (7)$$

$$= \frac{EURO_t + EURO_{t-1} + EURO_{t-2}}{3}$$

3.2 Hypothekensatzentscheidungen der Zürcher Kantonalbank

Die Zürcher Kantonalbank (ZKB) gehört mit den drei Grossbanken zur Gruppe der wichtigsten Einzelteilnehmer am Hypothekemarkt, und ihr Verhalten kann als charakteristisch für den gesamten Kantonalbanksektor betrachtet werden. Diese Sonderstellung der ZKB rechtfertigt es, den Schätzungen ihre Konditionenpolitik während des Zeitraums

1970 bis 1991 zugrunde zu legen. Auf Grund der hohen Synchronität von Hypothekensatzveränderungen zwischen den Banken dürften die für die ZKB ermittelten Ergebnisse jedoch darüber hinaus von allgemeiner Gültigkeit sein und Schlüsse auf das Anpassungsverhalten der meisten Schweizer Banken zulassen. *Abbildung 1* stellt die Sätze der variablen Althypotheken der Zürcher Kantonalbank von Januar 1970 bis März 1991 dar. Im Beobachtungszeitraum treten 20 Hypothekensatzveränderungen auf, die es durch das Modell abzubilden gilt: Acht Hypothekensatzerhöhungen um 50 Basispunkte und vier Erhöhungen um 25 Basispunkte sowie sechs Reduktionen um 25 Basispunkte und zwei Reduktionen um 50 Basispunkte. Ergänzt wird die Hypothekensatzreihe in *Abbildung 1* um die Zeitreihe der 3-Monats-Euro SFr.-Sätze. Die abgebildeten Zeitreihen von Hypothekensätzen und Refinanzierungssätzen bilden die Grundlage für die Schätzung der Parameter des Anpassungsmodells aus Gleichung (6). Der für die Hypothekensatzentscheidung bedeutsame akkumulierte Gewinn bzw. Verlust ergibt sich in Periode t_1 für den durch Eurosätze bestimmten Refinanzierungssatz aus Gleichung (3) und (7):

$$PO(t_0, t_1) = \sum_{t=t_0}^{t_1} (HY - \overline{EURO}_t - K) \cdot \Delta t \quad (8)$$

wobei t_0 unverändert den Zeitpunkt der vorangegangenen Hypothekensatzanpassung bezeichnet. Zur Veranschaulichung ist die zeitliche Entwicklung der historisch realisierten Gewinn- und Verlustpotentiale als Bruttomarge, d.h. unter der Annahme eines Kostenspreads K von 0, im unteren Teil der *Abbildung 1* dargestellt. Die Darstellung dokumentiert eindrücklich die historisch stark schwankenden Bruttomargen und verdeutlicht die Akkumulation der positiven wie auch negativen Bruttomargen zwischen den Hypothekensatzveränderungen. Die überwiegend positiven akkumulierten Bruttomargen zeigen dabei, dass es der Zürcher Kantonalbank während des Zeitraums 1970 bis 1991 gelungen ist, durch ihre Konditionenpolitik einen Beitrag zur Deckung der Kosten zu erwirtschaften. Die Höhe dieses realisierten Kostenspreads wird im

Rahmen der Modellschätzung ermittelt. Die Schätzung des Kostenspreads und der Entscheidungsparameter erfolgt durch ein Least-Square Schätzverfahren. Es ermittelt jene Kombination von Kostenspread K und Entscheidungsparametern P_{UP} , P_{DOWN} , S_{UP} und S_{DOWN} , unter der die Hypothekensatzentwicklung gemäss Gleichung (6) und die historisch beobachtete Hypothekensatzentwicklung in einem möglichst hohen Masse übereinstimmen. Als Mass für die Übereinstimmung dient dabei die durchschnittliche Abweichung zwischen Modellsätzen und historischen Sätzen, gemessen durch den Root-Mean-Square-Error (RMSE). Während in Anhang 1 weitere Details zum Schätzverfahren dargestellt werden, finden sich die Schätzergebnisse in *Tabelle 1*.

Der RMSE für die Schätzung über den gesamten Beobachtungszeitraum beträgt 24.12 Basispunkte. Dieser Wert liegt unter der kleinsten Schrittgrösse von Hypothekensatzveränderungen von 25 Basispunkten und bildet ein Indiz für die gute Fähigkeit des Modells, die Hypothekensatzentwicklung während des Beobachtungszeitraumes abzubilden. Zwei alternative Darstellungen bestätigen diesen Eindruck:

1. *Abbildung 2* stellt die historischen Hypothekensätze, HY , graphisch den Modellsätzen, HY^* , gegenüber und zeigt die Zeitreihe der Abweichungen zwischen den beiden Sätzen. Ausgehend vom gemeinsamen Startwert in 1970 verlaufen die beiden Reihen über alle drei Zyklen des Hypothekenzinses parallel. Auch lässt die Zeitreihe der Abweichungen zwischen Modell- und beobachteten Hypothekensätzen im unteren Teil der *Abbildung 2* keine systematischen Muster erkennen.
2. Der Erklärungsgehalt des Modells für die Varianz der Hypothekensätze während der Periode 1970-1991 ist mit 77.4% sehr hoch. Die Berechnung dieses Erklärungsgehaltes entspricht dem von herkömmlichen Regressionsanalysen her bekannten R^2 -Wert:

$$R^2 \equiv 1 - \frac{\text{Var}(HY - HY^*)}{\text{Var}(HY)} \quad (9)$$

Indem er die Varianz der Abweichungen zwischen Modellreihe und historischer Entwicklung in Relation zur Varianz der beobachteten Hypothekensatzreihe setzt, verdeutlicht der R^2 -Wert, dass die unsystematischen Abweichungen zwischen Modellreihe und historischer Entwicklung auch im Vergleich zur Gesamtschwankungsbreite der Hypothekensätze klein sind.

Das Schätzergebnis für den Kostenspread K im Anpassungsmodell beträgt 62 Basispunkte (*Tabelle 1*). Dieser Wert entspricht der durchschnittlichen Bruttomarge und steht der ZKB unter ihrer Hypothekensatzpolitik der Jahre 1970 bis 1991 mittel- und langfristig zur Deckung von Vertriebs-, Abwicklungs- und Kreditrisikokosten zur Verfügung. Darüberhinaus sollte die erzielte Bruttomarge eine adäquate Eigenkapitalrendite sichern. Um die Attraktivität des Geschäftes mit variablen Hypotheken zu beurteilen, ist es daher notwendig, über den Gesamtkostenspread von 62 Basispunkten hinaus zumindest auch die Höhe des Kostenspreads nach Berücksichtigung des Kreditrisikos zu kennen. Ergänzt um die detaillierten Kostenerhebungen aus den Vertriebs- und Abwicklungsbereichen der Bank erlaubt er eine Beurteilung der Attraktivität von variablen Hypotheken.

Um die mittel- bis langfristige Bruttomarge nach Kreditrisikokosten zu ermitteln, gilt es den Kostenspread K im Hypothekensatzmodell um die Kreditrisikoprämie von Hypotheken gegenüber Geldmarktanlagen zu bereinigen. Mangels Marktpreisen von variablen Hypotheken ist es aber nicht möglich, diese Kreditrisikoprämie für variable Hypotheken zu bestimmen. Eine sehr gute Näherung dürfte jedoch die Kreditrisikoprämie von gehandelten Hypotheken, d. h. von Pfandbriefen, sein. Um diese exemplarisch zu ermitteln, wird an 10 zufällig ausgewählten Handelstagen in den Jahren 1991 und 1992 das von LEITHNER (1992, pp. 164f.) entwickelte Schätzverfahren für Kreditrisikoprämien auf die an der Zürcher Börse gehandelten Pfandbriefe angewendet. Die durchschnittliche Kreditrisikoprämie von schweizerischen Pfandbriefen gegenüber dem Eurogeldmarkt über alle untersuch-

Tabelle 1: Parameter des Hypothekensatzmodells für die ZKB

Parameter	Periode 1/70-3/91*	Periode 1/70-4/80 **
Kostenspread K	0.62 (5.53)	0.66 (4.37)
P_{DOWN} (Senkungen)	1.18 (7.10)	1.23 (5.07)
P_{UP} (Erhöhungen)	0.67 (7.02)	0.98 (4.34)
S_{DOWN}	5.13 (6.05)	**
S_{UP}	6.13 (6.16)	**
Root Mean Square Error (RMSE)	0.2412	0.2473

Erläuterungen:

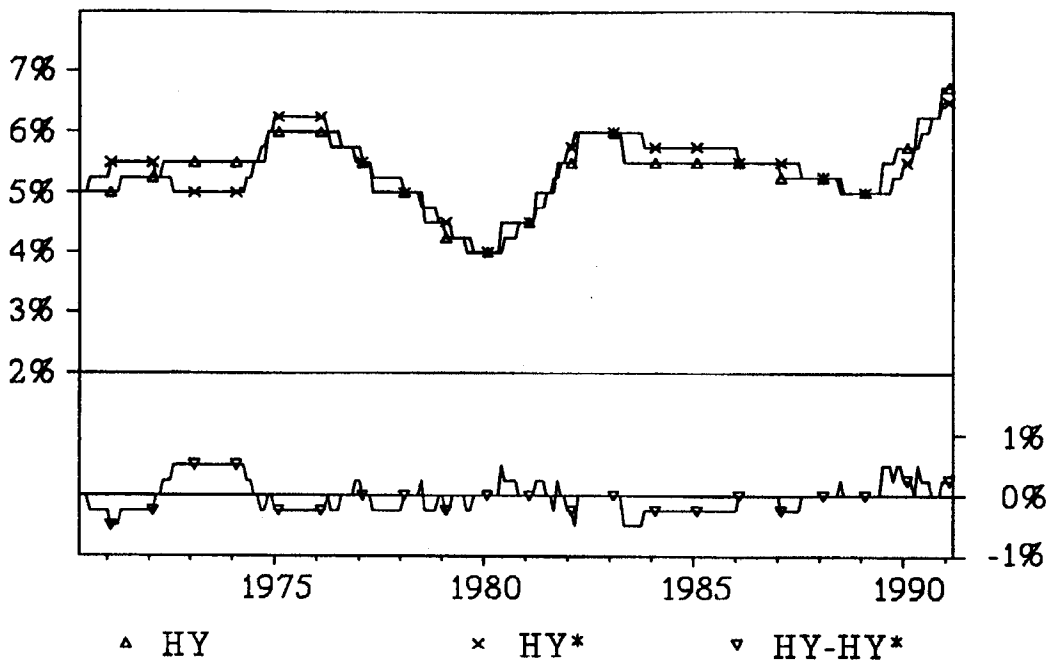
Die Parameter entsprechen dem Kostenspread und den Entscheidungsparametern in der Modellspezifikation von Gleichung (6) und (8). Grundlage bilden monatliche Alt-Hypothekensätze der Zürcher Kantonalbank und monatliche 3-Monats-Eurosätze. Das angewandte Schätzverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

* Alle Angaben in %. t-Werte in Klammern gemäss JUDGE/GRIFFITHS/HILL/LEE (1980, pp. 755ff.). Unter der Annahme unabhängig normalverteilter Abweichungen zwischen Modell- und beobachteten Hypothekensätzen in allen Perioden sind alle Parameter auf dem 1% Niveau von 0 verschieden.

** Über den Zeitraum 1/70 bis 4/80 beeinflusst die Berücksichtigung von Hypothekensatzänderungen von 50 Basispunkten das Ergebnis der Schätzungen nicht. Für die Simulationen auf der Basis dieser Schätzergebnisse in Abbildung 3 wurden die Werte für S_{DOWN} und S_{UP} auf unendlich gesetzt. Alle Hypothekensatzveränderungen betragen daher 25 Basispunkte.

Quelle der Daten: Volkswirtschaftliche Abteilung ZKB.

Abbildung 2: In-Sample Prognose des Hypothekensatzes für den Zeitraum 4/1970 bis 2/1991



Modellparameter vgl. Tabelle 1.

ten Handelstage beträgt -54 Basispunkte. Dieser Wert ist negativ, da die Bonität von Hypotheken besser einzustufen ist als die Bonität von typischen Gegenparteien im Eurogeldmarkt. Der Spread, den die ZKB von 1970 bis 1991 zur Deckung der Vertriebs- und Abwicklungskosten und zur Gewinnerzielung erwirtschaftet hat, liegt aus diesem Grund auch über dem Schätzergebnis von 62 Basispunkten und beträgt $62 - (-54) = 116$ Basispunkte. Ob dieser Wert ausreicht, um über die Vertriebs- und Abwicklungskosten hinaus eine adäquate Eigenkapitalrendite zu erwirtschaften, kann jedoch erst in Kenntnis der detaillierten internen Kostenträgerrechnung der Bank ermittelt werden.

Die Schätzergebnisse für die Entscheidungsparameter in Tabelle 1 verdeutlichen, dass das spezifische Marktumfeld bei variablen Hypotheken Banken nur bei signifikanten Abweichungen der Nettomarge von ihrem Gleichgewichtswert von 0 zu Hypothekensatzanpassungen veranlasst: Erst ein Verlust von 0.67% des Nennwertes ihres Hypothekensatzbestandes hat die ZKB im Beobachtungszeitraum veranlasst, die politischen Widerstände einer Hypothekensatzerhöhung zu überwinden und den Satz für variable Hypotheken zu erhöhen. Noch eindrücklicher ist jedoch das Beharrungsvermögen gegenüber Hypothekensatzsenkungen: Dank der oligopolistischen Marktstruktur gelang es der ZKB, Hypothekensatzsenkungen auch während Perioden positiver Nettomargen aufzuschieben. Erst bei einem akkumulierten Gewinn von 1.18% des Nennwertes des Bestandes an variablen Hypotheken sah sie sich gezwungen, die vorteilhaften Refinanzierungsbedingungen durch Hypothekensatzsenkungen an die Schuldner weiterzugeben.

Die Schätzergebnisse entsprechen damit der oftmals geäußerten Vermutung einer Asymmetrie im Anpassungsverhalten der Banken zwischen Hypothekensatzerhöhungen und -senkungen. Sich akkumulierende Verluste lösen rascher Hypothekensatzerhöhungen aus als Gewinnakkumulationen zu Hypothekensatzsenkungen führen ($P_{DOWN} > P_{UP}$). Infolge der historisch zu beobachtenden Zyklen in der Entwicklung der Refinanzierungssätze besteht dadurch die Möglichkeit, dass Banken mittel- bis

langfristig aus ihrer Hypothekensatzpolitik Zusatzerträge über den Kostenspread hinaus erwirtschaften. Während der 3 Zinszyklen im Beobachtungszeitraum 1970 bis 1991 war dies für die ZKB jedoch nicht der Fall. Vielmehr entsprach die realisierte durchschnittliche Bruttomarge mit 60 Basispunkten weitgehend dem Kostenspread K von 62 Basispunkten (Tabelle 1). Teilweise ist dies auf den Umstand zurückzuführen, dass Hypothekensatzerhöhungen zwar rascher eintreten, aber nur bei sehr hohen gegenwärtigen Nettozinssmargen mehr als 25 Basispunkte betragen, während Hypothekensatzsenkungen rascher zu ausgeprägten Abnahmen des Hypothekensatzes von 50 Basispunkten führen ($S_{DOWN} < S_{UP}$).

4. Modellanwendungen

Das parametrisierte Hypothekensatzmodell steht für eine Reihe von Fragestellungen als Analyseinstrument zur Verfügung. Problemkreise von besonderer Praxisrelevanz sind die integrierte Simulation bzw. Prognose von Refinanzierungssätzen und Hypothekensätzen im Rahmen des Bilanzmanagements sowie die Bestimmung von Marktwerten für variable Hypotheken. Die Einsatzmöglichkeiten des Modells im Bezug auf diese beiden Fragestellungen stehen daher im Mittelpunkt der Anwendungen in diesem Abschnitt.

4.1 Integrierte Simulation von Refinanzierungssätzen und Hypothekensätzen

Als einfachste praktische Anwendung des Hypothekensatzmodells bietet sich die Prognose von Hypothekensätzen an. Im Gegensatz zu herkömmlichen Ansätzen berücksichtigt eine derartige Vorhersage ausdrücklich die Abhängigkeit der Hypothekensätze von den Refinanzierungssätzen. Sie sollte daher Eingang in die bereits verbreiteten Simulationsmodelle von Bankbilanzen im Rahmen des Bilanzrisikomanagement finden. Die Grundlage für die Anwendung des Modells bildet die Simulation

der Entwicklung der Hypothekensätze in Abhängigkeit von der Entwicklung des Refinanzierungssatzes. In Abbildung 2 wurde eine derartige Simulation bereits für den Zeitraum 1970 bis 1991 durchgeführt. Da die Simulationsperiode in Abbildung 2 jedoch mit der Schätzperiode der Parameter übereinstimmt, handelt es sich um eine In-Sample Prognose, die nur eine Aussage über die Qualität der Schätzung, nicht aber über die Prognosefähigkeit des Modells zulässt. Im Gegensatz zur angeführten In-Sample Prognose haben praktische Hypothekensatzvorhersagen Out-of-Sample Charakter, da die Parameterwerte des Modells nur aufgrund historischer Perioden ermittelt werden können, die vor dem Beginn des Prognoseintervalls liegen.

Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer derartigen Out-of-Sample Prognose für den Zeitraum 5/1980 bis 2/1991. Tabelle 1 gibt die der Prognose zugrundeliegenden Parameter an, die analog zur Modellschätzung aus dem dritten Abschnitt, jedoch nur auf Grund der Periode 1/1970 bis 4/1980 geschätzt wurden. Als Startwert für die Prognose dient der beobachtete Hypothekensatz 5/1980, und die Entwicklung des Refinanzierungssatzes entspricht wiederum der beobachteten Entwicklung der 3-Monats-Eurosätze während der Prognoseperiode. Der Root Mean Square Error liegt für die Out-of-Sample Periode 5/1980 bis 2/1991 mit 0.2481 nur unwesentlich über dem RMSE der Schätzperiode und der analog zu Gleichung (9) bestimmte R^2 -Wert für die Out-of-Sample Periode beträgt 74.57%. Die Prognosequalität des Modells liegt daher nur unwesentlich unter dem Erklärungsgehalt des Modells während der Schätzperiode und kann als sehr gut bezeichnet werden. Dies ist auf die in den 70er und 80er Jahren sehr stabilen Parametern zurückzuführen (vgl. Tabelle 1): Einzig der Wert für P_{UP} weicht mit 0.975 für den Zeitraum 1970 bis 1980 deutlich vom Schätzwert für die Gesamtperiode (1970 bis 1991) ab. Da der Parameter P_{UP} für die Gesamtperiode unter dem Schätzwert für die siebziger Jahre liegt, mussten Banken während der achtziger Jahre vor einer Hypothekensatzerhöhung geringere akkumulierte Verluste hinnehmen. Eine Ursache für diese Entwicklung kann in einer Abnahme des po-

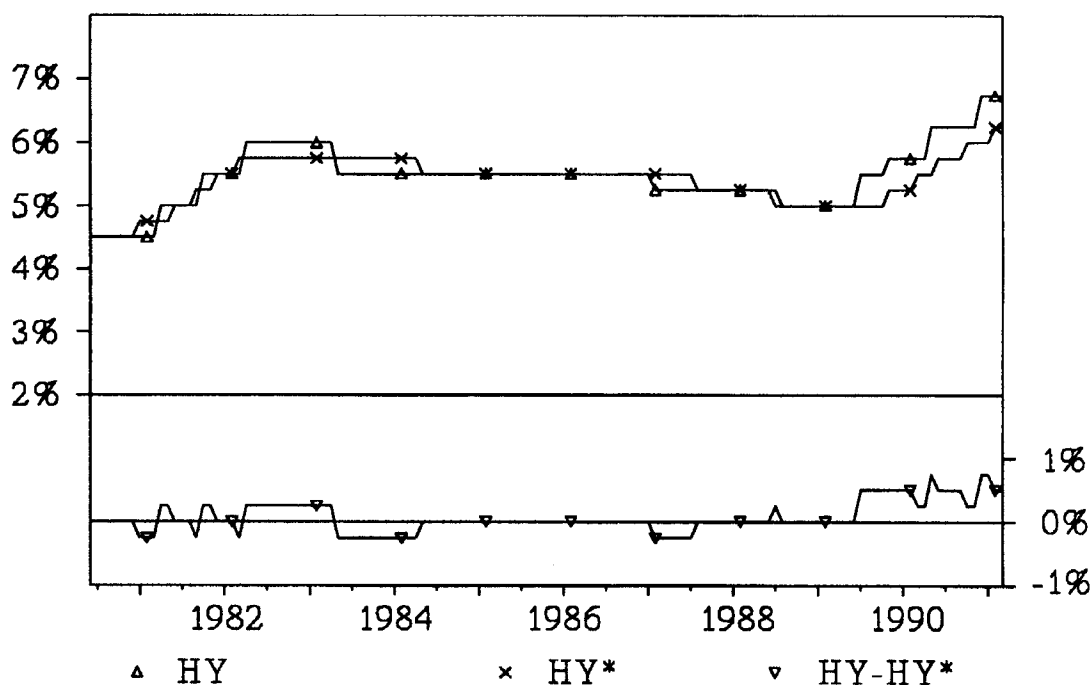
litischen Druckes gegen Hypothekensatzerhöhungen gesehen werden. Wie aus Abbildung 3 deutlich wird, macht sich diese Veränderung insbesondere auch in der jüngsten Vergangenheit durch rasch aufeinanderfolgende Hypothekensatzerhöhungen bemerkbar.

Während auch bei der angeführten Out-of-Sample Prognose für den Zeitraum 5/1980 bis 2/1991 die Entwicklung des Refinanzierungssatzes als der erklärenden Variablen des Modells noch als bekannt vorausgesetzt wurde, muss bei der Simulation des Hypothekensatzes für zukünftige Perioden zunächst auch die Entwicklung des 3-Monats-Eurosatzes oder anderer Refinanzierungssätze prognostiziert werden. Derartige Prognosen gehören bereits heute zum Standardinstrumentarium von bankinternen volkswirtschaftlichen Abteilungen. Neben den bisher vorwiegend eingesetzten Prognosen aufgrund von makroökonomischen Modellen oder zeitreihenanalytischen Verfahren können dabei auch stochastische Fristenstrukturmodelle eingesetzt werden. Von herkömmlichen Zeitreihentechniken unterscheiden sich diese Ansätze durch ihre Zielsetzung, neben der Dynamik einzelner Zinssätze vor allem auch die Abhängigkeit zwischen Zinssätzen mit unterschiedlichen Fristigkeiten abzubilden. Damit eignen sie sich nicht nur für die Simulation bzw. Prognose von Hypothekensätzen im vorliegenden Modell, sondern auch zur Bewertung der zugrundeliegenden Wertpapiere resp. Hypotheken. Die Bewertung von Finanzanlagen bildet wiederum die Hauptvoraussetzung für den Einsatz eines breiten Spektrums von zeitgemässen Instrumenten im Risikomanagement und Ertragscontrolling von Banken.

4.2 Bewertung variabler Hypotheken

Zeitgemässe Ansätze im Controlling von Banken gliedern Kosten und Erträge einer Bank in Kosten und Erträge aus der Übernahme von Risiken einerseits und betriebliche Kosten und Erträge andererseits [6]. Diese Trennung bildet die Voraussetzung für eine differenzierte Erfolgsermittlung und -beurtei-

Abbildung 3: Out-of-Sample Prognose des Hypothekensatzes für den Zeitraum 7/1980 bis 2/1991



Die Modellparameter basieren auf der Periode 1/1970 bis 4/1980 (vgl. Tabelle 1).

lung und für die Implementierung eines Risikomanagements. Wie BENKE/GEBAUER/PIASKOWSKI (1991) darstellen, können Erträge aus der Übernahme von Risiken und Erträge durch die Erbringung betrieblicher Leistungen jedoch für komplexe Finanzanlagen nur in Kenntnis des Wertes der von einer Bank gehaltenen Finanzanlagen getrennt werden. Die Fähigkeit zur Bewertung allgemeiner Finanzanlagen bildet daher die wichtigste Voraussetzung für die praktische Umsetzung moderner Controllingtechniken für Banken. Während die Bewertung und die darauf aufbauende Bestimmung der Wertkomponenten für kapitalmarktnahe Produkte bereits eingehend in der Literatur untersucht wurden[7], fehlen entsprechende Instrumente für variable Hypotheken bisher. Durch die Integration des Hypothekensatzmodells in ein stochastisches Fristenstrukturmodell wird diese Lücke im folgenden geschlossen.

Aufgrund der institutionellen Ausgestaltung variabler Hypotheken und der Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung des Hypothekensatzes kann die Bewertung variabler Hypotheken nicht mittels einer konventionellen Abzinsung erfolgen. Verdeutlichen lässt sich dies durch eine Gegenüberstellung der Bewertungsschritte für eine Festhypothek und der Bewertungsschritte für eine variable Hypothek.

Schweizer Festzinshypotheken ohne Kündigungsrechte zeichnen sich durch eine bei Vertragsabschluss bekannte Höhe aller Zinszahlungen und durch eine im voraus bekannte Laufzeit aus. Betrag und Zeitpunkte aller Zahlungsströme sind daher bekannt, und der Wert der Hypothek entspricht der Summe der Barwerte dieser Einzelzahlungen. Um den Barwert jeder Einzelzahlung zu ermitteln, wird sie mit einem ihrer Laufzeit und ihrem Kreditrisiko entsprechenden Diskontfaktor multipliziert. Dieser Diskontfaktor kann z. B. mittels des von

LEITHNER (1992) für den schweizerischen Markt implementierten stochastischen Fristenstrukturmodells analytisch ermittelt werden. An aktuellen Marktdaten werden dafür das Zinsniveau am Euromarkt und die anwendbare Kreditrisikoprämie von Hypotheken benötigt. Das Zinsniveau kann jeweils beobachtet werden. Die Kreditrisikoprämie für Hypothekarprodukte kann, wie bereits in Abschnitt 2 dargestellt, durch die Kreditrisikoprämie von Pfandbriefen näherungsweise bestimmt werden. Im Fall variabler Hypotheken sind jedoch entscheidende Voraussetzungen für die Anwendung dieses einfachen Bewertungsprozesses nicht erfüllt: Die Höhe der Zinszahlungen steht bei Vertragsabschluss nicht fest, und die Laufzeit von variablen Hypotheken ist in der Regel nicht festgelegt. Vielmehr entspricht es gängiger Praxis, dass der Schuldner die Hypothek unter Berücksichtigung einer Kündigungsfrist jederzeit zurückzahlen kann. Weder die Höhe noch die Anzahl der Zahlungen ist damit bekannt. Die Berücksichtigung der unsicheren Höhe der Zinszahlungen ist durch eine Modifikation des dargestellten Bewertungsablaufes unter Einbezug des Anpassungsmodells für variable Hypothekensätze möglich. Sie steht im Mittelpunkt der weiteren Darstellungen. Die "unbeschränkte" Laufzeit variabler Hypotheken hingegen erfordert über das Hypothekarsatzmodell hinaus die Spezifikation eines Kündigungsmodells, welches das Kündigungsverhalten von Hypothekarschuldnern z. B. in Abhängigkeit von alternativen Finanzierungsmöglichkeiten, der persönlichen Situation des Schuldners und gesamtwirtschaftlichen Daten beschreibt. Da die empirische Schätzung eines derartigen Modells zur Zeit mangels verfügbarer Daten nicht möglich ist, wird für die weiteren Darstellungen unterstellt, dass auch variable Hypotheken über eine bei Vertragsabschluss festgelegte Restlaufzeit verfügen. Diese Vereinfachung wird tendenziell zu einer Überbewertung von variablen Hypotheken aus der Sicht der Bank führen, da das Recht zur jederzeitigen Kündigung der variablen Hypothek typischerweise nur dem Schuldner der Hypothek zusteht. Unter der Annahme einer festen Laufzeit von variablen Hypotheken ist nur noch die Höhe der Zins-

zahlungen zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses ungewiss. Wie bei der Bewertung der Festzinshypothek kann jedoch der Barwert der variablen Hypothek als die Summe der Barwerte der in ihrer Höhe unbekannt, doch dem Termin nach bestimmten Zinszahlungen und des Barwertes der Nennwertrückzahlungen ermittelt werden. Während der Barwert der Nennwertrückzahlung analog zur Festzinshypothek mittels eines laufzeitadäquaten und kreditrisikoadjustierten Diskontfaktors berechnet werden kann, muss für die Bewertung der Zinszahlungen auf Monte-Carlo Bewertungstechniken zurückgegriffen werden. Monte-Carlo Bewertungstechniken integrieren das Anpassungsmodell für variable Hypothekensätze in ein stochastisches Fristenstrukturmodell und ermöglichen dadurch die konsistente Berücksichtigung der Abhängigkeit zwischen der Zinsentwicklung und der Höhe der Zinszahlungen der variablen Hypothek im Rahmen der Bewertung. HULL (1993, pp. 329ff.) gibt einen Überblick zu Monte-Carlo Bewertungstechniken, und in Anhang 2 werden die einzelnen Bewertungsschritte für den Fall von variablen Hypotheken beschrieben. Dabei wird das von LEITHNER (1992) für den schweizerischen Geld- und Swapmarkt implementierte stochastische Fristenstrukturmodell mit dem für die ZKB über den Zeitraum 1970 bis 1991 geschätzten Hypothekarsatzmodell kombiniert. Bei den Bewertungsergebnissen handelt es sich daher um den Barwert der zukünftigen Zahlungen des Hypothekarschuldners an die ZKB, sofern der Schuldner sich bereits heute auf ein Rückzahlungsdatum festlegt. Die Zahlungen des Hypothekarschuldners setzen sich für typische variable Hypotheken aus halbjährlichen Zinszahlungen in der Höhe der Hälfte des jeweiligen variablen Hypothekensatzes und aus der Rückzahlung des Nennwertes zusammen. *Tabelle 2* stellt Bewertungsergebnisse für variable Hypotheken mit unterschiedlichen Restlaufzeiten dar. Die Werte sind in Prozent des ausgezahlten Kreditbetrages angegeben. Den Berechnungen liegen ein aktueller 3-Monats-Eurosatz von 5.50% und eine gegenwärtiger Hypothekarsatz von 5.00% zugrunde. Diese Ausgangssituation entspricht der

seit 1989 zu beobachtenden negativen Bruttomarge beim Abschluss von variablen Hypotheken. Selbst in dieser für die Bank bei Vertragsabschluss verlustbringenden Situation liegt jedoch der Barwert der variablen Hypothek gemäss stochastischem Fristenstrukturmodell für alle Restlaufzeiten über einem Jahr über dem Betrag, den die Bank als Kreditbetrag an den Schuldner auszahlt. Tabelle 2 gibt neben den Barwerten der variablen Hypotheken für alle Restlaufzeiten den Barwertüberschuss der variablen Hypotheken an. Er ermittelt sich durch Subtraktion des Ausgabebetrages von 100% vom Barwert der Hypothek. Dieser Überschuss des Barwertes über den Ausgabewert einer Hypothek entspricht unter einer Periodenbetrachtung einer im Durchschnitt positiven Bruttomarge nach Abzug der Bonitätsrisikokosten [8].

Um die Attraktivität von variablen Hypotheken für eine Bank zu beurteilen, gilt es auch unter einer Barwertbetrachtung die Vertriebs- und Abwicklungskosten zu berücksichtigen. Dies kann entweder auf einer Barwertbasis durch das Abzinsen aller zukünftig erwarteten Vertriebs- und Abwicklungskosten oder aber unter einer Periodenbetrachtung durch die Verrentung des Barwertüberschusses über die Laufzeit der Hypothek geschehen. Die Verrentung des Barwertüberschusses knüpft dabei unmittelbar an die herkömmlichen Margenüberlegungen an: Dem periodisierten Barwertüberschuss können die Vertriebs- und Abwicklungskosten aus der Kostenträgerrechnung der Bank gegenübergestellt werden, um das Nettoergebnis aus variablen Hypotheken zu ermitteln. Im Unterschied zur mittel- bis langfristigen risikoadjustierten Bruttomarge, die im 3. Abschnitt für die ZKB mit 116 Basispunkten ermittelt wurde, berücksichtigt eine Periodenbetrachtung auf der Grundlage des Barwertüberschusses jedoch die gegenwärtige Margensituation und die Auswirkung der zukünftigen Anpassungspolitik der Bank. Sie ergänzt daher die mittel- bis langfristige Betrachtung um einen operativen Richtwert, der im laufenden Geschäft der Bank hilft, die Attraktivität von variablen Hypotheken konkret unter der jeweiligen Marktsituation zu beurteilen. Für eine Verrentung des Barwertüberschusses wird

Tabelle 2: Bewertungsergebnisse für variable Hypotheken mit unterschiedlicher Restlaufzeit

Laufzeit	Barwert (%) *	Barwertüberschuss (%)**	Verrenteter Barwertüberschuss (%)***
2	100.35	0.35	0.19
3	100.91	0.91	0.33
4	101.47	1.47	0.42
5	102.20	2.20	0.52
10	105.62	5.62	0.69
15	108.43	8.43	0.87
20	110.47	10.47	0.92
25	112.11	12.11	0.95
30	113.26	13.26	0.97
40	115.15	15.15	1.02
50	116.09	16.09	1.04

Erläuterungen:

Die Bewertungsergebnisse für variable Hypotheken mit halbjähriger Zinszahlung sind in % des ausbezahlten Kreditbetrages angegeben. Die Zinszahlungen des Schuldners basieren auf der Entwicklung des variablen Hypothekensatzes während der Laufzeit der Hypothek. Die Laufzeit der variablen Hypothek wird als bekannt unterstellt. Die einzelnen Bewertungsschritte mit entsprechenden Quellenangaben finden sich in Anhang 2.

* Berechnet mittels des in Anhang 2 beschriebenen Simulationsverfahrens. Aktueller 3-Monats-Eurosatz: 5.50%; aktueller Hypothekensatz: 5.00%; Parameter für das Anpassungsmodell der Hypothekensätze: $K=0.62\%$, $P_{UP}=0.67\%$, $P_{DOWN}=1.18\%$, $S_{UP}=6.13\%$, $S_{DOWN}=5.13\%$; Parameter für das stochastische Fristenstrukturmodell: $\mu=0.027$, $\kappa=0.538$, $\sigma=0.153$, $\lambda=-0.111$ (LEITHNER (1992, Tabelle 4.2, Spezifikation E)); Kreditrisikoparameter für variable Hypotheken: -0.54% . Die Schätzung dieses Kreditrisikoparameters basiert auf der von LEITHNER (1992, pp. 158ff.) vorgeschlagenen Methodik.

** Barwert der Hypothek - Kreditbetrag = Barwert - 100

*** Periodisierter Barwertüberschuss gemäss Gleichung (10). Die Rentenbarwertfaktoren entsprechen

$$\sum_{t=0}^T e^{-ty}$$

y ist definiert bei LEITHNER (1992, p. 158, Gleichung (5.2.6)). Die Parameter für das stochastische Fristenstrukturmodell: $\mu=0.027$, $\kappa=0.538$, $\sigma=0.153$, $\lambda=-0.111$.

Quelle der Daten: Volkswirtschaftliche Abteilung ZKB.

eine feste Bruttomarge pro Periode, BM_F , über die gesamte Laufzeit der Hypothek bestimmt. Die Summe der Barwerte dieser Bruttomargen über die gesamte Laufzeit entspricht wiederum dem Barwertüberschuss der variablen Hypothek. Bezeichnet D_T den Rentenbarwertfaktor einer periodischen, nachschüssigen Rente über T Jahre und P_T den Barwert einer variablen Hypothek mit Fälligkeit in T , so gilt daher für BM_F :

$$BM_F = \frac{P_T}{D_T} \quad (10)$$

Der Rentenbarwertfaktor D_T in (10) ist definiert als die Summe der Diskontfaktoren im stochastischen Fristenstrukturmodell für die Jahre 1 bis T .

In der letzten Spalte von Tabelle 2 finden sich die periodisierten Barwertüberschüsse für Hypotheken mit unterschiedlichen Restlaufzeiten bei einem Hypothekensatz von 5.00% und einem 3-Monats-Eurosatz von 5.50%. Aufgrund der negativen Ausgangssituation liegen sie für alle Laufzeiten unter der langfristigen risikoadjustierten Bruttomarge von 116 Basispunkten, die im dritten Abschnitt ermittelt wurde. Insbesondere für kurze Laufzeiten wirken sich die gegenwärtig hohen Refinanzierungskosten stark aus. So beträgt beispielsweise die periodisierte Bruttomarge für eine Restlaufzeit von 5 Jahren weniger als 50% des langfristigen Gleichgewichtswertes von 116 Basispunkten (Tabelle 2).

Da mittel- bis langfristig der Anpassungsmechanismus der Hypothekensätze unabhängig von der Ausgangssituation zum Tragen kommt, nähert sich der periodisierte Barwertüberschuss für sehr lange Laufzeiten dem langfristigen Gleichgewichtswert an. Selbst bei einer für variable Hypotheken nicht untypischen Laufzeit von 50 Jahren bewirkt die ungünstige Ausgangskonstellation jedoch noch immer den Verlust von rund 12% der langfristigen risikoadjustierten Bruttomarge.

In der Ausgangssituation einer gegenwärtigen Bruttomarge, die über der langfristigen Bruttomarge von $116 - 54 = 62$ Basispunkten liegt, kehrt sich der dargestellte Zusammenhang um: der periodisierte Barwertüberschuss ist für kurze Laufzeiten höher als für lange Laufzeiten. Für die Ausgangssi-

tuation eines Hypothekensatzes von 6.50% und eines 3-Monats-Eurosatzes von unverändert 5.00% beträgt der Barwert einer Hypothek mit 5 Jahren Restlaufzeit beispielsweise 105.23%. Der periodisierte Barwertüberschuss beläuft sich auf 122 Basispunkte und liegt damit über der langfristigen, risikoadjustierten Bruttomarge von 116 Basispunkten. Für sehr lange Restlaufzeiten konvergiert er jedoch unverändert zur langfristigen, risikoadjustierten Bruttomarge von 116 Basispunkten.

Für praktische Entscheidungen einer Bank über den Abschluss weiterer variabler Hypotheken bedeutet der dargestellte Zusammenhang zwischen Laufzeit der Hypothek und periodisierter Bruttomarge, dass es in Abhängigkeit von der gegenwärtigen Kostensituation der Bank im Abwicklungs- und Vertriebsbereich eine kostendeckende Mindestlaufzeit für variable Hypotheken gibt, sofern die gegenwärtige Bruttomarge unter dem langfristigen Wert von 62 Basispunkten liegt. Beträgt die zur Deckung der Abwicklungs- und Vertriebskosten notwendige Marge der ZKB gegenwärtig z. B. 90 Basispunkte und liegen Hypothekar- und Eurosatz bei 5.00% und 5.50%, so sind nur Hypotheken kostendeckend, die mindestens eine Laufzeit von 20 Jahren erreichen. Erst für längere Laufzeiten liegt der periodisierte Barwertüberschuss in Tabelle 2 über der angesprochenen Kostenmarge von 90 Basispunkten. Die langfristige risikoadjustierte Bruttomarge im Hypothekarmarkt kann von einer Bank wie der ZKB in nur beschränkter Masse selbst bestimmt werden. Vielmehr ist sie ein Ergebnis der Wettbewerbssituation im Hypothekarmarkt. Überschreiten die Vertriebs- und Abwicklungskosten einer Bank für ihr Hypothekarportfolio diesen Grenzwert, so sollte sie kostensenkende Massnahmen ergreifen oder sich aus dem Geschäft mit variablen Hypotheken zurückziehen. Wie die Darstellungen in diesem Abschnitt zeigen, bildet jedoch für all jene Banken mit günstigeren Kostenpositionen der periodisierte Barwertüberschuss ein wichtiges Steuerungsinstrument eines kurzfristigen Ertragscontrolling unter Berücksichtigung von Zins- und Kreditrisikogesichtspunkten.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Variable Hypotheken sind das zentrale Finanzierungsinstrument im schweizerischen Immobilienmarkt und sie bilden für die meisten im Hypothekengeschäft aktiven Banken die grösste Bilanzposition. Bisher wurden weder das Entscheidungsverhalten der Banken bei Hypothekensatzveränderungen noch die sich daraus ergebenden Ertrags- und Risikocharakteristika von variablen Hypotheken detailliert untersucht. Das hier vorgestellte Modell bildet die Konditionenpolitik der Banken bei der Anpassung der variablen Hypothekensätze ab. Es ermöglicht damit ein besseres Verständnis der Einflussgrössen der Hypothekensatzentwicklung. Z. B. zeigt die empirische Schätzung des Modells aufgrund der historischen Hypothekensatzpolitik der Zürcher Kantonalbank, dass die ZKB über ihre Refinanzierungskosten und die Bonitätsrisikokosten hinaus über den Zeitraum 1970 bis 1991 eine Marge zur Deckung der Vertriebs- und Abwicklungskosten von über 1% erwirtschaften konnte. Auch bestätigen die Modellschätzungen die oftmals geäusserte Vermutung einer Asymmetrie im Anpassungsverhalten der Banken zwischen Hypothekensatzerhöhungen und -senkungen. Steigende Refinanzierungskosten werden durch Hypothekensatzerhöhungen rascher an die Hypothekenschuldner weitergegeben als sinkende Refinanzierungskosten.

Das dargestellte Hypothekensatzmodell kann zur Simulation variabler Hypothekensätze in Abhängigkeit von der Entwicklung der Refinanzierungskosten der Bank herangezogen werden. Derartige Simulationen bilden die Grundlage für die Anwendung des Modells zur Prognose von Hypothekensätzen im Rahmen des Bilanzrisikomanagements und für die Bewertung von variablen Hypotheken. Die exemplarisch dargestellten Bewertungsergebnisse für variable Hypotheken können unmittelbar als Grundlage für die Entwicklung operativer Steuerungsinstrumente im Hypothekengeschäft dienen. Allgemeiner kann das in diesem Artikel dargestellte Modell als ein Rahmen für die Untersuchung beliebiger variabel verzinslicher, aber nicht kapi-

talmarktindexierter Finanzkontrakte angesehen werden. Auch bei herkömmlichen Sparkonten und amerikanischen Prime Rate Krediten ist die Konditionenentwicklung zwar variabel, aber nicht unmittelbar an die Geld- und Kapitalmarktverhältnisse gekoppelt. Unabhängig von den spezifischen Gegebenheiten des schweizerischen Hypothekemarktes haben sich in diesen Märkten ähnliche Entscheidungsmuster entwickelt: Konditionenentscheidungen folgen nur verzögert der Entwicklung am Geld- und Kapitalmarkt und die Anpassungszeitpunkte der Konditionen folgen keiner festen Regel. Nichtsdestotrotz verhindern der Kosten- und Erlöszusammenhang für das einzelne Kreditinstitut und die weitgehende Substituierbarkeit der Produkte am Kapitalmarkt - z. B. durch Geldmarktfonds und Commercial Paper - die vollständige Loslösung dieser Teilmärkte von der Kapitalmarktentwicklung. Bei Anwendung hier für variable Hypotheken dargestellten Bewertungsmethodik können diese Produkte darüber hinaus in ein modernes Asset and Liability Management-System und ein zeitgemässes Bankcontrolling integriert werden.

Anhang 1: Schätzverfahren

Gleichung (6) und (8) im Text beschreiben ausgehend von einem Anfangshypothekensatz H_0 die Entwicklung des variablen Hypothekensatzes als Funktion einer Zeitreihe der Refinanzierungskosten RF_t . Um auf der Basis der beobachteten Hypothekensatzreihe der ZKB die zugrundeliegenden Entscheidungsparameter und den Kostenspread zu ermitteln, wird ein nicht-linearer Least-Square Schätzer eingesetzt. Eine detaillierte Beschreibung der zugrundeliegenden Annahmen und der numerischen Umsetzung dieses Verfahrens findet sich bei JUDGE/GRIFFITHS/HILL/LEE (1980, Kapitel 17). Allgemein bestimmt der Least-Square Schätzer den Parametervektor $X = \{K, P_{UP}, P_{DOWN}, S_{UP}, S_{DOWN}\}$ des Modells als jene Parameterkonstellation, die die Summe der quadrierten Abweichungen zwischen beobachteten Hypothekensätzen (HY) und Modellhypothekensätzen (HY^*) minimiert:

$$X^*: \min_x \sum_{i=0}^N (HY_i - HY_i^*(X))^2 = \min_x \Omega_0 \quad (1.1)$$

Diese Zielfunktion ist gleichbedeutend mit einer Minimierung des Root-Mean-Square-Errors (RMSE) zwischen Modellsätzen und historischen Sätzen, wie sie im Text als Zielfunktion angeführt wird:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (HY_i - HY_i^*(X))^2}{N}} = \sqrt{\frac{\Omega_0}{N}} \quad (1.2)$$

Aufgrund der Entscheidungsregel für Hypothekarsatzanpassungen in Gleichung (6) hängt die Zeitreihe der Modell-Hypothekensätze und damit das Schätzergebn aus (1.1) und (1.2) neben den Modellparametern und den beobachteten 3-Monats-Eurosätzen auch von der Wahl des Anfangszeitpunktes der Schätzung ab. Um diese Abhängigkeit zu verringern, wird der LS-Schätzer in (1.1) modifiziert. Die Summe der quadrierten Abweichungen zwischen beobachteten Hypothekarsätzen und Modellsätzen wird nicht nur für den gesamten Beobachtungszeitraum ausgehend vom ersten Hypothekarsatz berechnet, sondern vielmehr wird ausgehend von jedem der historischen Anpassungszeitpunkte der Hypothekarsätze während der Schätzperiode eine eigene Modellreihe bis zum Endzeitpunkt generiert und die Summe der quadrierten Abweichungen ermittelt. Für den Fall einer Hypothekarsatzanpassung in i beträgt diese Summe der quadrierten Abweichungen:

$$\Omega_i(X) = \sum_{t=i}^N (HY_t - HY_t^*(X))^2 \quad (1.3)$$

Als neue Zielfunktion dient die Gesamtsumme der quadrierten Abweichungen, für alle Anfangszeitpunkte:

$$X^*: \min_x \sum_i \Omega_i(X) \quad \forall i = \text{Anfangszeitpunkt} \quad (1.4)$$

Die auf diese Art ermittelten Modellparameter liefern unabhängig vom Anfangszeitpunkt, ab dem die Hypothekarsätze durch das Modell berechnet werden, Simulationen und In-Sample Prognoseergebnisse von vergleichbarer Qualität.

Für die Schätzungen über den Zeitraum 1/70 bis 3/91 werden auf diese Art aus den 251 ursprünglichen Monatswerten von beobachteten Hypothekar- und Eurosätzen (Abbildung 1) 2570 Paare von Modell- und beobachteten Hypothekarsätzen gebildet. Der Lösungsvektor X zu (1.4) und die normierte Zielfunktion gemäss (1.2) aufgrund dieser 2570 Paare HY und HY^* finden sich in Tabelle 1.

Anhang 2: Ablauf der Bewertung von variablen Hypotheken mit Hilfe von Monte-Carlo Simulationstechniken

Im Gegensatz zu herkömmlichen Krediten, wie z. B. Festzinshypotheken, sind die zukünftigen Zahlungsverpflichtungen des Schuldners bei variablen Hypotheken zum Bewertungszeitpunkt nicht bekannt. Sie hängen neben dem aktuellen Hypothekarsatz auch von der Konditionenpolitik der ausgebenden Bank ab. Eine Bewertung variabler Hypotheken durch die Abzinsung der Zahlungen des Schuldners mit Hilfe von laufzeitadäquaten und kreditrisikoadjustierten Diskontfaktoren ist daher nicht möglich. Vielmehr gilt es, den durch das Hypothekarsatzmodell im zweiten Abschnitt abgebildeten Zusammenhang zwischen Hypothekarsatzentscheidung und Entwicklung des Refinanzierungssatzes bei der Bewertung zu berücksichtigen. Dies ist durch die Kombination eines stochastischen Fristenstrukturmodells mit dem Anpassungsmodell für Hypothekarsätze im Rahmen von Monte-Carlo Simulationstechniken möglich. Dieser Anhang beschreibt, wie das Hypothekarsatzmodell in das von LEITHNER (1992) im schweizerischen Kapitalmarkt implementierte stochastische Fristenstrukturmodell integriert werden kann, um variable Hypotheken zu bewerten.

Das Hypothekarsatzmodell beschreibt mit den Gleichungen (6), (7) und (8) die Entwicklung der

variablen Hypothekensätze als Funktion einer Zeitreihe von 3-Monats-Eurosätzen. Die angewandte Monte-Carlo Bewertungstechnik berücksichtigt diese Abhängigkeit, indem sie unter unterschiedlichsten Zinsentwicklungen die Zahlungsströme einer variablen Hypothek durch das Hypothekarsatzmodell ermittelt. Für jede einzelne der simulierten Zinsentwicklungen können durch das Hypothekarsatzmodell die Zahlungen des Hypothekarschuldners ermittelt werden und durch die bei HULL (1993, pp. 274ff.) dargestellte risikoneutrale Bewertungsmethodik auf den Bewertungszeitpunkt abgezinst werden. Während jede einzelne Zinssimulation über die Laufzeit der Hypothek dabei mit Hilfe von Zufallszahlen generiert wird, bilden die zugrundegelegten Zinsentwicklungen in ihrer Gesamtheit die Annahmen des stochastischen Fristenstrukturmodells über die statistischen Merkmale der zukünftigen Zinsentwicklung ab.

Um nun die unterschiedlichen Barwerte der einzelnen Simulationsläufe zu einem Modellpreis der variablen Hypothek zusammenzufassen, wird der Durchschnitt der Einzelbarwerte über alle Simulationsläufe gebildet (HULL (1993, pp. 329ff.)). Da die Gesamtheit der Einzelsimulationen der Zinssatzreihen die vom stochastischen Fristenstrukturmodell unterstellte Dynamik der Zinssätze abbildet, entspricht der Durchschnitt der Einzelbarwerte dem Modellpreis der variablen Hypothek. Für die konkrete Umsetzung dieses Bewertungsverfahrens gilt es:

- a) Ein stochastisches Fristenstrukturmodell für den Eurogeldmarkt zu spezifizieren und dessen Parameter für die Schweiz zu schätzen.
- b) Aus den Annahmen des stochastischen Fristenstrukturmodells eine Gleichung zur Simulation der Entwicklung von Refinanzierungssätzen (3-Monats-Eurosätzen) abzuleiten.
- c) Zufallsgesteuerte Zeitreihen von Refinanzierungssätzen über die Laufzeit der Hypothek zu generieren, und für jede dieser Zeitreihen durch Anwendung des Hypothekarsatzmodells die Zeitreihe der Zahlungsströme einer variablen Hypothek mit halbjährigen Zinsterminen zu bestimmen.

- d) Für jeden Zinstermin und für den Rückzahlungstermin den durchschnittlichen kurzfristigen Geldmarktsatz zwischen Bewertungszeitpunkt und dem Zahlungszeitpunkt zu bestimmen. Ergänzt um die Kreditrisikoprämie von Hypotheken gegenüber Geldmarkttransaktionen bildet dieser Satz gemäss der risikoneutralen Bewertungstechnik den laufzeitadäquaten und kreditrisikoadjustierten Diskontsatz.
- e) Alle Zahlungsströme im Simulationslauf mit Hilfe des kreditrisikoadjustierten Diskontsatzes abzuzinsen und durch Addition der Einzelwerte den Barwert der variablen Hypothek für diesen Simulationslauf zu bestimmen.
- f) Den Modellpreis der variablen Hypothek als den Durchschnitt der Barwerte der variablen Hypotheken über alle Simulationsdurchgängen zu bestimmen.

Jeder dieser Einzelschritte wird im folgenden näher erläutert. LEITHNER (1992) spezifiziert das Ein-Faktor Zinsmodell von COX/INGERSOLL/ROSS (1985) für den schweizerischen Eurogeldmarkt. Diese Modellimplementierung kann unmittelbar für die Bewertung von variablen Hypotheken eingesetzt werden. Wichtigste Ausgangsinformation für die Modellanwendung bilden die von LEITHNER (1992, p. 115, Spezifikation E) geschätzten Parameter σ , μ , κ und λ des stochastischen Fristenstrukturmodells. Der Parameter σ bestimmt die Volatilität der Zinssätze. Die Parameter μ und κ berücksichtigen sowohl Trends in der Zinsentwicklung als auch die empirisch dokumentierte Eigenschaft von Zinssätzen, mittel- bis langfristig innerhalb enger Grenzen zu schwanken, und der Parameter λ entspricht dem Marktpreis des Zinsrisikos. Diese Parameter sind konstant und kommen bei jedem Simulationslauf zur Anwendung. Zu ergänzen sind die Modellparameter jeweils noch um den gegenwärtigen Stand des 3-Monats-Eurosatzes zum Zeitpunkt der Bewertung. Dieser beschreibt für die Bewertung der variablen Hypotheken das aktuelle Zinsniveau. Damit dient er als Grundlage für die Ermittlung des kurzfristigen Geldmarktsatzes (der "instantaneous interest rate"), der im Modell von COX/INGERSOLL/ROSS (1985) den gegenwärtigen

gen Verlauf und die zukünftige Entwicklung der gesamten Fristenstruktur bestimmt. Der kurzfristige Geldmarktsatz r_0 kann aus dem 3-Monats-Eurosatz, *EURO*, abgeleitet werden als (LEITHNER (1992, p. 106, Gleichung (4.2.1) für $\tau=0.25$)):

$$r_0 = \frac{\ln(1 + 0.25 \cdot \text{EURO}) + \ln A(0.25)}{B(0.25)} \quad (2.1)$$

Die Terme $A(\cdot)$ und $B(\cdot)$ sind bei LEITHNER (1992, p. 88, Gleichung (3.3.7.a) und (3.3.3.b)) spezifiziert.

Die Gleichung für die Simulation der möglichen Zinsentwicklungen entspricht der diskreten Form der risikoadjustierten Diffusionsgleichung des stochastischen Fristenstrukturmodells von COX/INGERSOLL/ROSS (1985). Ausgehend vom gegenwärtigen kurzfristigen Geldmarktsatz r_0 bestimmt sich die zufällige Entwicklung des kurzfristigen Geldmarktsatzes während eines Simulationsdurchganges daher durch die rekursive Anwendung von:

$$r_{(t+1)} = r_{(t)} + (\mu - \kappa r_t) \Delta t + \sigma \sqrt{r_t \Delta t} \tilde{\epsilon}_t \quad (2.2)$$

Während die Parameter des stochastischen Fristenstrukturmodells ($\sigma, \mu, \kappa, \lambda$) konstant sind, bestimmt die unabhängig standardnormalverteilte Zufallsvariable $\tilde{\epsilon}_t$ die Entwicklung des kurzfristigen Zinssatzes während eines Simulationslaufes. Durch (2.2) wird ausgehend von dem Startwert r_0 eine Reihe von Zufallszahlen $\langle \tilde{\epsilon}_1, \tilde{\epsilon}_2, \dots \rangle$ in eine Zeitreihe von kurzfristigen Zinssätzen übergeführt, die den Annahmen des stochastischen Fristenstrukturmodells entsprechen. Die einzelnen Beobachtungen innerhalb dieser Zeitreihe sind jeweils um t voneinander getrennt. Für die Bewertungen in Tabelle 2 wurden die Zufallszahlen $\tilde{\epsilon}_t$ mittels des Zufallszahlengenerators von PRESS/FLANNERY/TEUKOLSKY/VETTERLING (1988, pp. 216ff.) bestimmt und $t=0.02$ gesetzt.

Die Zeitreihe der kurzfristigen Zinssätze $\langle r_0, r_1, \dots \rangle$ bildet nun sowohl die Grundlage für die Ermittlung

der Hypothekensatzentwicklung als auch für die Bestimmung der Diskontfaktoren für die Zins- und Nennwertrückzahlungen im jeweiligen Simulationsdurchgang.

Die Hypothekensatzentwicklung basiert auf der Zeitreihe der 3-Monats-Eurosätze, die für jeden Simulationslauf durch die Gleichung für 3-Monats-Zinssätze unmittelbar aus der Zeitreihe der kurzfristigen Geldmarktsätze ermittelt werden kann. Die Gleichung für 3-Monats-Zinssätze im stochastischen Fristenstrukturmodell von COX/INGERSOLL/ROSS (1985) lautet:

$$\text{EURO}_t = 4 \cdot \left(\frac{1}{A(0.25)} e^{B(0.25)r_t} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Die Terme $A(\cdot)$ und $B(\cdot)$ sind wiederum bei LEITHNER (1992, p. 88, Gleichung (3.3.7.a) und (3.3.3.b)) definiert. Ausgehend vom gegenwärtigen Hypothekensatz folgt aus der Zeitreihe der 3-Monats-Eurosätze durch Anwendung der Gleichungen (6), (7) und (8) im Text eine Zeitreihe der Hypothekensätze. Die Zinszahlungen der variablen Hypothek werden schliesslich als die Hälfte des jeweiligen Hypothekensatzes an den halbjährlichen Zinsterminen bestimmt.

Unter dem risikoneutralen Bewertungsansatz entspricht der Diskontsatz eines Zahlungsstromes dem durchschnittlichen kurzfristigen Zinssatz bis zum Zahlungstermin, ergänzt um die Kreditrisikoprämie von Hypotheken. Der durchschnittliche kurzfristige Zinssatz, $\bar{r}(\tau)$, muss für jeden Zahlungstermin τ getrennt aus der Zeitreihe der kurzfristigen Zinssätze $\langle r_0, r_1, \dots \rangle$ als arithmetisches Mittel berechnet werden. Die Kreditrisikoprämie für Hypothekarforderungen gegenüber Forderungen im Geldmarkt wird durch die Kreditrisikoprämie von Pfandbriefen im Obligationenmarkt angenähert. Um diese exemplarisch zu ermitteln, wird an 10 zufällig ausgewählten Handelstagen in 1991 und 1992 das von LEITHNER (1992, pp. 164f.) entwickelte Schätzverfahren für Kreditrisikoprämien auf die an der Zürcher Börse gehandelten Pfandbriefe angewandt. Die durchschnittliche Kreditrisikoprämie von schweizerischen Pfandbriefen gegenüber dem

Eurogeldmarkt über die untersuchten Handelstage beträgt -54 Basispunkte. Der Diskontzinssatz, y_t , für jede Zahlung der Hypothek (Zinsen und Nennwertrückzahlung) bestimmt sich daher als

$$y_t = \bar{r}(t) - 0,54\% \quad (2.4)$$

Für die spezielle Zinsentwicklung während eines Simulationslaufes sind damit sowohl alle Zahlungsströme der variablen Hypothek als auch die laufzeitadäquaten und kreditrisikoadjustierten Diskontsätze bekannt. Der Barwert der variablen Hypothek für den Simulationsdurchgang BW ermittelt sich daher analog zur Bewertung von herkömmlichen Finanzanlagen mit festen Zahlungsverpflichtungen: Er entspricht der Summe der Barwerte der Zinszahlungen und des Barwerts der Nennwertrückzahlung. Für jede einzelne Zahlung ermittelt sich der Barwert als:

$$\text{Cash Flow} \cdot e^{-\tau y(\tau)} \quad (2.5)$$

Alle Bewertungsschritte von der Generierung einer Zeitreihe kurzfristiger Zinssätze bis zur Ermittlung des Barwertes der variablen Hypothek bezogen sich bisher nur auf einen einzigen Simulationsdurchgang. Um jedoch den Modellwert der variablen Hypothek unter dem stochastischen Fristenstrukturmodell zu bestimmen, reicht ein einzelner Simulationsdurchlauf nicht aus. Vielmehr gilt es, die dargestellte Bewertung für eine grosse Anzahl von unterschiedlichen Zinsentwicklungen, die alle unabhängig voneinander auf Gleichung (2.2) basieren, zu wiederholen. Erst durch die grosse Anzahl von Simulationsläufen gelingt es, das gesamte Spektrum von Zinsentwicklungen entsprechend den Annahmen des stochastischen Fristenstrukturmodells abzubilden. Für die Bewertungsergebnisse in Tabelle 2 werden z. B. jeweils 1000 Simulationsläufe angewandt. Auf diese Einzelergebnisse aufbauend, kann schliesslich in einem letzten Schritt der Modellpreis der variablen Hypothek als der arithmetische Durchschnitt der Einzelergebnisse ermittelt werden.

Fussnoten

- [1] In den Geschäftsberichten für 1991 beträgt der Anteil von variablen Hypotheken am gesamten Hypothekbestand bei der Schweizerischen Bankgesellschaft 84%, bei der Schweizerischen Kreditanstalt 92.6% und bei der Zürcher Kantonalbank 73.8%.
- [2] SCHIERENBECK (1991), pp. 45ff.
- [3] DROSTE/FASSBENDER/PAULUHN/SCHLENZKA/LÖHNEYSSEN (1983), SCHIERENBECK (1991).
- [4] SCHUSTER (1982).
- [5] In den nachfolgenden empirischen Schätzungen werden $EURO_{-1}$ und $EURO_0$ gleich $EURO_1$ gesetzt.
- [6] DROSTE/FASSBENDER/PAULUHN/SCHLENZKA/LÖHNEYSSEN (1988) und SCHIERENBECK (1991).
- [7] Vgl. LEITHNER (1992), pp. 169ff.
- [8] Selbst in der Ausgangssituation eines Hypothekensatzes von 5.00% und eines Refinanzierungssatzes von 5.50% ist bei einer Kreditrisikoprämie der Hypotheken von -54 Basispunkten die Bruttomarge nach Abzug der Kreditrisikokosten positiv: $HY - RF - \text{Kreditrisikoprämie} = 5.00 - 5.50 - (-0.54) = 4$ Basispunkte.

Literatur

- BENKE, H., B. GEBAUER und F. PIASKOWSKI (1991): "Die Marktzinsmethode wird erwachsen: Das Barwertkonzept (I)", Die Bank (August), pp. 457-463.
- COX, J.C., J. E. INGERSOLL, Jr. und S. A. ROSS (1985): "A theory of the term structure of interest rates", *Econometrica* 53, pp. 385-407.
- DROSTE, K. D., H. FASSBENDER, B. PAULUHN, P.F. SCHLENZKA und E. von LÖHNEYSSEN (1983): "Falsche Ergebnisinformationen - Häufige Ursache für Fehlentwicklungen in Banken", Die Bank (Juli), pp. 313-323.
- HULL, J. (1993): "Options, Futures, and Other Derivative Securities", Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- JUDGE, G. G., W. E. GRIFFITHS, R. C. HILL and T.-C. LEE (1980): "The Theory and Practice of Econometrics", John Wiley, New York.
- LEITHNER, S. (1992): "Valuation and Risk Management of Interest Rate Derivative Securities", Paul Haupt, Bern.
- PRESS, W. H., B. P. FLANNERY, S. A. TEUKOLSKY und W. T. VETTERLING (1988): "Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing", Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHIERENBECK, H. (1991): "Ertragsorientiertes Bankmanagement", Paul Haupt, Bern.
- SCHUSTER, L. (1982): Der schweizerische Hypothekarkredit - ein Politikum ersten Ranges. Die Bank (Januar), pp. 11-13.