GILLARDON

Auszug Publikationen 2004

- **Einsatz des LIBOR-Marktmodells in der Zinsänderungsrisikosteuerung**

Wir denken nach, um vorzudenken

Einsatz des LIBOR-Marktmodells in der Zinsänderungsrisikosteuerung

Irene Biller / Andreas Mitschele / Frank Schlottmann / Detlef Seese / Stephan Vorgrimler

Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen 22/2004

Im Jahre 1997 stellten Brace/Gatarek/Musiela[1] das LIBOR-Marktmodell vor und leiteten damit eine neue Ära im Bereich der Zinsstrukturmodelle ein. Inzwischen stellt es den State-of-the-Art bei der Bewertung und beim Hedging von exotischen Zinsderivaten dar. Die Autoren erläutern zunächst die praktische Anwendung des Modells und übertragen es dann auf die Bewertung des Zinsänderungsrisikos. Abschließend erfolgt ein Vergleich mit einem weiteren verbreiteten Risikomessmodell.

Das Ziel eines Zinsstrukturmodells besteht darin, die Dynamik der Zinsstruktur durch ein geeignetes mathematisches Modell möglichst treffend zu beschreiben. Dabei weisen die Verläufe der Zinskurve beispielsweise im Vergleich zu Aktienkursverläufen wesentliche Unterschiede auf, die eine Modellierung erschweren.

Die verschiedenen Stützstellen der Kurve sind zueinander unterschiedlich stark korreliert und auch ihre Volatilität unterscheidet sich (Volatilitätsstruktur der Zinskurve). Im Zusammenhang mit der konsistenten Bewertung von Zinsderivaten stellt sich das Hauptproblem darin, einen arbitragefreien Prozess aus der zugrundegelegten Dynamik abzuleiten. Im Folgenden wird ein kurzer Abriss der Entwicklungen im Bereich der Zinsstrukturmodelle gegeben.[2]

Überblick Zinsstrukturmodelle

Die ersten Ansätze zur Bewertung von Zinsoptionen gehen auf die bekannte Optionspreisformel von Black/Scholes (1973)[3] zurück. Händler setzten damals die Preise von Bonds in die Formel ein, um Derivate auf die Zinsstruktur zu bewerten. Durch die Annahme lognormalverteilter Bondpreise im Black-Scholes-Modell ergab sich eine unerwünschte positive Wahrscheinlichkeit für negative Zinssätze. Diese wurde jedoch ebenso in Kauf genommen wie die Annahme, die Zinssätze und die Volatilität seien konstant. Dieses Vorgehen war nicht konsistent zur bereits erwähnten Volatilitätsstruktur der Zinssätze.

Im Jahre 1976 erweiterte Fischer Black das Modell, indem er den Fokus von den Spot-Preisen auf die Forward-Preise richtete. Dadurch wurde implizit berücksichtigt, dass am Ende der Laufzeit eines Bonds dessen Volatilität gegen Null konvergiert (Pull-to-Par-Effekt). Obwohl sich das Modell von [Blac76] zum Marktstandard für die Bewertung von Forward-Kontrakten entwickelte und noch heute im Einsatz ist, wurde der mathematische Beweis für die Verwendung der Forward-Rate-Volatilität erst im Jahre 1995 erbracht.

Nicht zuletzt aufgrund der fehlenden theoretischen Begründung für das Black-76-Modell wurde ein alternativer Ansatz zur Berücksichtigung des Pull-to-Par-Effekts gewählt. Dieser bestand darin, nicht die Bondpreise sondern die Zinssätze direkt zu modellieren und führte zu den ersten Zinsstrukturmodellen nach Vasicek [Vasi77] und Cox/Ingersoll/Ross [CoIR85]. In ihren Modellen wurde zunächst allein die so-genannte Short-Rate modelliert.[4] Unter diesem Zinssatz versteht man einen infinitesimalen Zinssatz, der am Markt nicht direkt beobachtbar ist.[5] Obwohl diese Modelle intern konsistent waren, erwies sich die Kalibrierung an beliebige Marktdaten wegen der Stationarität der Input-Parameter als äußerst schwierig.

Bahnbrechende Idee

Hull/White entwickelten daher das Modell von Vasicek weiter und machten dadurch die Anpassung an eine beliebige Zinsstruktur möglich.[7] Da Zinsstrukturmodelle inzwischen auch vermehrt von Händlern komplexer Zinsderivate eingesetzt wurden, rückte nun die mangelhafte Anpassungsfähigkeit an eine vorgegebene Volatilitätsstruktur der Zinssätze in den Fokus. Obwohl noch verschiedene weitere Modelle vorgestellt wurden, machte erst die bahnbrechende Idee von Heath/Jarrow/Morton im Jahre 1992 [HeJM92], die Dynamik der instantanen Forward-Rates zu modellieren, den Weg frei für die 1997 entwickelten Marktmodelle. HJM konzipierten einen Modellrahmen, in den sich alle arbitragefreien Short-Rate- und Bondpreis-Zinsstrukturmodelle einordnen lassen.

Das zentrale Ergebnis ihrer Arbeit besagt, dass die arbitragefreien Driftparameter der einzelnen Forward-Rates festgelegt sind, sobald ihre Volatilität und ihre Korrelationen zugeordnet sind. Obwohl das HJM-Modell theoretisch überzeugend aufgesetzt war, wurden verschiedene Probleme des Ansatzes bei der praktischen Umsetzung erst durch die Vorstellung der Marktmodelle gelöst, die im nächsten Abschnitt behandelt werden.[8]

Die Kernidee des LIBOR-Marktmodells besteht darin, verfügbare Marktdaten direkt zur Kalibrierung zu verwenden und gleichzeitig Caplets[9] konsistent zur gängigen Marktpraxis zu bewerten.[10] Die Herleitung des Modells bedient sich komplexer mathematischer Verfahren und wird in diesem Artikel nicht ausführlich dargestellt.[11] Zur nachfolgenden Illustration der Implementierung anhand eines Beispiels wird zunächst die Notation eingeführt:

Implementierung des LIBOR-Marktmodells

Betrachtet wird ein Cap mit jährlichen Fixingterminen[12] mit $t_0 = 0$, $t_1 = 1$ und so weiter und Dauer der einzelnen Perioden $\delta_k = t_{k+1} - t_k$.

$F_k(t)$: Forward-Rate zwischen tk und tk+1 beobachtet zum Zeitpunkt t

Λ_k: Forward-Rate-Volatilität für die Forward-Rate $F_k(t)$

ε: Normalverteilte Zufallszahl

Die Forward-Rate $F_0(0)$ bezeichnet also beispielsweise die aktuelle Einjahres-Spot-Rate. In das Modell geht die Struktur der Forward-Rates $F_0(0), F_1(0), \ldots F_N(0)$ als Inputparameter ein.[13] Zusätzlich benötigt wird die Forward-Rate-Volatilitätsstruktur Λ_k, die sich auf Basis der Caplet-Volatilitäten σ_k aus dem Black-76-Modell [14] folgendermaßen berechnen lässt:

$$\delta^2{}_k t_k = \sum_{i=1}^{k} \Lambda^2{}_{k-i}\delta_{i-1}$$

Mithilfe dieser Iputparameter lassen sich nun nach [Hull03] durch eine Monte-Carlo-Simulation zukünftige Forward-Rates mit der standardnormalverteilten Zufallszahl ε über die folgende Formel simulieren.[15]

Gleichung 1: Simulation der LIBOR-Forward-Rates

$$F_k(t_{j+1}) = F_k(t_j)\exp\left[\left(\sum_{i=j+1}^{k} \frac{\delta_i F_i(t_j)\Lambda_{i-j-1}\Lambda_{k-j-1}}{1+\delta_i F_i(t_j)} - \frac{\Lambda^2{}_{k-j-1}}{2}\right)\delta_j + \Lambda_{k-j-1}\varepsilon\sqrt{\delta_j}\right].$$

Am folgenden Beispiel wird verdeutlicht, wie mit dem LIBOR-Marktmodell ein einfacher Cap bewertet werden kann.[16] Nach einer Vielzahl von Simulationsdurchläufen ergibt sich der approximative Wert jedes einzelnen Caplets als Mittelwert seiner auf den heutigen Zeitpunkt diskontierten Auszahlungen am Zeithorizont.

Bewertungsbeispiel

In Tabelle 1 sind die verschiedenen Forward-Rates, die in einem Simulationsdurchgang abhängig von der Brownschen Bewegung $W^{N+1}(T_n)$ erzeugt werden, abgebildet. Die aktuelle Forward-Rate-Struktur steht in der ersten Spalte, auf der Diagonale finden sich zukünftige Realisierungen der einjährigen Forward-Rates, die für die Bewertung der einzelnen Caplets am Zeithorizont benötigt werden.

In Tabelle 2 wird ein Simulationsschritt anhand eines konkreten Zahlenbeispiels illustriert. In der ersten Zeile stehen die Fixing-Termine des Caps und in der zweiten Zeile mögliche Zufallsbewegungen ΔW der zugrundegelegten Brownschen Bewegung W. Um das Beispiel einfach zu halten, wurden als Inputparameter eine flache Zero-Kurve mit 5,00 Prozent sowie eine ebenso flache Caplet-Volatilitätsstruktur von 15,00 Prozent gewählt. Anhand dieser Daten lassen sich mit Gleichung 1 die zukünftigen Ein-Jahres-Spot-Rates an den jeweiligen Caplet-Fixing-Terminen berechnen. Entlang der Diagonale stehen die simulierten, zukünftigen Realisationen der 1-Jahres-Spot-Rates, mit denen sich die Payoffs der verschiedenen Caplets berechnen lassen.[17] Beispielsweise ergibt sich für das Caplet, das zum Zeitpunkt t2 = 2 gefixt wird, bei einer Cap-Rate von 3,00 Prozent ein Payoff von 3,878 Prozent -3,000 Prozent = 0,878 Prozent. Dieser wird mit den entsprechenden Forward-Rates der Diagonale (4,314 Prozent sowie 4,413 Prozent) zunächst auf den letzten Fixingtermin des Caps aufgezinst und anschließend mit den Forward-Rates entlang der letzten Zeile bis zum Zeitpunkt t_0=0 abgezinst. So erhält man in jedem Simulationsschritt die heutigen Werte der Caplets.

Tabelle 1: Monte-Carlo-Simulation der LIBOR-Sätze

Input	$W^{N+1}(T_1)$	$W^{N+1}(T_2)$	$W^{N+1}(T_3)$	...	$W^{N+1}(T_N)$
$F_0(0)$					
$F_1(0)$	$F_1(T_1)$				
$F_2(0)$	$F_2(T_1)$	$F_2(T_2)$			
$F_3(0)$	$F_3(T_1)$	$F_3(T_2)$	$F_3(T_3)$		
...	...	...	...	...	
$F_N(0)$	$F_N(T_1)$	$F_N(T_2)$	$F_N(T_3)$	...	$F_N(T_N)$

Tabelle 2: Beispielpfade der LIBOR-Sätze

T	$t_0 = 0$	$t_1 = 1$	$t_2 = 2$	$t_3 = 3$	$t_4 = 4$
$\Delta W = \varepsilon$		-1,436	-0,129	0,768	0,201
$F_0(t)$	5,000%				
$F_1(t)$	5,000%	**3,990%**			
$F_2(t)$	5,000%	3,995%	**3,878%**		
$F_3(t)$	5,000%	3,999%	3,885%	**4,314%**	
$F_4(t)$	5,000%	4,003%	3,893%	4,326%	**4,413%**

Abbildung 1: Entwicklung des Zinsniveaus

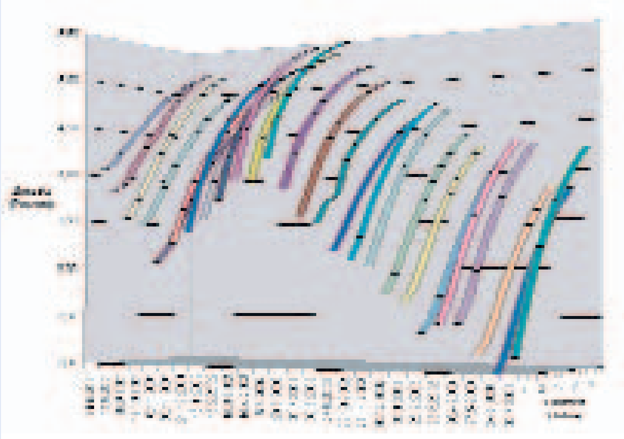
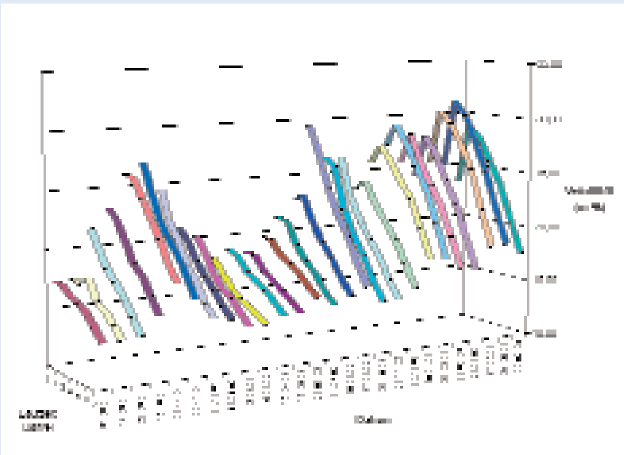


Abbildung 2: Entwicklung der Cap-Volatilitäten



Anwendung bei der Bewertung von Zinsderivaten

Im obigen Beispiel wurde ein Standard-Cap unter vereinfachten Annahmen bewertet. Seinen wahren Charme spielt das LIBOR-Marktmodell jedoch erst bei der Bewertung von komplexeren Zinsderivaten, wie z.B. Sticky oder Ratchet Caps aus. Da bei diesen Cap-Varianten der Payoff von Zinssätzen an vergangenen Fixingterminen abhängt, können sie nicht anhand von geschlossen Pricing-Formeln bewertet werden. Mithilfe der dargestellten Monte-Carlo-Simulation ist es jedoch möglich auch solche Derivate mit überschaubarem Aufwand zu bewerten.

In einer empirischen Untersuchung wurde die Dynamik des LIBOR-Marktmodells verwendet, um das Zinsänderungsrisiko von Zahlungsströmen zu bewerten. Als Inputparameter für das Modell dienten Swapsätze (1 - 10 Jahre) sowie flache Cap-Volatilitäten[18], aus denen die benötigten Forward-Caplet-Volatilitäten berechnet werden können. Im Zeitraum der empirischen Betrachtung vom 31. August 2001 bis 30. Juli 2003 mit insgesamt 26 Beobachtungszeitpunkten fiel die Zinskurve zunächst relativ steil, gefolgt von einem ebenso steilen Anstieg ab Anfang November 2001 (Abbildung 1). Im Mai 2002 erreichte das Zinsniveau dann einen vorläufigen Höchststand, der von einem langen Abschwung bis zu historischen Tiefstständen am Ende der Untersuchung anhielt. Die Cap-Volatilitäten (Abbildung 2) bewegen sich im selben Zeitraum annähernd gegenläufig zum Zinsniveau.

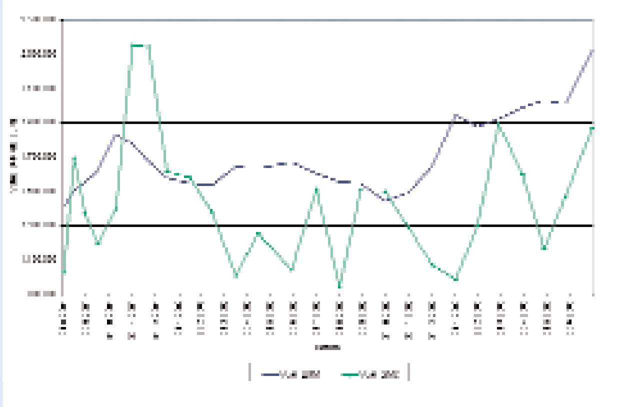
Ein Mehrwert

Aus der Entwicklung der Zinssätze und der Cap-Volatilitäten lassen sich deutliche Zusammenhänge zu den Terroranschlägen vom 11.September 2001 und den späteren Kriegsvorbereitungen gegen den Irak erkennen. Die Cap-Volatilitäten deuten an[19], dass die Verunsicherung an den Kapitalmärkten direkt nach den Anschlägen sehr stark anstieg, sich dann aber bis weit ins Jahr 2002 wieder beruhigte. Mit den intensiven Vorbereitungen und dem Ausbruch des Irakkrieges am 19. März 2003 nahm die Unsicherheit wieder erheblich zu, was sich durch ein wiederum fallendes Zinsniveau und steigende Volatilitäten äußerte.

Im Zeitablauf wurde das Zinsänderungsrisiko von verschiedenen Cash-Flows sowie von Caps mit Hilfe der Kennzahl Value-at-Risk (VaR)[20] untersucht. Als Haltedauer wurde hierzu ein Tag und als Konfidenzniveau 99 Prozent gewählt. Die VaR-Ergebnisse für einen Beispiel-Cash-Flow in Abbildung 3 zeigen auf, dass die Simulation auf Basis des LIBOR-Marktmodells beim Vergleich mit dem Structured-Monte-Carlo-Ansatz[21] von RiskMetrics™ (markierte Linie) von der Größenordnung her in jedem Fall angemessene Ergebnisse liefert. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass die VaR-Werte auf Basis des Structured-Monte-Carlo-Ansatzes auf die Ereignisse ab Spätsommer 2001 mit einer Zeitverzögerung zu reagieren scheinen (zum Beispiel steiler Anstieg ab Mitte Oktober). Dies betrifft sowohl Auf- als auch Abwärtsbewegungen. Insbesondere im Vorfeld des Irakkrieges steigt der VaR beim LIBOR-Marktmodell bereits ab Oktober 2002 kontinuierlich an, während er beim RiskMetrics-Ansatz bis Ende Januar sogar noch fällt. Der Grund für diese Entwicklung dürfte in der Beschaffenheit der Volatilitäts-Inputparameter liegen. Während für das LIBOR-Marktmodell täglich quotierte Marktdaten verwendet werden, bestehen die RiskMetrics™-Volatilitäten aus exponentiell geglätteten Zeitreihen, die von RiskMetrics täglich berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Obwohl durch die exponentielle Glättung aktuelle Daten stärker gewichtet werden, dauert es einige Zeit, bis sich die Parameter an ein grundsätzlich neues Risikoumfeld angepasst haben. Bei den täglich quotierten Cap-Volatilitäten erfolgt diese Anpassung jedoch normalerweise schlagartig. Vor diesem Hintergrund ist zusätzlich bemerkenswert, dass die VaR-Kennzahlen des LIBOR-Marktmodells dennoch eine relativ hohe Stabilität aufweisen (Abbildung 3). Außerdem empfiehlt sich das Modell als relativ konservatives Risikomaß, mit Ausnahme des Structured-Monte-Carlo-Ausreißers nach oben Ende 2001.

Zusammenfassend lässt sich aus den durchgeführten Analysen ableiten, dass der Value-at-Risk auf Basis des LIBOR-Marktmodells nicht nur ein Risikomaß mit hoher Stabilität, sondern auch mit scheinbar sehr schneller Reaktion auf Turbulenzen an den Finanzmärkten darstellt. Ergänzend zum Einsatz anderer Risikomessmodelle, wie Structured-Monte-Carlo, lieferte der untersuchte Ansatz im vorliegenden Zeitraum einen deutlichen Mehrwert als eine Art Marktstress-Indikator.

Abbildung 3: Value-at-Risk Cash-Flow



Autoren:

Dipl. Math. oec. Irene Biller
Studium der Wirtschaftsmathematik an der Universität Ulm. Mitarbeiterin bei der Landesgirokasse / LBBW im Bereich Treasury. Seit 1999 bei GILLARDON tätig mit dem Schwerpunkt Depot-A-Management.

Dipl.-Wi.-Ing. Andreas Mitschele
Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an den Universitäten Karlsruhe und Newcastle, Australien. Seit 2002 bei GILLARDON tätig im Bereich Research mit den Schwerpunkten IAS/IFRS, Basel II, Verbriefung von Kreditrisiken und Zinsstrukturmodelle.

Dipl. Wi.-Ing. Dr. Frank Schlottmann
Studium und Promotion an der Universität Karlsruhe (TH). Parallel dazu unternehmerische Tätigkeit im Bereich Informationstechnologie-Consulting und -Training. Seit 1994 bei GILLARDON tätig in den Bereichen Entwicklung, Beratung und Projekte mit aktuellem Schwerpunkt Kreditrisiko und Research. Zahlreiche internationale Publikationen und Vorträge im Bereich des finanziellen Risikomanagements.

Prof. Dr. Detlef Seese
Leiter der Forschungsgruppe Komplexitätsmanagement am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe (TH).

Dipl. Math. Dipl.-Wirtsch.-Inform. Stephan Vorgrimler
Studium der Mathematik und Wirtschaftsinformatik an der Universität Mannheim. Seit 1996 bei GILLARDON tätig mit den Schwerpunkten Kreditrisiko und Research.

1 Neben [BrGM97] waren auch [MiSS97] sowie [Jams97] maßgeblich an der Entwicklung der Marktmodelle beteiligt.

2 [Rebo03] vermittelt einen guten Überblick der Entwicklungen im Bereich Zinsstrukturmodelle bis hin zu aktuellen Forschungsaktivitäten.

3 Für ihr Optionspreismodell [BlSc73] erhielten Fischer Black (†1995) und Myron Scholes im Jahr 1997 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften.

4 Dahinter steckt die Annahme, dass sich sämtliche Informationen über die zukünftige Zinsstruktur auf einen Zinssatz verdichten lassen. Durch Hauptkomponentenanalyse wurde von verschiedenen Autoren belegt, dass ca. 90% der Zinsstrukturdynamik tatsächlich durch einen Faktor beschrieben werden.

5 Eine gute Darstellung der mathematischen Grundkonzepte findet sich in [BaRe96].

6 Das Modell von [HuWh90] wird auch als "Extended Vasicek" bezeichnet.

7 Neben [HuWh90] entwickelten auch Ho/Lee, Black/Derman/Toy sowie Black/Karasinski Modelle, die sich an eine vorgegebene Zinsstruktur anpassen lassen.

8 Beispielsweise waren die instantanen Forward-Rates, die als Input für das Modell vorgesehen sind, am Markt nicht beobachtbar.

9 Caplets sind verbreitete Zinsoptionen, die ihren Käufer innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls (z.B. ein Jahr) gegen den Anstieg eines Referenzzinssatzes (z.B. 6-Monats-EURIBOR) über ein vorher vereinbartes Niveau (Caplet-Rate) absichern. Mehrere Caplets werden üblicherweise zu einem Cap zusammengefasst.

10 [HuWh00] haben nachgewiesen, dass mit dem LIBOR-Marktmodell Caps und Swaps konsistent zum Black76-Modell [Blac76] bewertet werden.

11 Der interessierte Leser sei auf die Artikel von [BrGM97], [MiSS97], [Jams97] sowie [Hull03] verwiesen.

12 Die Fixingtermine wurden zur Vereinfachung im jährlichen Rhythmus gewählt. Marktüblich sind jedoch drei bis sechs Monate. Im Beispiel gilt für alle Perioden: $\delta_k = 1$.

13 Die Forward-Rate-Struktur lässt sich aus der aktuellen Zero-Rate-Struktur berechnen, z.B. mit Einjahres-Zero-Rate S_1, Zweijahres-Zero-Rate S_2 und Forward-Rate F_1 von Jahr 1 nach Jahr 2 (analog mit anderen Laufzeiten): $[1+S_2(0)]^2 = [1+S_1(0)] \cdot [1+F_1(0)]$.

14 Die Caplet-Volatilitäten können aus am Markt quotierten flachen Cap-Volatilitäten heraus iteriert werden. Da die direkte Anwendung dieser Formel für die Λ_k jedoch mitunter zu starken Ausschlägen führt, bietet es sich an, die Kurve der berechneten Eingangs-Caplet-Volatilitäten vorher zu glätten [Hull03].

15 Die Formel für die Implementierung eines Mehrfaktor-LIBOR-Marktmodells findet sich in [Hull03]. Um mehrere Faktoren zu berücksichtigen ist es notwendig eine Hauptkomponentenanalyse durchzuführen. In verschiedenen Untersuchungen wurde belegt, dass bereits zwei bis drei Faktoren eine Zinsstruktur zu ungefähr 95% beschreiben.

16 Dieses Beispiel ist angelehnt an [Pels00].

17 Da eine flache Zerokurve als Input dient und da es sich außerdem um ein Einfaktormodell handelt, bewegen sich die Ergebnis-Forwardsätze nahezu parallel. Dennoch ist ein leichter Drifteffekt bei den Zinssätzen erkennbar.

18 Die flachen Cap-Volatilitäten wurden über das Reuters-Terminal der Firma GILLARDON AG financial software mit Genehmigung der Reuters AG abgerufen.

19 Die Cap-Volatilitäten stellen implizite Volatilitäten dar, d.h. die Händlerpreisen ein sich änderndes Risikoumfeld sofort in die quotierten Kurse mit ein.

20 Der Value-at-Risk gibt unter einem gegebenen Konfidenzniveau über einen festgelegten Zeitraum an, wie hoch der maximale Verlust aus einer Risikoposition ist.

21 Die zugehörigen statistischen Parameter des Modells RiskMetrics™ wurden freundlicherweise von der RiskMetrics Group zur Verfügung gestellt.

Literatur:

[BaRe96] Baxter, Martin/Rennie, Andrew: Financial calculus. Cambridge, Cambridge University Press, 1996

[Blac76] Black, Fischer: The Pricing of Commodity Contracts. Journal of Financial Economics, Band 3, 1976, S. 167-179

[BlSc73] Black, Fisher/Scholes, Myron: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. Journal of Political Economy, Band 3, 1973, S. 637-645

[BrGM97] Brace, Alan/Gatarek, Dariusz/Musiela, Marek: The market model of interest rate dynamics. Mathematical Finance, Band 7, Nr. 2, April 1997, S. 127-147

[BrMe01] Brigo, Damiano/Mercurio, Fabio: Interest rate models theory and practice. Berlin, Springer, 2001

[CoIR85] Cox, J. C./Ingersoll, J. E./Ross, Stephen A.: A theory of the term structure of interest rates. Econometrica, Band 53, 1985, S. 385-407

[HeJM92] Heath, David/Jarrow, Robert A./Morton, Andrew: Bond pricing and the term structure of interest rates. Econometrica, Band 60, Nr. 1, 1992, S. 77-105

[Hull00] Hull, John C.: Options, Futures & Other Derivatives. Upper Saddle River, Prentice-Hall, 2000

[HuWh00] Hull, John C./White, Alan: Forward Rate Volatilities, Swap Rate Volatilities, and the Implementation of the LIBOR Market Model. Journal of Fixed Income, Band 10, Nr. 2, Sep. 2000, S. 46-62

[HuWh90] Hull, John C./White, Alan: Pricing interest-rate-derivative securities. The Review of Financial Studies, Band 3, Nr. 4, 1990, S. 573-592

[JaWe00] James, Jessica/Weber, Nick: Interest Rate Modelling. Chichester, John Wiley & Sons, 2000

[Jams97] Jamshidian, Farshid: LIBOR and swap market models and measures. Finance and Stochastics, Band 1, Nr. 4, 1997, S. 293-330

[Jori01] Jorion, Philippe: Value at risk. 2. Auflage, USA, McGraw-Hill, 2001

[Lecu99] L´Ecuyer, Pierre: Good parameters and implementations for combined multiple recursive random number generators. Operations Research, Band 47, Nr. 1, 1999, S. 159-164

[MiSS97] Miltersen, Kristian R./Sandmann, Klaus/Sondermann, Dieter: Closed Form Solutions for Term Structure Derivatives with Log-Normal Interest Rates. Journal of Finance, Band 52, Nr. 1, Jan. 1997, S. 409-430

[Pels00] Pelsser, Antoon: Efficient methods for valuing interest rate derivatives. London, Springer, 2000

[Rebo00] Rebonato, Ricardo: Interest-rate option models. understanding, analysing and using models for exotic interest rate option. Chichester, John Wiley & Sons, April 2000

[Rebo03] Rebonato, Ricardo: Term-Structure Models: A Review. Online, Feb. 2003

[Risk96] Technical Document, 4. Auflage. Riskmetrics, New York, 1996

[Vasi77] Vasicek, Oldrich: An equilibrium characterization of the term structure. Journal of Financial Economics, Band 5, 1977, S. 177-188

GILLARDON – innovative Lösungen für die Finanzwirtschaft

Die Lösungen

Unsere Kernkompetenzen umfassen die Bereiche Kundenberatung, Produktkalkulation und Gesamtbanksteuerung.

Kundenberatung

evenit™ ist das themenorientierte Beratungssystem für alle Vertriebskanäle für die Themen Altersvorsorge, Baufinanzierung, Vermögensanalyse und Financial Planning.

Produktkalkulation

MARZIPAN™ ist die Lösung zur Produktberatung und -kalkulation von Aktiv- und Passivgeschäften auf Basis der Marktzins- und Barwertmethode.

FinanceFactory™ ist das regelbasierte Kalkulationssystem für die Absatzfinanzierung, das alle Darlehensvarianten der Absatzfinanzierung inklusive Restkreditversicherung und Subventionsrechnung abdeckt.

Gesamtbanksteuerung

THINC™ ist die integrierte Softwarelösung zur wertorientierten Gesamtbanksteuerung und deckt die Themen Markt- und Vertriebssteuerung, Bilanzstrukturmanagement, Risikocontrolling, Treasury, Adressrisikosteuerung, Basel II und IAS / IFRS ab. THINC unterstützt Sie bei der Erfüllung der Anforderungen aus den MaRisk.

GILLARDON ist Branchenspezialist für Softwarelösungen, Consulting und Seminare in den Themenbereichen Kundenberatung, Produktkalkulation und Gesamtbanksteuerung.