

## Bankinterne Risikosteuerungs- modelle und deren bankaufsichtliche Eignung

Das Baseler Marktrisikopapier<sup>1)</sup>, mit dem die sogenannte Baseler Eigenmittelempfehlung von 1988 ergänzt wurde, verlangt, daß international tätige Banken neben den Adressenausfallrisiken ab dem 31. Dezember 1997 auch ihre Marktpreisrisiken<sup>2)</sup> mit Eigenmitteln unterlegen. Ein Grund hierfür ist in der stark wachsenden Bedeutung der bilanzunwirksamen Geschäfte zu sehen, wie alleine in Deutschland seit 1986 eine Zunahme des Handelsvolumens um mehr als das Dreißigfache zeigt. Für die Messung dieser Risiken und damit auch für die Berechnung der erforderlichen Eigenmittel dürfen die Institute statt der bankaufsichtlich vorgegebenen sogenannten Standardmethoden unter bestimmten Bedingungen alternativ eigene interne Risikosteuerungsmodelle verwenden.

Mit Inkrafttreten der Neufassung des Grundsatzes I zum 1. Oktober 1998 hat die deutsche Bankenaufsicht diese Regelungen auf der Basis der entsprechend geänderten EU-Kapitaladäquanz-Richtlinie übernommen und auf alle deutschen Finanzdienstleistungs- und Kreditinstitute ausgedehnt.

---

1 Änderung der Eigenkapitalvereinbarung zur Einbeziehung der Marktrisiken, Januar 1996, Baseler Ausschuß für Bankenaufsicht.

2 Das Marktpreis- oder Marktrisiko besteht aus den Komponenten allgemeines und spezifisches Marktrisiko. Unter dem erstgenannten Begriff versteht man das Risiko, daß es aufgrund von allgemeinen Marktschwankungen zu Preisänderungen und damit zu Wertveränderungen der Finanzprodukte (Wertpapiere, Derivate u.ä.) kommen kann. Beim spezifischen Risiko sind dagegen die Ursachen für Preisänderungen emittentenbezogen.

## Bankgeschäfte und Risikosteuerungskonzepte im Wandel

*Marktpreisrisiken gewinnen zunehmend an Bedeutung*

Banken mußten sich schon immer der Risiken ihrer Geschäfte bewußt sein und Konzepte entwickeln, mit denen diese so weit wie möglich quantifiziert und in tragbaren Grenzen gehalten werden können.

Während traditionell das Adressenausfallrisiko eine herausragende Rolle im Bankgeschäft spielt, werden mit der Veränderung von Geschäftsstrukturen und neueren Marktbeziehungsweise Geschäftstechniken auch andere Risiken bedeutsamer. So hat vor dem Hintergrund globaler und volatiler gewordener Finanzmärkte der Handel in Finanzprodukten wesentlich zugenommen. Den Marktpreisrisiken aus Handelstätigkeiten, insbesondere den Fremdwährungs-, Zinsänderungs-, Aktienkurs- und Rohwarenpreisrisiken, muß daher größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

*Erhöhte Komplexität der Geschäfte ...*

Daneben hat sich der Komplexitätsgrad der Geschäfte und der eingesetzten Techniken durch den Einsatz von Derivaten deutlich erhöht, wozu auch die zunehmende Computerisierung, ohne die diese Geschäfte nicht handhabbar wären, beigetragen hat.

*... und geändertes Umfeld ...*

Durch die geänderten Rahmenbedingungen sind die Managementrisiken im weitesten Sinne (Risiken der Computersysteme, Personalrisiken – wie z.B. die Fluktuation ganzer Mitarbeiterteams aus dem Handelsbereich inklusive Abwicklung – und ähnliches) ebenfalls bedeutsamer geworden und müssen daher

heutzutage in Controllingmaßnahmen der Institute einbezogen werden.

Außerdem hat die Globalisierung der Finanzmärkte zu einer weiteren Verschärfung des Wettbewerbs um Kapital und zu einer Margenverringering geführt. Diese Entwicklung zwingt Banken, die sich aktiv am Handel mit Finanzprodukten beteiligen wollen, Controlling- beziehungsweise Steuerungstechniken zu entwickeln, die eine schnelle Reaktion auf Markt- und Produktveränderungen gewährleisten sowie Kenntnis und Verständnis der Risiken voraussetzen. Schließlich haben Banken ein Interesse daran, zur Steigerung des Unternehmenswertes das vorhandene Kapital unter Berücksichtigung der eingegangenen Risiken zu den ertragreichsten Geschäften zu lenken.<sup>3)</sup> Dies macht eine präzise und zeitnahe Positions- und Risikoermittlung nötig, um das sogenannte ökonomische Kapital<sup>4)</sup> ermitteln zu können.

*... erfordern neue Controlling-beziehungsweise Steuerungstechniken*

Traditionelle Risikomeßmethoden (wie z.B. die Ermittlung offener Positionen auf der Grundlage von Nominalwerten), die weder das Risikoprofil einzelner Geschäfte beziehungsweise ganzer Portfolios noch den Zusammenhang einzelner Risiken berücksichtigen, sind für die wirksame Steuerung von Handelsgeschäften nur eingeschränkt geeignet und können allenfalls gewisse Hilfsinfor-

<sup>3</sup> Als Steuerungsinstrumente wurden für diese Zwecke Kennziffern wie zum Beispiel RAROC (Risk Adjusted Return on Capital) entwickelt. Damit lassen sich Risiko und Ertrag ins Verhältnis setzen. So wird zum Beispiel für zwei Händlertische die Aussage möglich, welcher der beiden bei gegebenem identischem Risiko den höheren Ertrag erwirtschaftet hat.

<sup>4</sup> Als ökonomisches Kapital wird häufig das Kapital bezeichnet, welches nach eigener Einschätzung der Bank für die eingegangenen Risiken vorhanden sein muß.

mationen liefern. Angesichts geänderter Rahmenbedingungen ist folglich eine Ergänzung der bisherigen Methoden erforderlich.

### Standardmeßmethoden der Bankenaufsicht

*Standard-  
methoden  
enthalten nur  
grobe Differen-  
zierungen*

Bei der Quantifizierung der Risiken, die für die Höhe des Mindesteigenkapitals maßgeblich ist, werden von der Bankenaufsicht traditionell verhältnismäßig einfache Methoden vorgegeben. Die Methoden orientieren sich an den einzelnen Risikokategorien (Adressenausfallrisiko, einzelne Marktpreisrisiken), enthalten jedoch nur grobe Differenzierungen. Mit den vorgegebenen Gewichtungs- beziehungsweise Anrechnungssätzen werden auf der Basis von Nominal- oder Marktwerten Anrechnungsbeträge ermittelt, die mit Eigenkapital zu unterlegen sind. Die Sätze gehen von durchschnittlich diversifizierten Portfolios aus, das heißt sie berücksichtigen insbesondere das Risiko einzelner Geschäfte beziehungsweise den Risikozusammenhang mit anderen Geschäften nur ungenügend. Es ist daher zwangsläufig, daß diese Methoden zu Risikoüber- oder Risikounterzeichnungen einzelner Geschäfte oder Teilportfolios führen. Portfolioeffekte, also der Ausgleich gegenläufiger Positionen, lassen sich überdies mit den Standardmethoden nicht adäquat abbilden. Das so ermittelte bankaufsichtliche Eigenkapital ist daher notwendigerweise nicht deckungsgleich mit dem ökonomischen Kapital, das eine Bank mit genaueren internen Modellen ermittelt. Es stellt jedoch einen Puffer dar, der sich in der Praxis als ausreichend erwiesen hat.

Die bankaufsichtlichen Standardmethoden können wegen der geschilderten Unzulänglichkeiten sowie der immer höher werdenden Anforderungen an Risikomeßmethoden in der Praxis größerer Institute nicht zur Geschäftssteuerung eingesetzt werden. Solche Banken müssen deshalb parallel dazu auch die viel präziseren eigenen Kalkulationen in dem Maße vornehmen, wie der Komplexitätsgrad ihres Geschäfts zunimmt, was zu hohen administrativen Kosten führt.

*Vermeidung  
von Doppel-  
rechnungen*

Die Bankenaufsicht hat daher bei der Entwicklung der neuen Marktrisikoregelungen anerkannt, daß Wissenschaft und Praxis für die Messung und Steuerung von Marktpreisrisiken sehr viel komplexere Methoden entwickelt haben, die auch als Grundlage für die Berechnung der bankaufsichtlichen Eigenmittel akzeptiert werden können. Da die Eigenmittelanforderungen auf der Basis von internen Risikosteuerungsmodellen in der Regel niedriger ausfallen als bei Anwendung der bankaufsichtlichen Standardmethoden, wird für die Banken ein Anreiz geschaffen, geeignete Methoden für das Risiko-Controlling von Handelsgeschäften zu entwickeln.

### Wesensmerkmale von bankinternen Risikosteuerungsmodellen

Bei Risikosteuerungsmodellen werden mathematisch-statistische Methoden unter Verwendung von Ansätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Stochastik) zur Ermittlung der Höhe des potentiellen Risikobetrags, des sogenannten Value-at-Risk (VaR), herangezogen. Bei der Berechnung des VaR wird be-

*Potentieller  
Risikobetrag  
„Value at Risk“  
(VaR) berück-  
sichtigt Halte-  
periode, Kon-  
fidenzniveau  
und Referenz-  
periode*

rücksichtigt, daß die Bank verlustbringende Risikopositionen zur Anpassung an nachteilige Marktveränderungen nicht sofort schließen beziehungsweise veräußern kann, sondern dafür zum Beispiel wegen geringer Marktliquidität eine bestimmte Zeit benötigt (sog. Halteperiode). Des weiteren kann auf der Grundlage von historischen Marktpreisschwankungen geschätzt werden, welcher Verlust bei vorgegebener Wahrscheinlichkeit (Konfidenzniveau) maximal eintreten dürfte. So bedeutet zum Beispiel ein VaR von 1 Mio DM für ein Handelsportfolio bei einer Referenzperiode von 250 Handelstagen, einem Konfidenzniveau von 99 % und einer Halteperiode von einem Tag, daß auf der Basis der Marktdaten der vergangenen 250 Tage mit 99 %iger Sicherheit der Verlust aus dem Handelsportfolio 1 Mio DM bis zum nächsten Tag nicht übersteigen wird. Eine Veränderung der genannten Grundannahmen der Modellrechnung kann zu erheblich abweichenden potentiellen Risikobeträgen führen.

Die VaR-Berechnung kann grundsätzlich für einzelne Geschäfte, bestimmte Geschäftsgruppen, verschiedene lokale oder regionale Teilportfolios, einzelne Risikobereiche wie Zins-, Aktienkurs- oder Fremdwährungsrisiko oder für alle Marktpreisrisiken vorgenommen werden.

Die potentiellen Risikobeträge können auf der Grundlage verschiedener methodischer Ansätze ermittelt werden, wobei die Wahl der Methoden unter anderem auch von der Zusammensetzung und Größe des zu berechnenden Portfolios, der Verfügbarkeit von Marktdaten sowie der Speicherkapazität und

der Rechnergeschwindigkeit der verwendeten DV-Systeme bestimmt werden kann. Die gebräuchlichsten Methoden sind:

- Historische Simulation
- Varianz-Kovarianz-Ansatz
- Monte-Carlo-Simulation.

Nähere Erläuterungen zu den einzelnen Methoden können dem Anhang entnommen werden.

## Die bankaufsichtliche Eignung bankinterner Risikosteuerungsmodelle

### Quantitative und qualitative Kriterien

Grundvoraussetzung für die bankaufsichtliche Anerkennung von internen Risikosteuerungsmodellen ist, daß diese integraler Bestandteil der Risikosteuerung einer Bank sind. Dies bedeutet, daß die Modelle nicht nur für die Ermittlung der bankaufsichtlichen Eigenmittel, sondern auch für interne Zwecke der Bank verwendet werden. Da die Verwendung von unterschiedlichen Berechnungsparametern (z. B. Haltedauer von einem Tag oder von zehn Tagen) zu erheblich abweichenden Risikobeträgen führen kann, war es zur Sicherstellung eines Mindesteigenkapitals für Marktpreisrisiken und zur Herstellung vergleichbarer Wettbewerbsbedingungen erforderlich, quantitative und qualitative Anforderungen als Zulassungsbedingung für die bankaufsichtliche Verwendung der internen Modelle festzulegen.

*Eignungsvoraussetzungen für Modelle*

*Quantitative  
Anforderungen*

Hierzu gehört eine angenommene Mindest-Haltedauer von zehn Tagen, da verlustträchtige Marktrisikopositionen unter Umständen nicht sofort geschlossen beziehungsweise veräußert werden können und deshalb möglicherweise Verluste auflaufen. Im einzelnen ist dieser Effekt von der Liquidität der in Frage kommenden Märkte und der Größe der zu schließenden Position abhängig.

Eine weitere Bedingung ist die Beachtung eines Konfidenzniveaus von 99 %. Das bedeutet, daß nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 % Verluste größer sein können als der auf der Grundlage der historischen Kurs- beziehungsweise Preisentwicklung berechnete VaR.

Schließlich soll ein Beobachtungszeitraum von mindestens einem Jahr (250 Handeltage) sicherstellen, daß bei der Verwendung der von historischen Marktdaten abgeleiteten Modellparameter, wie Sensitivitäten und Korrelationen<sup>5)</sup>, ein ausreichend langer Zeitraum zugrundegelegt wird, um die Modellberechnung auf der Grundlage stabiler und repräsentativer Daten durchführen zu können. Die Frage, welche historische Datenreihe für die Risikovoraussage am besten geeignet ist, kann nicht allgemeingültig beantwortet werden, weil dies vom jeweiligen Portfolio abhängig ist.

*Qualitative  
Anforderungen*

Qualitative Anforderungen sollen gewährleisten, daß das Modell in adäquater Weise in die organisatorische Umgebung des Institutes eingebettet ist, die Handelstätigkeiten also durch das Modell gesteuert werden.

### Qualitative Anforderungen

- Angemessene Arbeits- und Ablauforganisation
- Vom Handel unabhängiges Risiko-Controlling
- Ausreichende Modelldokumentation
- Laufende interne Überprüfung der Modelle
- Durchführung von sogenannten Streß-Tests
- Abhängigkeit der verwendeten Limite von den modellmäßig ermittelten Risikobeträgen
- Prüfung durch die Innenrevision mindestens einmal jährlich
- Tägliche Information der Geschäftsleitung
- Aktualisierung der Datenbasis mindestens alle drei Monate

Deutsche Bundesbank

### Streß-Tests

Eine wichtige Qualitätsanforderung ist die Durchführung von Streß-Tests. Hierbei wird durch die Anwendung von Krisenszenarien simuliert, wie extreme Marktsituationen beziehungsweise Marktpreisveränderungen den Wert eines Portfolios verändern würden.

*Streß-Tests  
als Zusatz-  
information*

Solche Sonderrechnungen sollen im Idealfall diejenigen Faktoren einbeziehen, die für das jeweilige Portfolio maßgeblich sind. Die extreme Veränderung dieser Faktoren kann außerordentliche potentielle Verluste im Handelsbestand verdeutlichen.<sup>6)</sup> Über die Wahr-

<sup>5</sup> Erläuterung siehe Anhang

<sup>6</sup> In Sonderfällen kann es gerade dann zu großen Verlusten kommen, wenn Marktpreise über einen gewissen Zeitraum unverändert bleiben (z. B. bei Positionen in sog. Long Straddles).

scheinlichkeit, mit der Krisenszenarien eintreten, wird im Rahmen der Streß-Tests keine Aussage gemacht. Da der VaR auf „normalen“ Marktgegebenheiten beruht, soll dem Bankmanagement mit Streß-Tests ein weiteres Informationsmedium an die Hand gegeben werden, aus dem ersichtlich ist, welche Verluste in ungünstigen Marktkonstellationen schlimmstenfalls auftreten können. Die Ergebnisse der Streß-Tests sollen bei der Beurteilung der Angemessenheit der auf dem bankinternen Modell beruhenden Limite berücksichtigt werden.

In der Bankpraxis werden meist Krisenszenarien der Vergangenheit, wie zum Beispiel der Börsencrash von 1987, die EWS-Krise von 1992 oder der Zinscrash von 1994 nachgebildet. Mit den Streß-Tests soll der methodische Schwachpunkt interner Risikosteuerungsmodelle ausgeglichen werden, der unter anderem darin liegt, daß die auf die Zukunft gerichtete Risikoeinschätzung auf historischen Daten eines festgelegten Beobachtungszeitraums beruht.

### Backtesting

Die Güte eines verwendeten Risikosteuerungsmodells in der Risikovorhersage ist ein weiteres wesentliches bankaufsichtliches Zulassungskriterium. Um diese beurteilen zu können, müssen die Institute den am Vortag prognostizierten VaR täglich mit den tatsächlich eingetretenen Verlusten vergleichen (Backtesting). Sofern das Modell innerhalb eines bestimmten Zeitraums häufig Fehlprognosen „produziert“ (der tatsächlich eingetretene Verlust ist größer als der errechnete

VaR), wird die Prognosegüte des Modells folgendermaßen beurteilt: Je mehr Fehlprognosen in den zurückliegenden 250 Handelstagen festgestellt werden, desto schlechter wird das Modell seitens der Aufsicht eingestuft. Bis zu vier Fehleinschätzungen gelten als akzeptabel, während sich bei darüber hinausgehenden Fehlprognosen der Faktor, mit dem der VaR zur Ermittlung der Eigenmittelanforderungen multipliziert werden muß (vgl. unten), erhöht.

Der sogenannte Ampelansatz (siehe Tabelle Seite 75) zeigt die Stufung dieses Erhöhungsfaktors.

### Ermittlung der bankaufsichtlichen Eigenmittelanforderungen

Die potentiellen Risikobeträge für Marktpreisrisiken sind täglich zu ermitteln und bilden die Grundlage für die vorzuhaltenden Eigenmittel eines Instituts. Auch der mit ausgefeiltesten mathematischen und statistischen Methoden errechnete VaR ist lediglich ein guter Anhaltspunkt für das potentielle Risiko, da der errechnete Prognosewert auf Annahmen basiert, die die Realität nur näherungsweise beschreiben können. Deshalb werden die ermittelten Risikobeträge mit einem Faktor von mindestens drei multipliziert. Es wird außerdem der Tatsache Rechnung getragen, daß die Institute erstmals die bankaufsichtliche Eigenmittelunterlegung mit eigenen Methoden ermitteln dürfen und somit sowohl für die Banken als auch für die Aufsicht ein Erfahrungsdefizit mit diesem neuen Ansatz besteht.

*VaR nur guter Anhaltspunkt für potentielles Risiko, daher Multiplikationsfaktor*

*Prognosegüte des Modells wird an tatsächlich eingetretenen Verlusten gemessen*

**Baseler „Ampelansatz“**

Zone	Anzahl der Ausnahmen (tatsächlicher Verlust > VaR)	Backtesting-Erhöpfungsfaktor
Grüne Zone	0	0,00
	1	0,00
	2	0,00
	3	0,00
	4	0,00
Gelbe Zone	5	0,40
	6	0,50
	7	0,65
	8	0,75
	9	0,85
Rote Zone	10 oder mehr	1,00

Deutsche Bundesbank

Die Höhe des Multiplikationsfaktors war weltweit lange Zeit umstritten. Inzwischen haben die immer wieder festzustellenden Volatilitätssprünge gezeigt, wie notwendig dieser Faktor ist. Die Diskussion ist inzwischen völlig verstummt.

Im Fall von noch akzeptablen methodischen und organisatorischen Schwachpunkten kann die Bankenaufsicht den Multiplikationsfaktor bis auf vier erhöhen. Daneben kommt bei nicht ganz befriedigenden Backtesting-Ergebnissen ein weiterer Erhöhungsfaktor von bis zu eins hinzu (vgl. oben).

## Bankaufsichtliche Zulassung von Risiko-steuerungsmodellen in Deutschland

Die Verwendung der internen Risikosteuerungsmodelle für die Berechnung der bankaufsichtlichen Eigenmittel bedarf der Genehmigung durch die deutsche Aufsicht. Die Modelle werden auf Antrag der Institute vor Ort hinsichtlich der Einhaltung der quantitativen und qualitativen Anforderungen einschließlich der Streß-Tests und des Backtestings einer intensiven Prüfung unterzogen. Die Prüfungen führen sogenannte Modelle-Teams durch, die sich aus Mitarbeitern des Bundesaufsichtsamtes für das Kreditwesen und der Deutschen Bundesbank zusammensetzen. Mit der Prüfung der internen Risiko-steuerungsmodelle durch eigenes Personal erweitert die deutsche Bankenaufsicht ihre direkte Aufsichtstätigkeit vor Ort.

*Modelleprüfungen durch die Bankenaufsicht ...*

Die Prüfung und Zulassung interner Modelle stellt angesichts ihrer Komplexität sowie der Notwendigkeit, die Modelle bis in alle Details beurteilen zu müssen, eine neue fachliche Herausforderung für die Aufsicht dar. Sie hat hierauf durch Einstellung von Spezialisten sowie mit umfangreichen Ausbildungsmaßnahmen für ihre in diesem Bereich eingesetzten Mitarbeiter reagiert.

*... stellen neue fachliche Herausforderung dar*

Die ersten Prüfungen fanden bereits im August 1997 statt, um den sogenannten Baseler Banken<sup>7)</sup> die Möglichkeit zu geben, die mit internen Modellen berechnete Eigenmittelunterlegung zum 31. Dezember 1997 ermit-

*Die 1997 begonnenen Prüfungen ...*

<sup>7</sup> In Deutschland sind 15 international agierende Institute sogenannte Baseler Banken, die sich auf die Einhaltung des Baseler Eigenkapitalstandards verpflichtet haben.

teln und publizieren zu können. Die Prüfungen wurden im Verlauf des Jahres 1998 mit Blick auf das Inkrafttreten des neugefaßten Grundsatz I zum 1. Oktober 1998 bei 14 Instituten fortgesetzt. Weitere Institute werden ihre interne Risikosteuerung voraussichtlich ebenfalls umstellen, so daß diese in absehbarer Zeit auch zur Berechnung der bankaufsichtlichen Eigenmittel herangezogen werden kann. Dies ist von seiten der Aufsicht zu begrüßen, weil damit eine Verbesserung der internen Risikosteuerung und folglich eine positive Entwicklung der Institute unter organisatorischen Gesichtspunkten verbunden ist.

*... münden in  
einen laufen-  
den Prüfungs-  
prozeß*

Da die Handelsgeschäfte und Marktparameter sowie die Organisation einer Bank einem stetigen Wandel unterworfen sind und dies direkte Auswirkungen auf die Anwendung der internen Risikosteuerungsmodelle hat, müssen die Genehmigungsvoraussetzungen der Modelle bei wesentlichen Änderungen neu geprüft werden. Selbst wenn Modellanpassungen nicht vorgenommen werden, sind nach einer gewissen Zeit sogenannte Nachschauprüfungen unumgänglich, um die korrekte Modellanwendung sicherzustellen. Dies führt zu einem laufenden Prüfungsprozeß und einem ständigen Dialog zwischen Aufsicht und Bank, bei dem auf die individuellen Gegebenheiten der Institute eingegangen werden muß. Die Institute haben damit auch die Möglichkeit, bereits frühzeitig entsprechende Hinweise auf noch vorhandene Schwachstellen in ihrem Risiko-Controlling zu berücksichtigen, was tendenziell Stabilisierungseffekte auch für das Finanzsystem als Ganzes mit sich bringen dürfte.

## Modellierung von Risiken im Trend

Das insgesamt geänderte Umfeld im Bankensektor zwingt die Banken dazu, ihre risikobezogene Eigenkapitalsteuerung, das heißt ihr ökonomisches Kapital zu optimieren. Nachdem dies für die Marktpreisrisiken mit Hilfe neuerer Marktinstrumente (insbesondere Derivate in ihren unterschiedlichsten Formen) sowie mit mathematischen Modellen einen gewissen Reifegrad erreicht hat, sind nun neue Techniken auch für den Hauptrisikoblock der Banken, die Kreditrisiken, auf dem Vormarsch. Hierzu gehören

*Optimierung  
der Kredit-  
risikosteuerung  
mit neuen  
Techniken*

- Effizienzsteigerung beim globalen Einsatz von Sicherheiten,
- die Ausdehnung von Aufrechnungsvereinbarungen auf Bilanzgeschäfte,
- neue Techniken bei der Verbriefung von Forderungen sowie
- die Entwicklung von Kreditderivaten.

Die wichtigste Voraussetzung für eine optimale Anwendung dieser Instrumente ist die exakte Quantifizierung der Kreditrisiken im einzelnen und insbesondere im Portfoliozusammenhang. Althergebrachte Meßmethoden müssen daher durch mathematische Methoden ersetzt beziehungsweise ergänzt werden, die grundsätzlich mit denjenigen im Marktrisikobereich vergleichbar sind. Obwohl solche Modelle von einzelnen international tätigen Instituten zur Messung des Kreditrisikos im Handelsbuch bereits teilweise eingesetzt werden, sind wichtige methodische und

*Wichtige  
methodische  
und organisato-  
rische Fragen  
noch offen*



organisatorische Fragen noch nicht allgemein geklärt. Fraglich ist beispielsweise, auf welchen Daten beziehungsweise Parametern (z.B. Rating durch Ratinggesellschaften oder durch die eigene Kreditabteilung) aufgebaut werden kann. Auch die Frage der Überprüfung der Prognosequalität der Modelle (Backtesting) und die Anforderungen an Streß-Tests sind bislang nicht befriedigend geklärt. Daneben stellt der überaus große EDV-Aufwand und die organisatorische Einbindung von Kreditrisikomodellen in das tägliche Risiko-Controlling eine völlig neue Herausforderung der Institute dar.

Bei der praktischen Implementierung haben daher die Konzepte bei fast allen Banken die Entwicklungsphase noch nicht überschritten, so daß bisher nicht von allgemeinen Marktstandards ausgegangen werden kann. Eine bankaufsichtliche Zulassung von Kreditrisikomodellen muß dies aber bis zu einem gewissen Grad voraussetzen.

Entsprechendes gilt für andere Risiken, wie zum Beispiel Liquiditätsrisiken oder operationale Risiken, für die im Zusammenhang mit der Ermittlung und Optimierung des ökonomischen Kapitals in der Praxis bereits ebenfalls verschiedentlich versucht wurde, eine präzisere Quantifizierung mit Hilfe von Modell-Berechnungen zu entwickeln.

Die Ergänzung traditioneller Steuerungsmethoden durch Risikomodelle ist bankaufsichtlich zu begrüßen; der mit ihnen mögliche Erkenntniszuwachs darf jedoch nicht überschätzt werden. Zwar liefern die komplexen mathematisch-statistischen Verfahren dieser Modelle eine bessere methodische Grundlage für das Verständnis und die Abschätzung von Risiken, Modelle sind jedoch zuallererst Abstraktionen von der Wirklichkeit. Ihre Ergebnisse sind daher immer unter diesem Blickwinkel zu betrachten und dürfen nicht verabsolutiert, sondern müssen laufend kritisch hinterfragt werden. Modelle erlauben es, die nicht einfach zu durchschauende Struktur der Risikofaktoren, ihre verwobenen Zusammenhänge und ihr Ineinanderwirken genauer zu analysieren. Sie liefern Informationen für die risikoorientierte Steuerung einer Bank, machen aber die bewußte Entscheidung der Verantwortlichen nicht überflüssig. Ein Modell ist keine Kristallkugel, die eine Asien- oder Rußlandkrise vorhersagen kann, es kann aber gute Dienste leisten, die Wirkung solcher Ereignisse auf die Risikotragfähigkeit einer Bank abzuschätzen. Insofern leisten Modelle – trotz der ihnen immanenten Beschränkungen – wertvolle Beiträge zur Förderung von Risikobewußtsein und dem Entstehen einer ausgeprägten Risikokultur.

*Modelle fördern Risikokultur, sind jedoch keine Kristallkugel*

Im Anhang zu diesem Aufsatz auf Seite 78 wird auf die Modellierung von Marktpreisrisiken – auch anhand eines einfachen Beispiels – im einzelnen eingegangen.

## Anhang

### Methoden zur Bestimmung des Value-at-Risk

Ausgehend von einem Beispiel-Portfolio soll die Vorgehensweise zur Bestimmung des Value-at-Risk (VaR) mittels verschiedener Methoden (Varianz-Kovarianz-Ansatz, Historische Simulation und Monte-Carlo-Simulation) aufgezeigt werden. Anschließend werden die einzelnen Ergebnisse einander gegenübergestellt und erläutert.

### Bestimmungsfaktoren des Portfolio-Risikos

*Portfolioanalyse und Risikofaktoren ...*

Ausgangspunkt der Risikoermittlung ist immer eine Analyse der Portfoliostruktur und die Festlegung der Risikofaktoren, die für die Wertentwicklung des Portfolios verantwortlich sind. Der Wert einer einjährigen US-\$-Anlage ist beispielsweise von den Risikofaktoren Ein-Jahres-US-\$-Zinssatz und US-\$/DM-Wechselkurs abhängig.

*... im Zinsbereich*

Bei der Auswahl der Risikofaktoren im Zinsbereich besteht generell die Problematik, daß grundsätzlich die Zinssätze für jede mögliche Laufzeit, also für die gesamte Zinsstrukturkurve, als Risikofaktoren anzusehen sind. Um die Anzahl der Risikofaktoren zu begrenzen, werden jedoch üblicherweise nur Zinssätze für standardisierte Laufzeiten als Risikofaktoren verwendet, wobei diese Zinssätze auch als Stützstellen bezeichnet werden. Diesen Zinssätzen werden dann die anfallenden Zahlungsströme zugeordnet. Dieser Vorgang wird auch als „Mapping“ bezeichnet. Nur so ist es möglich, einerseits die wesentlichen Risikofaktoren zu erfassen und andererseits die Anzahl der zu schätzenden Volatilitäten und Korrelationen in einem handhabbaren Rahmen zu halten.

Im Aktienbereich können die einzelnen Aktien als Risikofaktoren herangezogen werden. Es ist jedoch zum Beispiel auch möglich, diese nach nationalen Märkten zusammenzufassen und den entsprechenden Index (in Deutschland z. B. den Deutschen Aktienindex DAX) als Risikofaktor zu verwenden. Im Fremdwährungsbereich stellt grundsätzlich jedes einzelne Währungspaar einen Risikofaktor dar.

*... sowie im Aktien- und Fremdwährungsbereich*

Wie stark eine Position von einem Risikofaktor abhängig ist, wird durch die Sensitivität ausgedrückt. Die Sensitivität einer Position beschreibt, um wieviel D-Mark der Wert der Position sich verändert, wenn sich der Risikofaktor um eine Einheit erhöht. Einfache Beispiele für Sensitivitätsmaße sind das Delta<sup>8)</sup> einer Option oder der Present Value of a Basis Point (PVBP)<sup>9)</sup> einer Anleihe.

*Sensitivitäten*

Um das Risiko einer Position zu ermitteln, muß die Frage beantwortet werden, wie stark sich der Risikofaktor im Zeitablauf verändern kann. Ausgedrückt wird dies durch die Volatilität<sup>10)</sup> des Risikofaktors. Je höher die Volatilität des Risikofaktors, desto höher ist das Risiko aus der Position, da eine

*Volatilitäten*

**8** Das Delta einer Option mißt die Wertveränderung der Option bei Anstieg des Kurses des Underlyings um eine D-Mark. Es handelt sich hierbei somit um ein Sensitivitätsmaß für die einzelne Option. Das Delta eines Portfolios aus mehreren Optionen entspricht der Summe der Deltas der einzelnen Optionen.

**9** Der Present Value of a Basis Point (PVBP) eines Zinsinstruments gibt die absolute Wertveränderung des Zinsinstruments bei Parallel-Verschiebung der Zinsstrukturkurve um einen Basispunkt an. Analog zum Delta entspricht der PVBP eines Portfolios aus Zinsinstrumenten der Summe der PVBPs der einzelnen Zinsinstrumente.

**10** Die Volatilität eines Risikofaktors entspricht im einfachsten Fall der Standardabweichung seiner Änderungen. Hierbei kann sowohl auf die absoluten als auch auf die relativen Veränderungen (Risikofaktorrenditen) Bezug genommen werden; zum Teil ist auch die Verwendung logarithmierter Veränderungsfaktoren üblich. Modifizierte Verfahren gewichten aktuellere Daten stärker als solche, die weiter in der Vergangenheit liegen. Komplexere Methoden zur Schätzung der Volatilität sind GARCH (general autoregressive conditional heteroscedasticity)-Ansätze, die auch zeitliche Veränderungen der Volatilität berücksichtigen können.

größere Unsicherheit über die zukünftige Wertentwicklung besteht.

Da Portfolios regelmäßig eine Vielzahl von Positionen mit verschiedenen Risikofaktoren enthalten, reicht es nicht aus, das Verhalten einzelner Risikofaktoren isoliert zu beschreiben. Vielmehr bedarf es zusätzlich noch der Beschreibung des gemeinsamen Verhaltens der Risikofaktoren, also der Korrelationen.

#### Korrelationen

Die Bedeutung der Korrelation soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: In der Praxis weisen die Nullkuponrenditen für 9 Jahre und für 10 Jahre eine hohe Korrelation auf, das bedeutet, sie entwickeln sich im Zeitablauf ungefähr gleich. Besteht beispielsweise eine Kaufposition in einem 9-Jahres-Zerobond und eine Verkaufposition in einem 10-Jahres-Zerobond, so hebt sich ein Großteil des Risikos auf, da Verluste aus der einen Position weitgehend durch Gewinne aus der anderen Position ausgeglichen werden.

#### Das Beispiel-Portfolio

#### Beispiel-Portfolio

Das Beispiel-Portfolio setzt sich wie folgt zusammen:

5	DAX-Call-Optionen (1 DAX-Punkt = 1 DM), Strike 6500, Fälligkeit 1. Juli 1999
100 000 DM	Nullkuponanleihe, Fälligkeit 1. Juli 2007
5 000 US-\$	Kassaposition

Die Wertentwicklung des Beispiel-Portfolios hängt ab von den Risikokategorien Aktien-, Zins- und Währungsrisiko. Als Risikofaktoren wurden der DAX-Index, der US-\$/DM-Wechselkurs sowie für

#### Volatilitäten und Korrelationen der Risikofaktoren sowie Sensitivitäten des Portfolios bezüglich der Risikofaktoren per 1. Juli 1998

Stand der Risikofaktoren	Stichtagsbezogener Stand
DAX-Index:	5.906,85 Punkte
9-Jahres-DM-Nullkuponrendite:	5,04 %
US-\$/DM-Wechselkurs	1,8190 DM

#### Absolute Eintagesvolatilitäten der Risikofaktoren

DAX-Index:	95,1 Punkte
9-Jahres-DM-Nullkuponrendite:	3,86 BP
US-\$/DM-Wechselkurs	0,01055 DM

#### Korrelationsmatrix der Risikofaktoren

	DAX	US-\$	9-Jahres-Nullkuponrendite
DAX	1	0,1849	-0,0534
US-\$	0,1849	1	-0,1448
9-Jahres-Nullkuponrendite	-0,0534	-0,1448	1

#### Sensitivitäten bezüglich der Risikofaktoren

DAX-Index:	2,265 <sup>1)</sup> DM/Punkt
9-Jahres-DM-Nullkuponrendite:	-55,0421 <sup>2)</sup> DM/BP
US-\$/DM-Wechselkurs	5.000

<sup>1</sup> Das Delta der Option beträgt 0,453 DM/Punkt. Zur Ermittlung der Sensitivität des Portfolios ist dieser Wert mit der Anzahl der Optionen im Portfolio zu multiplizieren. — <sup>2</sup> Der PVBP der Nullkuponanleihe beträgt -0,0550421 DM/BP.

Deutsche Bundesbank

den Stichtag der Berechnung 1. Juli 1998 die 9-Jahres-DM-Nullkuponrendite gewählt. Der auf den Stichtag 1. Juli 1998 bezogene Stand, die Volatilitäten und Korrelationen der Risikofaktoren sowie die Sensitivitäten des Portfolios gegenüber den Risikofaktoren sind aus der Tabelle auf Seite 79 ersichtlich.<sup>11)</sup>

### Varianz-Kovarianz-Ansatz

Lineare Wert-  
veränderungen

Der gebräuchlichste Ansatz zur Risikoermittlung ist der Varianz-Kovarianz-Ansatz. Die Beziehung zwischen der Wertänderung des Portfolios und der Risikofaktorrenditen wird hierbei als linear angenommen, das heißt Wertveränderungen des Portfolios lassen sich linear aus den Änderungen der Risikofaktoren berechnen.<sup>12)</sup>

Annahme der  
multivariaten  
Normal-  
verteilung

Für die Veränderung der Risikofaktoren wird beim Varianz-Kovarianz-Ansatz eine multivariate Normalverteilung<sup>13)</sup> unterstellt. Zur Bestimmung der Verteilung genügt es dann, die Volatilitäten und Korrelationen<sup>14)</sup> der Risikofaktoren zu ermitteln. Weiterhin werden die Sensitivitäten der Positionen in bezug auf die einzelnen Risikofaktoren benötigt.

Die Berechnung des VaR einer einzelnen Position erfolgt anhand der Formel:

$$VaR = |2,33^{15)} \cdot Sensitivität \cdot Volatilität^{16)}|$$

Für das Beispiel-Portfolio ergeben sich folgende Einzel-VaR-Werte:

$$\begin{aligned} VaR_{DAX} &= |2,33 \cdot 2,265 \text{ DM/Punkt} \cdot \\ &\quad 95,1 \text{ Punkte}| = 501,89 \text{ DM} \\ VaR_{US-\$} &= |2,33 \cdot 5000 \cdot 0,01055 \text{ DM}| \\ &= 122,91 \text{ DM} \\ VaR_{Anleihe} &= |2,33 \cdot (-55,0421) \text{ DM/BP} \cdot \\ &\quad 3,86 \text{ BP}| = 495,04 \text{ DM} \end{aligned}$$

Die Addition der VaR-Werte der Einzelpositionen ergibt in der Summe:

$$VaR_{DAX} + VaR_{US-\$} + VaR_{Anleihe} = 1.119,84 \text{ DM}$$

VaR ohne  
Korrelation ...

Unter Berücksichtigung der Korrelations- und Diversifikationseffekte<sup>17)</sup> ergibt sich der VaR für das Portfolio nach der Formel

$$VaR = 2,33 \sqrt{\vec{x}^T C \vec{x}}$$

$$\text{mit } \vec{x} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & \Delta_1 \\ \sigma_2 & \Delta_2 \\ \vdots & \vdots \\ \sigma_n & \Delta_n \end{bmatrix}$$

$\sigma_i$  = absolute Volatilität des Risikofaktor  $i$

$\Delta_i$  = Sensitivität bezüglich des Risikofaktors  $i$

$C$  = Korrelationsmatrix

**11** Für die Ermittlung der Volatilitäten und Korrelationen wurden als Beobachtungszeitraum die letzten 250 Handelstage herangezogen. Dabei wurden alle Beobachtungen gleich gewichtet.

**12** Diese Annahme führt zu einer Vernachlässigung der Risiken zweiter (Gamma-Risiken) und höherer Ordnung. Dadurch kann es insbesondere bei großen Optionspositionen zu unbefriedigenden Ergebnissen kommen.

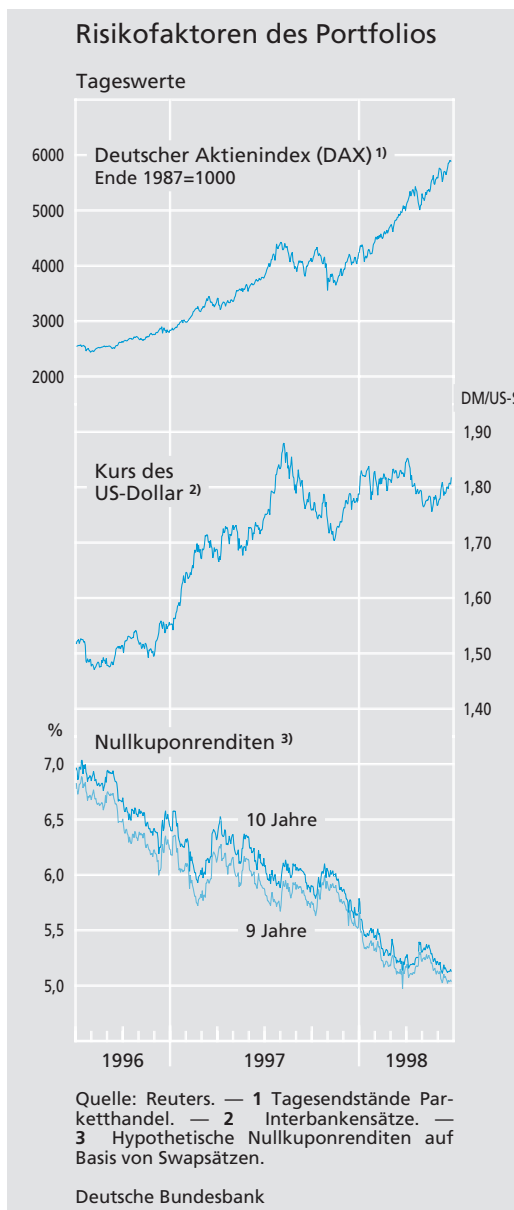
**13** Hierdurch wird die Häufigkeit des Auftretens extremer Risikofaktorveränderungen (fat tails) unterschätzt.

**14** Die Darstellung der Korrelationen erfolgt durch Korrelationskoeffizienten, die zu einer Korrelationsmatrix zusammengefaßt werden. Der Korrelationskoeffizient beschreibt dabei das Ausmaß des linearen Zusammenhangs zweier Risikofaktoren.

**15** Der Faktor 2,33 dient der Skalierung auf ein aufsichtlich gefordertes Prognoseintervall mit einem Wahrscheinlichkeitsniveau von 99%. Dieser Wert basiert auf der Normalverteilungsannahme, da das 1%-Quantil einer normalverteilten Zufallsvariable mit Erwartungswert 0 und Varianz  $\sigma^2$  bei  $-2,33 \sigma$  liegt.

**16** Im Beispiel soll der VaR für eine Halteperiode von einem Tag berechnet werden. Aus diesem Grund ist hier die Eintagesvolatilität zu verwenden.

**17** Diversifikationseffekte ergeben sich daraus, daß ein gemeinsames Auftreten von Verlusten aus mehreren Positionen weniger wahrscheinlich als ein isoliertes Auftreten ist, und daß Verluste in einer Position durch Gewinne in anderen Positionen ausgeglichen werden können.



...VaR mit  
Korrelation

in Höhe von 760,93 DM. Der VaR auf Portfolio-  
ebene liegt damit um 358,91 DM oder circa 32 %  
unterhalb der Summe der Einzel-VaR-Werte.

### Historische Simulation

Simulation  
historischer  
Veränderungen  
der Risiko-  
faktoren ...

Bei der historischen Simulation wird die Verteilung  
der zukünftigen Portfolio-Wertveränderungen ge-  
schätzt, indem die historischen Veränderungen der  
Risikofaktoren auf deren aktuellen Stand ange-

wendet werden. Die historische Simulation setzt  
sich aus einzelnen Simulationsschritten zusammen.  
Für jeden Schritt wird eine Veränderung aller Risi-  
kofaktoren simuliert, wobei die Veränderung der  
Risikofaktoren einer historisch beobachteten Ver-  
änderung der Risikofaktoren entspricht<sup>18)</sup>. Nach je-  
dem Simulationsschritt erfolgt eine Neubewertung  
des gesamten Portfolios,<sup>19)</sup> und es wird die Portfo-  
lio-Wertveränderung berechnet. Der VaR ergibt  
sich dann aus dem 1%-Quantil der Verteilung der  
simulierten Portfolio-Wertveränderungen. Bei einer  
historischen Beobachtungsperiode von 250 Han-  
delstagen und damit 250 simulierten Portfolio-  
Wertveränderungen entspricht der VaR somit dem  
drittschlechtesten<sup>20)</sup> Wert.

Der Größe nach geordnet ergeben sich für das Bei-  
spiel-Portfolio folgende simulierte Wertverände-  
rungen:

...ergibt  
simulierte  
Wertver-  
änderungen

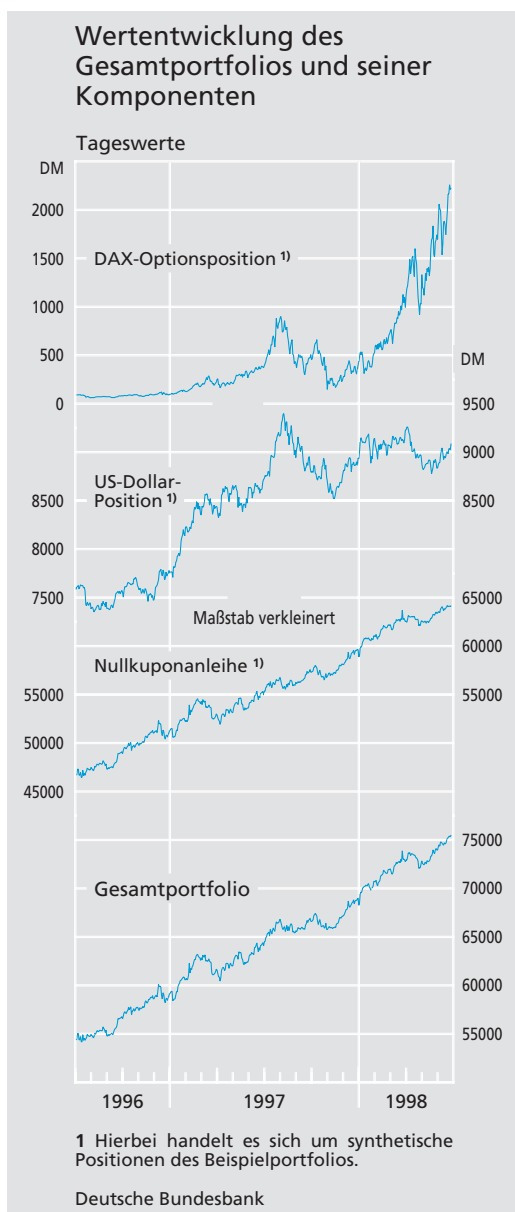
– 991,15, – 963,09, – 860,04, – 840,42, – 784,38,  
– 687,96, – 640,47, – 563,18, – 552,20 ...

Der VaR beträgt somit 860,04 DM.

**18** Hierbei werden implizit die Volatilitäten der Risikofak-  
toren und die Korrelationen zwischen den Risikofaktoren  
berücksichtigt.

**19** Numerisch kann es einfacher sein, die Portfolio-Wert-  
veränderung in Abhängigkeit der Veränderungen der Ri-  
sikofaktoren über eine Taylor-Reihe zu approximieren. Zur  
Erfassung nicht-linearer Risiken ist es dann notwendig,  
auch die Glieder der Taylor-Reihe zu berücksichtigen, die  
eine höhere Ordnung als eins haben.

**20** Theoretisch wäre der „zweieinhalbschlechteste“ Wert  
zugrunde zu legen. Da dieser jedoch nicht existiert, weicht  
man auf den drittschlechtesten Wert aus. In diesem Fall  
übertreffen die Verluste den VaR in genau zwei von 250  
Fällen (0,8%). Würde ein Wert zugrundegelegt, der be-  
tragsmäßig kleiner ist als der drittschlechtesten Wert, so  
überträfen die Verluste den VaR in drei von 250 Fällen  
(1,2%). Dieses widerspricht jedoch dem angestrebten  
Konfidenzniveau von 99%.



## Monte-Carlo-Simulation

*Simulation mit Zufalls-generator...*

Bei der Monte-Carlo-Simulation wird die Verteilung der Portfolio-Wertveränderungen durch eine Simulation der Veränderungen der Risikofaktoren mit einem Zufallsgenerator geschätzt.

Zuerst werden, wie auch beim Varianz-Kovarianz-Ansatz, die Volatilitäten und Korrelationen der Risikofaktoren ermittelt.

Die Monte-Carlo-Simulation setzt sich aus einzelnen Simulationsschritten zusammen. Für jeden Schritt wird eine Veränderung aller Risikofaktoren mit einem Zufallsgenerator simuliert, wobei hier im Beispiel eine multivariate Normalverteilung mit den zuvor ermittelten Volatilitäten und Korrelationen zugrunde gelegt wird. Nach jedem Simulationsschritt erfolgt eine Neubewertung des gesamten Portfolios<sup>21)</sup> und es wird die Portfolio-Wertveränderung berechnet. Der Value-at-Risk ergibt sich dann aus dem 1%-Quantil der Verteilung der simulierten Portfolio-Wertveränderungen und beträgt beispielsweise 735,67 DM. Für eine große Anzahl an Simulationsschritten nähert sich die auf diese Weise generierte Verteilung der wahren Verteilung der Portfolio-Wertveränderungen an.<sup>22)</sup>

*... ergibt simulierte Portfolio-Wertveränderungen*

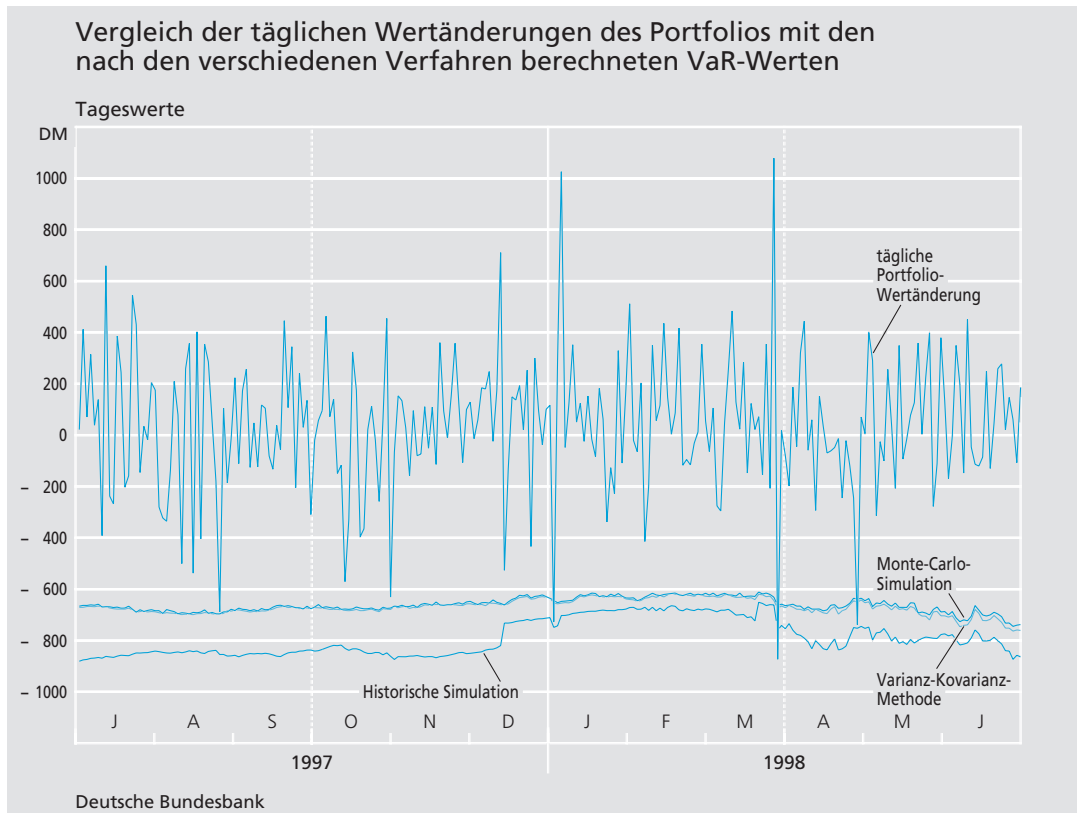
## Methodenvergleich und Backtesting

Im folgenden werden die täglichen Wertveränderungen des Beispiel-Portfolios den mit den verschiedenen Methoden ermittelten VaR-Werten gegenübergestellt (Backtesting) und erläutert. Die Berechnungen haben lediglich beispielhaften Charakter und dienen nur der Illustration. Auch erlauben sie keine allgemeingültigen Aussagen darüber, welche Methoden tendenziell zu einer geringeren oder höheren Eigenmittelunterlegung führen. Fragen dieser Art können grundsätzlich nur für ein bestimmtes Portfolio beantwortet werden.

*Tatsächliche Wertveränderungen versus prognostizierte Wertveränderungen*

Berechnet wurden Risiko- und Ergebniskennzahlen für einen Zeitraum, der 250 Handelstage umfaßt und am 1. Juli 1998 endete. Die Länge des Zeit-

<sup>21</sup> Auch hier kann es numerisch einfacher sein, die Portfolio-Wertveränderung in Abhängigkeit der Veränderungen der Risikofaktoren über eine Taylor-Reihe zu approximieren. Zur Erfassung nicht-linearer Risiken ist es natürlich auch hier notwendig, die Glieder der Taylor-Reihe zu berücksichtigen, die eine höhere Ordnung als eins haben. <sup>22</sup> Für die vorliegende Berechnung wurden 80 000 Simulationen pro Bewertungstag durchgeführt.



raums wurde so gewählt, daß es genau einmal möglich ist, ein Backtesting gemäß den bankaufsichtlichen Anforderungen durchzuführen.<sup>23)</sup>

Wertentwicklung der Risikofaktoren und ...

Als Risikofaktoren, von denen der Wert des Portfolios während des untersuchten Zeitraums abhängig ist, wurden der DAX-Index, der US-\$/DM-Wechselkurs sowie die DM-Nullkuponrenditen für 9 Jahre und für 10 Jahre gewählt. Die zeitliche Entwicklung der verwendeten Risikofaktoren ist aus dem Schaubild auf Seite 81 ersichtlich.<sup>24)</sup>

Eine hohe historische Korrelation besteht hier nur für 9- und 10-Jahres-DM-Nullkuponrenditen.

...Wertentwicklung der Portfoliositionen sowie des Gesamtportfolios

Die Wertentwicklung der einzelnen Positionen im Zeitablauf ergibt sich in direkter Abhängigkeit der Finanzinstrumente von den Risikofaktoren.<sup>25)</sup> Das Schaubild auf Seite 82 zeigt sowohl die Wertent-

wicklung der Einzelpositionen als auch die des Gesamtportfolios für die letzten 500 Tage. Relevant

<sup>23</sup> Das Baseler Marktrisikopapier und der Grundsatz I (neue Fassung) fordern die Ermittlung der Prognosegüte des Modells mittels eines täglichen Vergleichs des anhand des Risikomodells auf der Basis einer Haltedauer von einem Arbeitstag ermittelten potentiellen Risikobetrags (Value-at-Risk) mit der Wertveränderung der in die modellmäßige Berechnung einbezogenen Finanzinstrumente. Hierzu ist die Anzahl der Ausnahmen der letzten 250 Handelstage zugrunde zu legen, in denen der Verlust des Portfolios den Value-at-Risk übersteigt.

<sup>24</sup> Da für die Risikoberechnung eine historische Beobachtungsperiode von einem Jahr beziehungsweise 250 Handelstagen zugrunde zu legen ist und die Berechnung der Risikokennzahlen für 251 Tage erfolgt, werden für die Risikofaktoren Datenreihen der Länge 501 Handelstage benötigt.

<sup>25</sup> Der Risikofaktor für die Nullkuponanleihe mit Fälligkeit 1. Juli 2007 ist am 1. Juli 1997 die 10-Jahres- und am 1. Juli 1998 die 9-Jahres-Nullkuponrendite. Für die dazwischenliegenden Zeiträume besteht eine Abhängigkeit von beiden Risikofaktoren, da beim Mapping Zahlungen mit gebrochener Laufzeit in zwei Zahlungen mit ganzjähriger Laufzeit (hier: 9 und 10 Jahre) aufgespalten werden. Für die DAX-Option werden aus Vereinfachungsgründen die Volatilität und der kurzfristige Zinssatz als konstant angenommen.

für Zwecke des Backtestings sind hierbei nur die letzten 250 Werte.

*Backtesting ...*

Das Schaubild auf Seite 83 stellt nun die täglichen Wertveränderungen des Beispiel-Portfolios den mit den verschiedenen Verfahren berechneten VaR-Werten der jeweiligen Tage gegenüber. Übersteigt ein Eintagesverlust den prognostizierten VaR, so handelt es sich für Zwecke des Backtestings um eine Ausnahme im Sinne des Grundsatzes I (n.F.). Hierbei werden bei einem Konfidenzniveau von 99 % und 250 Beobachtungen durchschnittlich 2,5 Ausnahmen erwartet. Signifikant für die Hypothese, daß die Prognosequalität des Modells unzureichend ist, sind jedoch erst sechs und mehr Ausnahmen. Zwei oder drei Ausnahmen, wie bei den Berechnungen festgestellt, sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit unproblematisch.

*... im Vergleich*

Bei einem Vergleich der mit den drei Methoden ermittelten VaR-Zeitreihen fällt zum einen auf, daß mit dem Varianz-Kovarianz-Ansatz und der Monte-Carlo-Simulation sehr ähnliche Ergebnisse erzielt werden. Weiterhin liegen die Ergebnisse der historischen Simulation fast durchgängig deutlich über den Ergebnissen der anderen beiden Verfahren.

Grund für die Ähnlichkeit der mit dem Varianz-Kovarianz-Ansatz beziehungsweise mit der Monte-Carlo-Simulation ermittelten VaR-Zeitreihen ist die Ähnlichkeit der verwendeten Modelle. In beiden Fällen wurde die gleiche multivariate Normalverteilung der relativen Risikofaktorveränderungen angenommen. Ein Unterschied ergibt sich lediglich in der Einbeziehung nicht-linearer Risiken bei der Monte-Carlo-Simulation,<sup>26)</sup> während der Varianz-Kovarianz-Ansatz ausschließlich auf einer linearen Approximation der Portfolio-Wertveränderungen basiert. Hierbei ist der mit der Monte-Carlo-

Simulation ermittelte VaR durchschnittlich geringer, da sowohl bei der Anleihe eine positive Konvexität als auch bei der Option ein positives Gamma besteht.<sup>27)</sup>

Aufgrund der eher kleinen Optionsposition im Beispiel-Portfolio und des nur äußerst geringen Effekts der Konvexität der Anleihe ergeben sich nur sehr geringe Ergebnisunterschiede von circa 1 % bis 4 % bei den beiden Methoden. Bei größeren Optionspositionen spielen diese nicht-linearen Risiken aber sehr wohl eine bedeutende Rolle.

Der Grund dafür, daß die mittels der historischen Simulation ermittelte VaR-Zeitreihe durchgängig oberhalb der mit den anderen Methoden ermittelten Zeitreihen liegt, besteht darin, daß bei der Verwendung der historischen Simulation keine explizite Annahme über die Form der Verteilung der Risikofaktorveränderungen (z. B. multivariate Normalverteilung) gemacht wird. Damit berücksichtigt die historische Simulation implizit auch die „fat tails“ der Verteilung der Risikofaktorrenditen.<sup>28)</sup> Dieser Effekt kommt beim gewählten Beispiel-Portfolio besonders stark zum Tragen, da die Nullkuponanleihe einen großen Teil des Portfolios ausmacht, und die „fat tails“ im Zinsbereich besonders stark ausgeprägt sind.

---

<sup>26</sup> Die Einbeziehung nicht-linearer Risiken erfolgt hier bei der Monte-Carlo-Simulation, wie auch bei der historischen Simulation, durch Berücksichtigung des Glieds zweiter Ordnung der Taylor-Reihe bei der Approximation der Portfolio-Wertveränderungen in Abhängigkeit der Veränderungen der Risikofaktoren.

<sup>27</sup> Für den Investor bedeutet eine positive Konvexität beziehungsweise ein positives Gamma, daß im Falle eines Verlusts die Verluste geringer und im Falle eines Gewinns die Gewinne höher sind als bei einer rein linearen Approximation. Grundsätzlich haben Kaufpositionen in Anleihen eine positive Konvexität und Kaufpositionen in Standard-Optionen ein positives Gamma.

<sup>28</sup> Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, „fat tails“ (vgl. Fußnote 13) bei der Monte-Carlo-Simulation zu berücksichtigen.