



OESTERREICHISCHE NATIONALBANK

LEITFADENREIHE ZUM MARKTRISIKO

BAND 5

Durchführung von Krisentests



In der Leitfadenreihe zum Marktrisiko sind erschienen:

- Band 1: Allgemeines Marktrisiko bei Schuldtiteln,
 2. überarbeitete und erweiterte Auflage**

- Band 2: Prüfung des Standardverfahrens**

- Band 3: Begutachtung eines Value at Risk-Modells**

- Band 4: Berücksichtigung von Optionsrisiken**

- Band 5: Durchführung von Krisentests**

- Band 6: Sonstige Risiken des Wertpapier-Handelsbuches**

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

Oesterreichische Nationalbank

Für den Inhalt verantwortlich:

Wolfdietrich Grau

Erstellt von:

Abteilung für Finanzmarktanalyse

Satz, Druck und Herstellung:

Hausdruckerei

Internet e-mail:

<http://www.oenb.at>

Papier:

Salzer Demeter, 100% chlorfrei gebleichter Zellstoff, säurefrei, ohne optische Aufheller

DVR 0031577

Mit dem Inkrafttreten der 2. großen BWG-Novelle per 1. Jänner 1998 wurden die österreichischen Kreditinstitute und die Bankenaufsicht nicht nur mit weitreichenden gesetzlichen Adaptierungen und Anpassungen an internationale Standards konfrontiert, alle Beteiligten standen auch vor einer inhaltlichen Herausforderung, wie sie in der bisherigen Vergangenheit ohne Beispiel war.

Die erfolgreiche Umsetzung dieser äußerst komplexen Gesetzesmaterie stellt einen Quantensprung im Risikomanagement von Banken mit nennenswertem Wertpapierhandel dar, bedeutet aber auch hohe Investitionen in das entsprechende Know-how und in die Ausbildung der damit betrauten Mitarbeiter. Allesamt Faktoren, welche die Professionalität der Akteure steigern und im Spiel der Marktkräfte letztendlich allen Beteiligten zugute kommen.

Die Oesterreichische Nationalbank – einerseits Marktpartner der heimischen Kreditwirtschaft, andererseits mit der Durchführung bankaufsichtlicher Aufgaben betraut – versteht sich zunehmend als jener Akteur, der Dienstleistungen auf höchstem Niveau anbietet und diese unter Wahrung entsprechender Transparenz allen Beteiligten zur Verfügung stellt.

Die vorliegende Leitfadensreihe besteht aus sechs Bänden: Je ein Leitfaden ist dem Begutachtungsverfahren eines Value at Risk-Modells und dem Prozedere bei der Überprüfung der Standard-Marktrisikobestimmungen durch die Oesterreichische Nationalbank gewidmet. Vier weitere Bände setzen sich ausführlich mit der Thematik zur Durchführung von Krisentests für Wertpapier-Portfeuille, der Berechnung und Berücksichtigung des Eigenmittelerfordernisses von Optionsrisiken, des allgemeinen Zinsrisikos bei Schuldtiteln und den sonstigen Risiken (Ausfalls-, Abwicklungsrisiko etc.) auseinander.

Die Publikation dieser Leitfadensreihe ist als Arbeitserleichterung/Service für den Finanzsektor gedacht. Die Leitfäden bringen zusätzlich Transparenz und Objektivität in die Prüfverfahren. Die von der Oesterreichischen Nationalbank gewählte Vorgangsweise stärkt somit das Vertrauen in den heimischen Finanzplatz und trägt – vor dem Hintergrund weltweiter Liberalisierung – zu dessen Wettbewerbsfähigkeit und Stabilität bei.

Mag. Dr. Gertrude Tumpel-Gugerell
Vize-Gouverneurin
der Oesterreichischen Nationalbank

Der Finanzsektor ist – vielleicht neben der Telekommunikation – einer der sich am dynamischsten entwickelnden Wirtschaftszweige. Dies zeigt sich besonders im Wachstum der derivativen Finanzprodukte, sowohl volumensmäßig gesehen wie auch in der Strukturierung und Komplexität der Instrumente. Gleichzeitig bleibt aber die Anforderung an den Finanzsektor, im speziellen an die Kreditinstitute, unverändert aufrecht: dem Kunden optimale Sicherheit bei seiner Veranlagung zu bieten.

In diesem Punkt ist auch die Bankenaufsicht gefordert: Sie muss in ihren Mitteln und Wegen der Zielerreichung so flexibel sein, dass sie auf neue Finanzprodukte und neue Risiken rasch reagieren kann. Äußeres Zeichen dieser Herausforderung sind neue bzw. novellierte EU-Richtlinien und dadurch induzierte BWG-Novellen. Kaum scheinen große Projekte wie die Marktrisikobegrenzung über die Kapitaladäquanz-Richtlinie und die CAD II vor dem Abschluss, steht die Herausforderung des derzeit intensiv diskutierten neuen capital accord des Basler Ausschusses für Bankenaufsicht zur Bewältigung an. Dieser wird neben neuen Kapitalanforderungen auch eine umfassende Betrachtung der Risikopositionen eines Kreditinstitutes durch die Aufsicht mit sich bringen.

Viele Ansätze und Hinweise für das Risikomanagement der Marktrisiken, die in die Leitfadensreihe der Oesterreichischen Nationalbank Eingang gefunden haben, sind in Blickrichtung des Basler Ausschusses nicht beschränkt auf das Wertpapier-Handelsbuch zu sehen. Auch das traditionelle Bankgeschäft beinhaltet Zins-, Kurs- und Optionsrisiken, nur werden diese auf den ersten Blick nicht so sichtbar.

Dennoch oder gerade deshalb haben sich Kreditinstitute mit diesen Themen auseinanderzusetzen und es sollen neben den Handelsbuch-Banken auch jene Institute von der Leitfadensreihe angesprochen werden, die kein großes Wertpapier-Handelsbuch führen. Die umfassende Risikoanalyse – auch der „Marktrisiken“ im Bankbuch – ist Gebot der Stunde und ein funktionierendes Risikomanagement liegt im primären Interesse der Banken selbst. Die Leitfadensreihe der Oesterreichischen Nationalbank soll ein wesentlicher Arbeitsbehelf hierfür sein und intensiv genutzt werden. Gleichzeitig ist sie Ausdruck der Kooperation der Bankenaufsicht im Bundesministerium für Finanzen mit der Oesterreichischen Nationalbank, die hier in einem hochtechnischen Bereich wesentliche Unterstützungsarbeit leistet.

Mag. Alfred Lejsek
Sektionschef
im Bundesministerium für Finanzen

Vorwort

Die Bedeutung von Krisentests als Werkzeug des Risikomanagements nimmt stetig zu. Unabhängig von den Anforderungen der Aufsichtsbehörden war in den letzten zwei Jahren international zu beobachten, dass die obersten Führungsgremien von Banken Krisentests mit erhöhter Aufmerksamkeit verfolgen. Der gesteigerte Wert, den Banken Krisentests zumessen, hat mittlerweile zu Verbesserungen der Krisentest-Programme geführt. Trotzdem hat sich noch kein einheitlicher, allgemein akzeptierter Standard durchgesetzt.

Dieser Leitfaden stellt die unterschiedlichen Entwicklungen im Bereich der Krisentest-Programme dar und fasst für österreichische Modellbanken die Minimalanforderungen zusammen. Es soll ein Anhaltspunkt dafür gegeben werden, wie Krisentests im Risikomanagement eingesetzt werden können. Der Schwerpunkt liegt auf dem Marktrisiko, aber auch Aspekte des Liquiditäts- und Kreditrisikos werden behandelt.

Der Anlass für diese Publikation lag in der Begutachtung interner Modelle der Marktrisikobegrenzung durch die Oesterreichische Nationalbank. Bei der Beschäftigung mit der Materie sind vor allem zwei Aspekte zu Tage getreten, die uns bestärkt haben, den vorliegenden Leitfaden zu verfassen: Zum einen sind Krisentests ihrer Konzeption nach einfache Werkzeuge des Risikomanagements. Zum anderen gibt es nur wenig Literatur zum Thema. Daraus folgt zweierlei: Der Einsatz von Krisentests soll nicht nur auf die gemäß Bankwesengesetz dazu verpflichteten Modellanwender beschränkt bleiben. Jedes Kreditinstitut aber auch jeder Betrieb mit eigener Treasury-Einheit kann schon mit einfachen Mitteln Krisentests für das hauseigene Risikomanagement nutzbar machen. Freilich sind dabei der Verfeinerung der Methoden keine Grenzen gesetzt. Und hier ist in weiterer Folge die Wissenschaft angesprochen. Eine verstärkte Beschäftigung mit der Thematik unter Beteiligung unterschiedlichster Disziplinen wie Finanzwissenschaften, Volkswirtschaft, Statistik und Ökonometrie wäre wünschenswert.

Die Autoren wollen ihren herzlichen Dank Alan Cathcart und Nick Palmer von der Financial Services Authority, London, Benjamin Cohen vom Basler Ausschuss für das weltweite Finanzsystem, Zahra El-Mekrawy vom Basler Ausschuss für Bankenaufsicht sowie Stefan Walter und Kevin Clarke von der Federal Reserve Bank of New York für aufschlussreiche Diskussionen über die internationale Praxis von Krisentests aussprechen. Wir wollen uns auch bei Michael Boss und Ronald Laszlo für ihre Kommentare und wertvollen Anregungen bedanken. Ganz besonderer Dank gilt unserer Abteilungsleiterin Helga Mramor, deren Engagement entscheidenden Einfluss auf das Zustandekommen der gesamten Leitfadenreihe hatte.

Wien, September 1999

Thomas Breuer
Gerald Krenn

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Gesetzliches Umfeld von Krisentests.....	1
1.2	Wozu Krisentests.....	2
1.3	Krisentests und Value at Risk-Modelle	3
1.4	Schwächen von Value at Risk und Stärken von Krisentests: Ein Beispiel.....	5
1.5	Anwendungsbereich des Leitfadens	8
2	Allgemeine Gesichtspunkte bei der Durchführung von Krisentests	9
2.1	Was ist ein Krisentest.....	9
2.2	Portfoliobewertung: Lineare Approximation oder vollständige Neubewertung	10
2.3	Liquiditätskrisen	13
2.4	Kreditrisiko	14
2.5	Wie hart sollen Krisenszenarien sein.....	16
2.6	Standardisierte Krisentests.....	16
2.7	Interpretation von Krisentestergebnissen, Berichtswesen und Notfallpläne	18
3	Konstruktion von Krisenszenarien aus historischen Daten	21
3.1	Warum historische Szenarien.....	21
3.2	Analyse von Zeitreihen in einem Faktor	23
3.2.1	Suche nach Maximalbewegungen der Einzelfaktoren	23
3.2.2	Zusammensetzung von Bewegungen der Einzelfaktoren zu einem Szenario	26
3.2.3	Tabellen von Maximalveränderungen einzelner Risikofaktoren.....	27
3.2.3.1	Maximalveränderungen bei Aktienindizes	28
3.2.3.2	Maximalveränderungen bei Wechselkursen.....	29
3.2.3.3	Maximalveränderungen bei Zinssätzen.....	31
3.3	Analyse von Zeitreihen in mehreren Faktoren.....	33
3.3.1	Einfache Szenarienkonstruktion aus Zeitreihen in mehreren Risikofaktoren	33
3.3.2	Messung von gleichzeitigen Veränderungen mehrerer Risikofaktoren	34
3.3.2.1	Sensitivitäten	35
3.3.2.2	Maximale Veränderungen des Portfoliowertes	38
3.3.3	Tabelle von Maximalveränderungen mehrerer Risikofaktoren	38

4	Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien.....	41
4.1	Rechtliche Grundlage für die Suche nach Worst Case-Szenarien.....	41
4.2	Worst Case-Szenarien versus historische Szenarien.....	42
4.3	Subjektive Suche nach Worst Case-Szenarien	42
4.4	Systematische Suche nach Worst Case-Szenarien	44
4.4.1	Warum systematisch nach Worst Case-Szenarien suchen	44
4.4.2	Berichte über die systematische Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien.....	45
4.5	Notfallpläne für Worst Case-Szenarien	47
5	Zusammenfassung von Anforderungen an die Durchführung von Krisentests in Modellbanken.....	49
5.1	Berichtswesen und organisatorische Einbettung.....	49
5.2	Szenarienwahl.....	50
5.3	Rechnerische Durchführung.....	51
	Technischer Anhang	53
A.1	Zulassungskriterien von Szenarien für die systematische Suche nach Worst Case- Szenarien.....	53
A.1.1	Zulassungskriterien ohne Berücksichtigung von Korrelationen	53
A.1.2	Zulassungskriterien unter Berücksichtigung von Korrelationen.....	54
A.2	Methoden zur systematischen Suche nach Worst Case-Szenarien	57
A.2.1	Factor Push-Methode.....	57
A.2.2	Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden.....	58
A.2.3	Andere Verlustmaximierungsalgorithmen	60
	Literaturverzeichnis	63

1 Einführung

1.1 Gesetzliches Umfeld von Krisentests

Mit der zweiten großen BWG-Novelle hält erstmals der Begriff des Krisentests¹ Einzug in die gesetzlichen Bestimmungen über die Risikovorsorge österreichischer Kreditinstitute. Durch die Umsetzung der Kapitaladäquanz-Richtlinie (CAD) in österreichisches Recht bringt die Novelle eine Änderung in den Vorschriften zur Berechnung der Höhe der anrechenbaren Eigenmittel, über die Kreditinstitute bzw. Kreditinstitutsgruppen zu verfügen haben. So haben Kreditinstitute mit einem großen Wertpapier-Handelsbuch die Höhe der Eigenmittel für Positionen des Handelsbuches nunmehr nach dem Standardverfahren der CAD zu berechnen. Alternativ können interne Modelle der Marktrisikobegrenzung (Value at Risk-Modelle²) eingesetzt werden, um das Eigenmittel-Erfordernis für das allgemeine und spezifische Positionsrisiko in Schuldtiteln und Substanzwerten des Handelsbuches sowie für Rohstoffpositionen und offene Devisenpositionen zu berechnen. Der Einsatz interner Modelle für diesen Zweck wurde vom Basler Ausschuss für Bankenaufsicht im Jänner 1996 im Papier *Änderung der Eigenkapitalvereinbarung zur Einbeziehung von Marktrisiken* angeregt. Diese Anregungen wurden mittlerweile im Wesentlichen von der EU in einer Richtlinie zur Änderung der CAD übernommen.

Sowohl im Basler Papier vom Jänner 1996 als auch in der EU-Richtlinie wird die ausdrückliche Genehmigung zur Verwendung eines internen Modells durch die zuständige Aufsichtsbehörde verlangt. In beiden Papieren wird als eine der Voraussetzungen zur Genehmigung die Durchführung von Krisentests genannt. Von regulatorischer Seite werden also Krisentests als eine sinnvolle und notwendige Ergänzung und Kontrolle statistischer Modelle zur Risiko-Quantifizierung angesehen. Auf Grund dieser Kontrollfunktion werden Krisentests im BWG unter den qualitativen Kriterien angeführt. Dessen ungeachtet stellen Krisentests aber hohe quantitative Anforderungen an das Risikomanagement.

Krisentests sind also für Kreditinstitute, die zur Berechnung des regulatorischen Eigenmittel-Bedarfs ein internes Modell verwenden, verpflichtend vorgeschrieben. Aber auch alle übrigen Kreditinstitute und Finanzinstitutionen im weiteren Sinn können aus Krisentests für ihre Risiko-steuerung großen Nutzen ziehen. Krisentests sind von ihrem Konzept her leicht zu verstehen und sind bereits mit einfachen Mitteln durchführbar. Dementsprechend wendet sich dieser Leitfaden nicht nur an Modellanwender, sondern auch an die übrigen Kreditinstitute. Aber auch anderen institutionellen Investoren kann diese Publikation als Hilfestellung dienen.

¹ Engl.: stress test. Als Synonym für den Begriff Krisentest wird auch auf Deutsch der Begriff Stresstest verwendet.

² In der Folge wird Value at Risk mit VaR abgekürzt.

1.2 Wozu Krisentests

Als Begründung für die Notwendigkeit von Krisentests gibt der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1995) an:

„Die Banken, die ihre eigenen Modelle für die Berechnung der Eigenkapitalunterlegung für das Marktrisiko verwenden, müssen über ein rigoroses und umfassendes Krisentest-Programm verfügen. Krisentests zur Ermittlung von Ereignissen oder Einflüssen, die massive Auswirkungen in der Bank haben könnten, sind für die Banken ein Schlüsselement zur Einschätzung ihrer Eigenkapitalsituation.

Die empfindlichen Stellen der Risikogeschäfte eines Finanzinstituts zu kennen und entsprechende Schutzvorkehrungen zu treffen gehört selbstverständlich zu den wichtigsten Aufgaben des obersten Verwaltungsorgans und der Geschäftsleitung. Die Krisenszenarien einer Bank müssen eine Reihe von Faktoren einbeziehen, die zu außerordentlichen Verlusten oder Gewinnen im Handelsbestand führen können oder die Risikokontrolle in diesem Bereich sehr erschweren. Zu diesen Faktoren gehören Ereignisse von geringer Wahrscheinlichkeit in allen bedeutenden Risikoarten, einschließlich der verschiedenen Komponenten von Markt-, Kredit- und Betriebsrisiko. Krisenszenarien müssen die Auswirkungen solcher Ereignisse auf Positionen beleuchten, die sowohl lineare als auch nichtlineare Preismerkmale aufweisen (d.h. Optionen und optionsähnliche Instrumente).

Die Krisentests der Banken sollten sowohl quantitativer als auch qualitativer Natur sein. Die quantitativen Kriterien sollten plausible Krisenszenarien bestimmen, mit denen sich die Banken konfrontiert sehen könnten. Mittels qualitativer Kriterien sind zwei wichtige Ziele der Krisentests hervorzuheben, nämlich abzuschätzen, ob die Eigenmittel einer Bank potenzielle große Verluste absorbieren könnten, und Maßnahmen zu ermitteln, mit denen die Bank ihr Risiko vermindern und ihr Eigenkapital erhalten kann. Diese Beurteilung ist unabdingbar für die Festlegung und Beurteilung der Managementstrategie der Bank. Die Ergebnisse der Krisentests sollten routinemäßig der Geschäftsleitung und periodisch auch dem obersten Verwaltungsorgan der Bank mitgeteilt werden.“

Was die praktischen Konsequenzen von Krisentests betrifft, wird weiters festgehalten:

„Krisentests allein sind von beschränktem Wert, wenn die Bank nicht bereit ist, aus deren Ergebnissen Konsequenzen zu ziehen. Zumindest ist zu fordern, dass die Ergebnisse in regelmäßigen Zeitabständen von der Geschäftsleitung geprüft und sich in der Politik und in den Limits niederschlagen, die von der Geschäftsleitung und dem obersten Verwaltungsorgan festgelegt werden. Falls die Tests überdies besondere Schwachstellen aufzeigen, erwartet die nationale Aufsichtsbehörde von der Bank,

dass sie unverzüglich Schritte ergreift, um diese Risiken angemessen zu steuern (z.B. durch Absicherung oder durch Verringerung des Risikoengagements).“

Krisentests sollen also einem Kreditinstitut auf drei Fragen Antwort geben:

1. Wieviel verlieren wir, wenn Szenario X eintritt?
2. Was sind unsere Worst Case-Szenarien?
3. Was können wir tun, um die Verluste in den Worst Case-Szenarien zu reduzieren?

Auf die Frage, wie wahrscheinlich gewisse Szenarien sind, darf man sich jedoch von Krisentests keine quantitative Antwort erwarten. Allerdings spielt die Plausibilität von Szenarien bei der Interpretation von Krisentestergebnissen eine Rolle. Davon wird später in den Abschnitten 2.5 und 4.4.2 die Rede sein.

1.3 Krisentests und Value at Risk-Modelle

Krisentests werden häufig im Zusammenhang mit VaR-Modellen erwähnt. Wie bereits dargelegt wird ja die Durchführung von Krisentests vom Gesetzgeber ausdrücklich vorgeschrieben, wenn VaR-Modelle zur Berechnung des regulatorischen Eigenmittel-Erfordernisses herangezogen werden. Krisentests sollen dabei als Ergänzung der Modelle fungieren. Warum sind also VaR-Modelle ergänzungsbedürftig und warum können gerade Krisentests die Lücke schließen?

Die VaR-Methodik dürfte allgemein bekannt sein: Es wird eine *Haltdauer* von t Tagen und ein *Konfidenzniveau* von $p\%$ vorgegeben. Für das betrachtete Portfolio wird der VaR mit statistischen Methoden als jener potenzielle Verlust – ausgedrückt in Geldeinheiten – berechnet, der mit einer Wahrscheinlichkeit von $p\%$ nicht überschritten wird, wenn das Portfolio über die Haltdauer hinweg konstant beibehalten wird. Verluste, die den VaR überschreiten, treten also nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit $[(1-p)\%]$ auf. Über die Höhe solcher „großen“ Verluste macht ein VaR-Modell aber keine Aussage. Dies ist der erste Hauptgrund, warum man Krisentests als Ergänzung benötigt: Es sollen die möglichen extremen Verluste abgeschätzt werden.

Der zweite wesentliche Grund, warum parallel zu VaR-Berechnungen Krisentests durchgeführt werden sollen, besteht in einem gewissen Misstrauen gegenüber den Annahmen, die den meisten VaR-Berechnungen zu Grunde liegen. Auch der Multiplikator, der bei der Ermittlung des regulatorischen Eigenkapital-Erfordernisses auf den VaR anzuwenden ist, hat den Zweck, die verbleibende Modellunsicherheit zu absorbieren.

Es sind vornehmlich zwei Annahmen, deren Gültigkeit fraglich ist. Zum einen wird von der zeitlichen Konstanz des Verhaltens der Märkte ausgegangen. Nur für den Fall, dass sich die

Märkte in Zukunft so verhalten wie in der Vergangenheit, können Modelle zuverlässige Ergebnisse liefern. Es hat jedoch bisher immer wieder Brüche im Verhalten der Märkte gegeben. Solche Brüche können unterschiedliche Gründe haben, beispielsweise echte Krisensituationen wie Kriege oder Umweltkatastrophen, eine Änderung in der Zins- oder Wechselkurspolitik von Zentralbanken, Spekulationsattacken gegen Währungen oder Ähnliches. Als Krise im engeren Sinn soll daher ein Bruch in der zeitlichen Konstanz des Verhaltens eines Marktes verstanden werden. Durch Krisentests soll unter anderem das Verlustpotenzial, das sich aus dem Bruch der Marktkonstanz ergibt, abgeschätzt werden.

Die zweite Annahme, die einer Vielzahl von VaR-Modellen zu Grunde liegt, ist die Normalverteilung der Änderung der Risikofaktoren. Es ist aber hinlänglich bekannt, dass die Änderungen in Finanzzeitreihen in der Regel nicht normalverteilt sind, sondern dass diesen Zeitreihen Verteilungen mit wesentlich dickeren Enden (Fat Tails) zu Grunde liegen. Extreme Änderungen in den Risikofaktoren sind daher wesentlich wahrscheinlicher als unter der Normalverteilungsannahme. So gab es an den Aktienmärkten beim Crash im Jahr 1987 Einbrüche im Bereich von zehn bis zwanzig Standardabweichungen. Aus nachfolgender Tabelle wird klar, dass unter der Annahme der Normalverteilung solche Kurseinbrüche nicht eintreten dürften.

Wahrscheinlichkeiten extremer Veränderungen unter der Annahme einer Normalverteilung

k	Wahrscheinlichkeit eines Kurseinbruchs von k Standardabweichungen oder mehr
5	$6 \cdot 10^{-7}$
6	$2 \cdot 10^{-9}$
7	$3 \cdot 10^{-12}$

Tabelle 1

Für Krisentests werden keine statistischen Annahmen über die Verteilungen von Änderungen von Risikofaktoren getroffen. Daher werden die Ergebnisse von Krisentests durch Fat Tails nicht verfälscht.

Da bei Krisentests die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der einzelnen Szenarien nicht quantifiziert wird, eignen sich Krisentests als Kontrolle bzw. Ergänzung von statistischen Risikokennzahlen wie dem Value at Risk. Bei der Modellkontrolle liegt der Schwerpunkt bei den statistischen Modellannahmen. Das einem internen Modell zu Grunde liegende Pricing-Modell kann durch Krisentests nicht bzw. nur partiell kontrolliert werden, da sich die bei Krisentests durchzuführende Portfoliobewertung ihrerseits auf ein Pricing-Modell stützt.

Zwar machen Krisentests keinerlei präzise Angaben über die Wahrscheinlichkeit von Szenarien, dennoch müssen Szenarien eine gewisse Plausibilität haben. Zur Einschätzung der Plausibilität ist zumindest eine grobe Vorstellung über die Wahrscheinlichkeit der Szenarien nötig.

1.4 Schwächen von Value at Risk und Stärken von Krisentests: Ein Beispiel

Ein Beispiel dafür, dass Krisentests bei der Risikoeinschätzung von Finanztransaktionen – speziell als Ergänzung zu VaR-Berechnungen – eingesetzt werden sollten, wird in Gay et al. (1999) gegeben.

Das koreanische Investmenthaus SK Securities Co. musste Ende Jänner 1998 einen Verlust von 189 Mio. USD aus einem Total Return Swap hinnehmen. Der Swap wurde Ende Jänner 1997 mit einer Laufzeit von einem Jahr abgeschlossen. Er sah eine Ausgleichszahlung am Ende der Laufzeit vor, deren Höhe von den Wechselkursen der asiatischen Währungen Thailändischer Baht (THB), Indonesische Rupie (IDR) und Japanischer Yen (JPY) gegenüber dem USD abhing. Im Wesentlichen war vereinbart worden, dass SK Securities am Ende der Laufzeit den Betrag

$$N \cdot \left[5 \cdot \left(\frac{B_0}{B_2} - 1 \right) + \text{Max} \left(0, \frac{3 \cdot R_0 - R_1 - R_2}{R_2} \right) + \text{Max} \left(0, 1 - \frac{Y_0}{Y_2} \right) - 0,97 \right] \quad (1.1)$$

erhält bzw. den Betrag zahlt, falls dieser negativ ist. Dabei bezeichnet N das Nominale von 53 Mio. USD, B_0 (B_2), R_0 (R_2) bzw. Y_0 (Y_2) den USD-Kurs von Baht, Rupie bzw. Yen zu Beginn (Ende) der Laufzeit und R_1 den USD-Kurs der Rupie ein halbes Jahr nach Geschäftsabschluss (alle Kurse pro 1 USD).

Wären die Kurse über die Laufzeit konstant geblieben, hätte SK Securities eine Zahlung in der Höhe von $N \cdot 0,03 = 1,59$ Mio. USD erhalten. Aus (1.1) ist ersichtlich, dass eine für SK Securities ungünstige Entwicklung in einer Abwertung des Baht gegenüber dem USD ($B_2 > B_0$) bestanden hätte. Auch eine Abwertung der Rupie wäre für SK Securities ungünstig gewesen, während eine Aufwertung von Baht oder Rupie oder eine Abwertung des Yen günstig gewesen wären.

Die Entscheidung von SK Securities, den Swap einzugehen, stützte sich auf historische Kursentwicklungen und Volatilitäten der involvierten Währungen. Die historischen Daten suggerierten ein relativ geringes Risiko. Die Thailändische Zentralbank verfolgte zum Zeitpunkt des Geschäftsabschlusses und auch in den Jahren davor eine Politik der strikten Bindung des Baht an einen Währungskorb, der zwar offiziell nie bekanntgegeben wurde, von dem aber angenommen wird, dass er aus 80% USD, 12% JPY und 8% DEM bestand. Die Indonesische Zentralbank

verfolgte das Ziel, den Wertverlust der Rupie gegenüber dem USD auf maximal 5% pro Jahr zu begrenzen. Die Japanische Zentralbank hingegen hielt sich weitestgehend aus Kursinterventionen für den Yen heraus. Die unterschiedlichen Kursziele der Zentralbanken spiegeln sich in den historischen Volatilitäten der Wechselkurse zum USD wider: Je stärker die Bindung an den USD, desto geringer die Volatilität. Dies ist auch aus Tabelle 2 ersichtlich, in der annualisierte historische Volatilitäten, denen ein Beobachtungszeitraum von 26 Wochen vor dem 29.1.1997 zu Grunde liegt, angegeben sind.

Annualisierte historische Volatilitäten gegenüber USD;
Beobachtungszeitraum: 6.8.1996 bis 28.1.1997; Aus: Gay et al. (1999)

Währung	THB	IDR	JPY
Volatilität	1,23%	2,20%	6,88%

Tabelle 2

Die involvierten Zentralbanken setzten auch nach Abschluss des Swap ihre jeweilige Währungspolitik fort. Nachdem jedoch die Thailändische Zentralbank große Teile ihrer Währungsreserven zur Verteidigung des Baht gegen Spekulationsattacken verbraucht hatte, beschloss sie am 2.7.1997, ihre Interventionen zu Gunsten einer Verbesserung der Exportmöglichkeiten Thailands aufzugeben. Dies führte zu einer sofortigen Abwertung des Baht gegenüber dem USD um 16%. In der Folge erlitten auch die Währungen anderer Länder der Region einen Wertverlust gegenüber dem USD. So gab die Indonesische Zentralbank am 14.8.1997 das Halten ihres Kursziels auf. In Tabelle 3 ist angegeben, um wieviel die beim Swap involvierten Währungen im Zeitraum von Ende Jänner 1997 bis Ende Jänner 1998 gegenüber dem USD an Wert verloren.

Wertverlust gegenüber USD im Zeitraum 29.1.1997 bis 29.1.1998; Quelle: Datastream

Währung	THB	IDR	JPY
Wertverlust gegenüber USD	51,8 %	77,9 %	2,9 %

Tabelle 3

Ein zum Zeitpunkt des Abschlusses des Swap in USD berechneter VaR für Baht- bzw. Rupie-Positionen mit 99% Konfidenzniveau und einem Jahr Haltedauer bei Annahme einer Normalverteilung für die relativen Wechselkursänderungen hätte unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Volatilitäten die tatsächlich eingetretenen Verluste um das 18- bzw. 15-fache unterschätzt (z.B. VaR für 100 USD in Baht: $\text{VaR} = 100 \text{ USD} \cdot 0,0123 \cdot 2,326 = 2,86 \text{ USD}$; tatsächlicher Verlust: 51,8 USD).

In Gay et al. (1999) wird gezeigt, dass auch für den gesamten Swap zum Zeitpunkt des Geschäftsabschlusses VaR-Berechnungen den tatsächlich eingetretenen Verlust dramatisch unterschätzt hätten. Eine von den Autoren durchgeführte Monte Carlo-Simulation ergibt bei einem Konfidenzniveau von 99% einen VaR von 16 Mio. USD. Der tatsächliche Verlust (189 Mio. USD) wäre dadurch um das 12-fache unterschätzt worden.

In diesem Fall hätte ein Krisentest eine einfache Methode dargestellt, um das im Geschäft enthaltene Risiko zu analysieren bzw. um ein Gefühl für dieses Risiko zu entwickeln. Die in Tabelle 3 dargestellten Wertänderungen stellen ein Szenario dar, im vorliegenden Fall genau jenes Szenario, das dann auch tatsächlich eingetreten ist. Krisentests bestehen im Wesentlichen darin, Szenarien vorzugeben und die Wertveränderung eines Finanzinstruments oder eines Portfolios von Finanzinstrumenten bei Eintreten der Szenarien zu ermitteln.³ Von Interesse sind besonders solche Szenarien, die einen großen Verlust verursachen. Die adäquate Auswahl von Szenarien ist ein wesentlicher Bestandteil jedes Krisentest-Programms. Die Abschnitte 3 und 4 beschäftigen sich ausschließlich mit Methoden der Szenarienwahl. Auf Grund der zuvor angestellten Überlegungen, welche Wechselkursänderungen sich auf den Cash-Flow (1.1) zu Ungunsten von SK Securities auswirken, hätten beispielsweise die drei in Tabelle 4 angegebenen Szenarien, die einer leichten, einer mittleren und einer schweren Krise entsprechen, definiert werden können und die zugehörigen Verluste mit einfachen Mitteln berechnet werden können. Die Prozentzahlen in Tabelle 4 geben die angenommenen Wertveränderungen der Währungen zum USD innerhalb der einjährigen Laufzeit an. Die Prozentzahlen in Klammern bei IDR geben die unterstellten Wertveränderungen zur Hälfte der Laufzeit an.

Verlust aus dem Cash-Flow (1.1) unter drei verschiedenen Szenarien

	THB	IDR	JPY	Verlust
Szenario 1: Leichte Krise	-15%	-15% (-8%)	0%	58,0 Mio. USD
Szenario 2: Mittlere Krise	-30%	-30% (-15%)	0%	116,3 Mio. USD
Szenario 3: Schwere Krise	-50%	-50% (-30%)	0%	183,9 Mio. USD

Tabelle 4

Die Ergebnisse vermitteln einen wesentlich drastischeren Eindruck vom Verlustpotenzial des gegenständlichen Geschäfts als die zuvor erwähnte VaR-Zahl von 16 Mio. USD und sind zudem wesentlich leichter zu berechnen als diese. Es ergibt sich freilich die Frage, ob man – a priori – bereit ist, an die Möglichkeit des Eintretens der Szenarien zu glauben. A posteriori erscheint sogar Szenario 3 als völlig realistisch. Die Frage ist, ob es auch zu Beginn des Jahres 1997 von den Entscheidungsträgern bei SK Securities als plausibel akzeptiert worden wäre. Bei solchen Fragen spielt immer ein gewisses Fingerspitzengefühl eine Rolle. Im konkreten Fall hätte die Sicht der

³ *Genauer dazu in den Abschnitten 2.1 und 2.2.*

Dinge im volkswirtschaftlichen Kontext den Glauben an die zeitliche Konstanz der Wechselkursschwankungen sicherlich relativiert.

1.5 Anwendungsbereich des Leitfadens

Dieser Leitfaden beschränkt sich im Wesentlichen auf Krisentests, in denen das Schlagendwerden des Marktrisikos beleuchtet wird. Inwieweit in solchen Tests Liquiditätskrisen berücksichtigt werden können bzw. implizit schon berücksichtigt sind, wird in Abschnitt 2.3 behandelt. Aspekte des Kreditrisikos werden in Abschnitt 2.4 angesprochen.

Im Vergleich zur großen Anzahl an Publikationen zum Thema *Value at Risk* gibt es zum Thema *Krisentests* nur spärlich Literatur. Nicht zuletzt auf Grund der immer wieder geäußerten Kritik an Value at Risk-Modellen und dem Ruf nach Krisentests als Alternative bzw. Ergänzung zu solchen Modellen dürfte in nächster Zeit wohl mit einer vermehrten Publikationstätigkeit in diesem Bereich zu rechnen sein.

Auch von Seiten der Bankenaufsicht gibt es derzeit noch keine konkreten, international anerkannten Standards in Bezug auf Krisentests, jedoch schenken verschiedene nationale Aufsichtsbehörden dem Thema vermehrt Interesse. Um künftige internationale Entwicklungen nicht zu präjudizieren, ist der Leitfaden zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch relativ allgemein gehalten. Konkrete Anforderungen an Modellanwender sind in Abschnitt 5 zusammengefasst. Sobald sich wesentliche neue Erkenntnisse über die Durchführung von Krisentests ergeben bzw. sich konkretere aufsichtliche Standards etablieren, werden diese in einer nächsten Auflage berücksichtigt werden.

Keineswegs soll jedoch einer zu starken Reglementierung von Krisentests das Wort gesprochen werden. Aufbauend auf gewissen Mindestanforderungen sind gerade auf diesem Gebiet der Fantasie des Risikomanagements keine Grenzen gesetzt. Speziell die Festlegung von Krisenszenarien ist eine Tätigkeit, die nicht ab einem gewissen Zeitpunkt definitiv abgeschlossen ist, sondern die dynamisch, möglichst unter Beteiligung einer breiten Basis von Experten verschiedener Fachbereiche, weiterverfolgt werden soll. Auch der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996) spricht sich ausdrücklich dafür aus, dass Banken bei der Durchführung von Krisentests einen Ermessensspielraum haben sollen. Deswegen werden in Abschnitt 5 nur die *Mindestanforderungen* an die österreichischen Kreditinstitute aufgelistet. Sie stehen in Einklang mit internationalen Standards.

2 Allgemeine Gesichtspunkte bei der Durchführung von Krisentests

2.1 Was ist ein Krisentest

Das Konzept von Krisentests baut darauf auf, dass der Wert eines Portfolios von *Marktrisikofaktoren* (*Risikofaktoren*) abhängt. Bezeichnen wir die Risikofaktoren, die den Wert des Portfolios beeinflussen, mit r_1, r_2, \dots, r_n und die Funktion, die den Wert des Portfolios festlegt, wenn die Werte aller Risikofaktoren gegeben sind, mit P . Die Werte der Risikofaktoren r_1, r_2, \dots, r_n charakterisieren den Marktzustand, soweit er für das Portfolio von Bedeutung ist. Man kann die Risikofaktoren zu einem Vektor $\mathbf{r} := (r_1, r_2, \dots, r_n)$ zusammenfassen, der den Marktzustand beschreibt. Der Wert des Portfolios im Marktzustand \mathbf{r} ist dann $P(\mathbf{r})$. In Zukunft wollen wir mit \mathbf{r}_{MM} den Vektor der aktuellen Werte der Risikofaktoren, also den momentanen Marktzustand, bezeichnen. MM steht für „momentaner Marktzustand“. $P(\mathbf{r}_{MM})$ ist dann der aktuelle Wert des Portfolios.

Als Portfolio kann das gesamte Handelsbuch der Bank betrachtet werden. In diesem Fall handelt es sich um bankweite Krisentests. Modellanwender müssen diese laut Modellverordnung vierteljährlich und im Anlassfall durchführen. Zusätzlich werden in der Praxis häufig Krisentests für Teilportfolios durchgeführt. Dies kann zum Beispiel auf der Ebene einzelner Geschäftsbereiche, Handelseinheiten, Händler oder für Einzelinstrumente (so wie im Beispiel aus Abschnitt 1.4) stattfinden. Diese Krisentests auf tieferer Ebene finden meist im Bedarfsfall statt und werden vom Management des betreffenden Bereichs angeordnet. Die Szenarien dafür sind auf die Bedürfnisse des Bereichs zugeschnitten.

Die Wahl der Risikofaktoren hängt vom Portfolio ab. Nicht alle Portfolios werden von den gleichen Risikofaktoren beeinflusst. Die Menge der Risikofaktoren muss so gewählt sein, dass sie alle Größen, die den Wert des Portfolios beeinflussen können, enthält. Sie kann aber auch größer sein. Dies ist sinnvoll, da dann Portfolioumschichtungen ohne Hinzunahme neuer Risikofaktoren möglich sind. Die Wahl der Risikofaktoren ist nicht eindeutig. Der Wert des Portfolios kann als Funktion verschiedener Mengen von Risikofaktoren betrachtet werden. Beispielsweise kann man im Zinsbereich Diskontfaktoren oder Zinssätze als Risikofaktoren wählen. Die Funktion P hängt vom Portfolio ab; ein anderes Portfolio hat eine andere Bewertungsfunktion. P wird oft nicht als explizite Funktion der Risikofaktoren gegeben sein. Vor allem der Wert von Portfolios mit exotischen Optionen wird meist in einem Bewertungsprozess und nicht durch eine Bewertungsfunktion bestimmt. Die Bewertung eines Portfolios oder einzelner Positionen durch Monte Carlo-Simulation ist ein solcher Bewertungsprozess.

Krisentests beantworten die Frage „Was wäre, wenn plötzlich der Marktzustand r einträte?“ Als Szenario wird also der plötzliche Eintritt des Marktzustands r angesehen. Szenarien können daher mit Marktzuständen identifiziert und somit als Vektoren r dargestellt werden. Im allgemeinen Sprachgebrauch ist ein Szenario eine mögliche zukünftige Entwicklung. Im Zusammenhang mit Krisentests ist ein Szenario ein möglicher künftiger Marktzustand. In dieser Sprechweise bezeichnet der Begriff Szenario also nicht mehr einen Prozess, sondern nur den Endzustand. Für die Nachbildung von Krisen auf Finanzmärkten ist dieser Bedeutungswandel begründet. Solche Krisen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Marktteilnehmer mit einer plötzlich veränderten Marktsituation konfrontiert sind. Dies kann zum Beispiel durch drastisch angestiegene Volatilitäten verursacht sein: Wenn sich die Preise so schnell bewegen, dass innerhalb der Reaktionszeit der Marktteilnehmer keine Umschichtung des Portfolios mehr möglich ist, muss das Portfolio zu den veränderten Marktbedingungen neu bewertet werden. Derselbe Effekt tritt in Liquiditätskrisen auf: Für einen Marktteilnehmer sind nur jene Preise relevant, zu denen er seine Positionen im gewünschten Ausmaß umschichten kann. In illiquiden Märkten ist kein Handel in der Nähe der zitierten Marktpreise möglich. Eine Umschichtung des Portfolios wird daher nur später und zu sprunghaft veränderten Preisen möglich sein. Selbst wenn sich die zitierten Marktpreise stetig bewegen, verändern sich in einer Liquiditätskrise die für die Marktteilnehmer relevanten Preise sprunghaft.

Bei Krisentests werden Szenarien r_1, r_2, \dots, r_k nach gewissen Kriterien ausgewählt und es wird berechnet, wieviel das zurzeit gehaltene Portfolio unter diesen Szenarien wert ist. Diese Portfoliowerte sind durch $P(r_1), P(r_2), \dots, P(r_k)$ gegeben. Durch Vergleich mit dem aktuellen Portfoliowert $P(r_{MM})$ kann beurteilt werden, welche Verluste entstehen, wenn sich der Marktzustand plötzlich von r_{MM} nach r_i ($i=1, \dots, k$) bewegt, ohne dass das Portfolio umgeschichtet werden kann.

2.2 Portfoliobewertung: Lineare Approximation oder vollständige Neubewertung

Szenarien zu analysieren heißt zuerst einmal, den Wert eines gegebenen Portfolios unter der Annahme zu bestimmen, die Risikofaktoren hätten statt ihrer tatsächlichen Werte $r_{MM} = (r_{MM,1}, r_{MM,2}, \dots, r_{MM,n})$ die im Szenario zusammengefassten Werte $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$. Bei der *vollständigen Neubewertung* des Portfolios wird die Bewertungsfunktion direkt auf die neuen Werte r der Risikofaktoren angewandt. Der Wert des Portfolios im Szenario r ist dann $P(r)$.

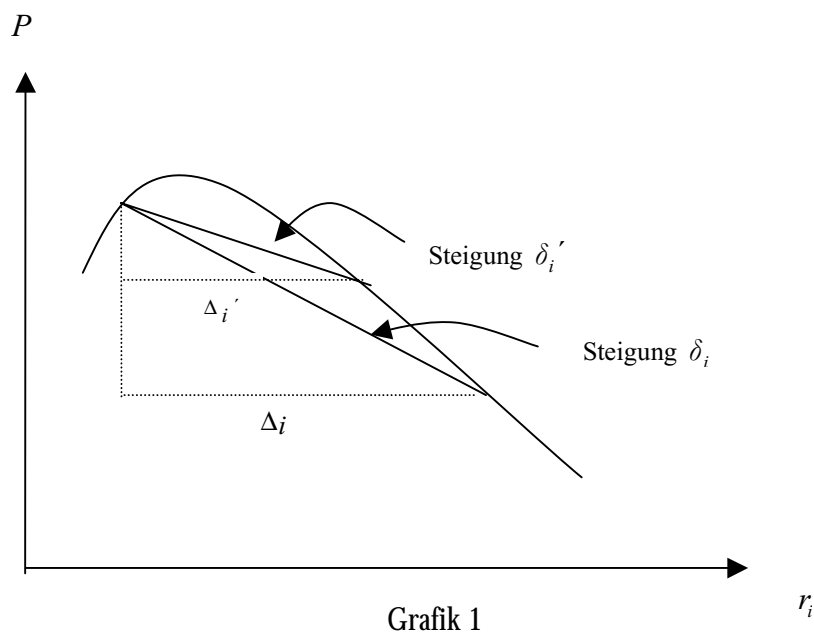
Die *lineare Approximation* verwendet die Sensitivitäten δ_i des Portfoliowertes gegenüber den einzelnen Risikofaktoren. Sensitivitäten sind Kennzahlen, die für einen Risikofaktor angeben, wie empfindlich der Wert des gegebenen Portfolios auf Änderungen im betreffenden Risiko-

faktor reagiert. Je größer der Betrag der Sensitivität, desto empfindlicher hängt der Portfoliowert von diesem Risikofaktor ab. Die Sensitivitäten werden folgendermaßen ermittelt: Zuerst werden für alle Risikofaktoren „typische“ Veränderungen $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ gewählt. Für jeden Risikofaktor wird dann die Sensitivität δ_i berechnet:

$$\delta_i = \frac{P(r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) - P(r_1, \dots, r_i + \Delta_i, \dots, r_n)}{\Delta_i}.$$

Die Sensitivitäten δ_i entsprechen der durchschnittlichen Steigung der Bewertungsfunktion P über die Entfernung Δ_i . Sie hängen von der Wahl der Δ_i ab, falls die Bewertungsfunktion P nicht linear im i -ten Risikofaktor ist.

Unterschiedliche Steigungen bei Verwendung unterschiedlicher Δ_i



Aus den Sensitivitäten wird ein angenäherter Portfoliowert \bar{P} gemäß

$$\bar{P}(r_1, r_2, \dots, r_n) = P(r_{MM,1}, r_{MM,2}, \dots, r_{MM,n}) + \sum_{i=1}^n (r_i - r_{MM,i}) \delta_i$$

berechnet. \bar{P} ist die lineare Approximation der Bewertungsfunktion um die Stelle r_{MM} . Wann ist es nun erlaubt, statt der vollständigen Neubewertung des Portfolios die lineare Approximation des Portfoliowertes zu verwenden – und wann ist es effizient?

Zuerst zur Frage der Effizienz: Die Berechnung der Sensitivitäten erfordert n vollständige Neubewertungen des Portfolios. Falls nur wenige Szenarien zu analysieren sind, ist also die vollständige Neubewertung effizienter und genauer als die lineare Approximation. Effizienter ist die Verwendung der Approximation überhaupt nur dann, wenn die vollständige Neubewertung des Portfolios sehr viel Rechenaufwand verursacht und wenn zusätzlich entweder die Sensitivitäten bereits zu anderen Zwecken berechnet wurden und jetzt ohne zusätzlichen Rechenaufwand zur Verfügung stehen oder die Zahl der zu analysierenden Szenarien wesentlich größer als die Zahl n der Risikofaktoren ist.

Zur Frage der Zulässigkeit der linearen Approximation: Generell gilt, dass die lineare Approximation $\bar{P}(r)$ nicht den richtigen Wert $P(r)$ des Portfolios im Szenario r liefert, wenn die Bewertungsfunktion P in jenen Risikofaktoren nicht linear ist, bei denen sich das Szenario r vom gegenwärtigen Zustand r_{MM} unterscheidet. Der Fehler der linearen Approximation wird meistens klein sein, wenn für jene Risikofaktoren, in denen die Bewertungsfunktion P nicht linear ist, der Abstand $r_i - r_{MM,i}$ ungefähr gleich dem typischen Abstand Δ_i ist, der für die Berechnung der Sensitivität δ_i herangezogen wurde. Falls also die Sensitivitäten eigens für die lineare Approximation berechnet werden, ist es am günstigsten, zur Berechnung der Sensitivitäten die Veränderung Δ_i so zu wählen, dass $r_{MM,i} + \Delta_i$ nahe bei den r_i jener Szenarien liegt, die analysiert werden sollen.

Ohne Bedenken kann die lineare Approximation nur für Szenarien angewandt werden, in denen gegenüber dem momentanen Zustand r_{MM} nur Risikofaktoren verändert wurden, von denen der Portfoliowert linear abhängt. Ob der Portfoliowert linear von den Risikofaktoren abhängt, wird nicht allein vom Portfolio bestimmt, sondern auch von der Wahl der Risikofaktoren. Der Wert eines Portfolios – aufgefasst als Funktion bestimmter Risikofaktoren – kann linear in diesen Faktoren sein, während er – aufgefasst als Funktion anderer Risikofaktoren – in diesen nicht mehr linear ist. Es gibt somit kein schlechthin lineares Portfolio.

Beispiel:

Der Wert einer Anleihe hängt linear von den Diskontfaktoren ab, aber nicht linear von den zu Grunde gelegten Zinssätzen. Wenn man als Risikofaktor die Diskontfaktoren betrachtet, ist ein Anleihen-Portfolio linear; wenn man die Zinssätze als Risikofaktoren wählt, ist das Anleihen-Portfolio nicht linear.

2.3 Liquiditätskrisen

Sowohl der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 3) als auch die österreichische Modellverordnung (§ 7 Abs 2) verlangen die Berücksichtigung von Liquiditätskrisen:

„Die Krisentests sollten [...] die Marktrisiko- als auch die Liquiditätsaspekte von Marktstörungen erfassen.“

Grundsätzlich können zwei Arten von Liquiditätsrisiko unterschieden werden: Erstens kann einer Bank plötzlich die Finanzierungsliquidität fehlen, die notwendig ist, um gewisse Positionen weiterhin *halten* zu können. Zum Beispiel können auf Grund einer veränderten Marktsituation plötzlich Einschusszahlungen oder zusätzliche Sicherheiten notwendig werden. Diese Art von Liquiditätskrise zu vermeiden ist Aufgabe des Asset-Liability-Management und wird hier nicht weiter behandelt. Zweitens kann plötzlich die Marktliquidität fehlen, um gewisse Positionen *schließen* zu können. Wenn dies passiert, kann man zum zitierten Marktpreis keinen Partner finden, der die Position übernehmen will. In diesem Fall kann man die Position überhaupt nicht mehr schließen oder nur unter Inkaufnahme einer außergewöhnlich hohen Kauf/Verkaufsspanne. Hier wollen wir nur über letztere Art des Liquiditätsrisikos, nämlich fehlende Marktliquidität, sprechen.

Fehlende Marktliquidität kann mehrere Ursachen haben: Manche Märkte sind traditionell illiquid. Andere, normalerweise liquide, Märkte können gelegentlich Liquiditätsschocks erleiden, zum Beispiel bei überraschenden wirtschaftlichen oder politischen Nachrichten. Schließlich kann die Exponierung eines Marktteilnehmers auf einem bestimmten Markt so groß sein, dass eine Auflösung seiner Positionen die Marktliquidität zerstört.

Was auch immer die Ursache fehlender Marktliquidität ist, in illiquiden Märkten ist kein Handel in der Nähe der zitierten Marktpreise möglich. Eine Umschichtung des Portfolios wird daher – gleichgültig ob jetzt oder später – nur zu sprunghaft veränderten Preisen möglich sein. Für einen Portfoliomanager sind nur jene Preise relevant, zu denen er seine Positionen im gewünschten Ausmaß umschichten kann. Selbst wenn sich die zitierten Marktpreise stetig bewegen, verändern sich in einer Liquiditätskrise die für den Portfoliomanager relevanten Preise *sprunghaft*. Genau in der gleichen Situation befindet sich ein Portfoliomanager in einer Marktrisiko-Krise: Auf Grund drastisch angestiegener Volatilität verändern sich die Preise so rasch, dass er bei begrenzter Reaktionsgeschwindigkeit seine Positionen im von ihm gewünschten Ausmaß nur zu sprunghaft veränderten Preisen umschichten kann. Liquiditätsrisiko und Marktrisiko haben dieselben negativen Folgen, wenn sie schlagend werden, nämlich sprunghafte Veränderungen des Marktzustands. Eine kontinuierliche Umschichtung des Portfolios wird unmöglich. Für den Portfoliomanager ist es gleichgültig, ob eine sprunghafte Marktveränderung sozusagen über

Nacht erfolgt ist und er erst am nächsten Tag die Positionen umschichten kann, oder ob er bei einer schleichenden Marktveränderung wegen mangelnder Marktliquidität erst nach längerer Zeit seine Positionen umschichten kann.

Beide Situationen – die Liquiditätskrise und die Marktrisiko-Krise – werden in Krisentests dadurch nachgebildet, dass das gegebene Portfolio zu plötzlich sprunghaft veränderten Marktbedingungen neu bewertet wird. Also ist keine eigene Methodik für Liquiditätskrisentests notwendig.

Trotzdem kann es sein, dass zur Nachbildung von Liquiditätskrisen andere Szenarien notwendig sind als zur Nachbildung von Marktrisiko-Krisen. Wenn man zum Beispiel aus historischen Daten die Größe der Sprünge abschätzt, die die einzelnen Risikofaktoren machen, dann wird man zur Nachbildung einer Marktrisiko-Krise am ehesten maximale Eintages-Veränderungen – oder besser maximale Veränderungen innerhalb des Reaktionszeitraums der Bank – wählen. Zur Nachbildung von Liquiditätskrisen wird man für das Szenario eher die Maximalveränderung innerhalb eines Zeitraums wählen, der der Dauer der Liquiditätskrise entspricht. Der in Abschnitt 3.2 definierte n -Tages-Drawdown ist eine obere Schranke für die Sprünge der Risikofaktoren innerhalb einer Liquiditätskrise, die höchstens n Tage dauert.

2.4 Kreditrisiko

Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 2) verlangt die Berücksichtigung von Kreditrisiken in Krisentests:

„Die Krisenszenarien einer Bank müssen eine Reihe von Faktoren einbeziehen, die zu außerordentlichen Verlusten oder Gewinnen im Handelsbestand führen können oder die Risikokontrolle in diesem Bereich sehr erschweren. Zu diesen Faktoren gehören Ereignisse von geringer Wahrscheinlichkeit in allen bedeutenden Risikoarten einschließlich der verschiedenen Komponenten von Markt-, Kredit- und Betriebsrisiko.“

Warum sollen Risikoarten wie das Kreditrisiko, die vom Value at Risk-Modell zur Marktrisiko-kontrolle nicht erfasst werden, in Krisentests einbezogen werden? Die Berücksichtigung der Wechselwirkung von Markt- und Kreditrisiko ist sehr wichtig, weil eine getrennte Betrachtung von Markt- und Kreditrisiko wesentliche Gefahren nicht erfasst. Value at Risk-Modelle, die dies leisten können, befinden sich noch im Stadium der Entwicklung. Von Krisentests erhofft man sich Abhilfe.

Ein Beispiel soll die Bedeutung der Wechselwirkung von Markt- und Kreditrisiko illustrieren. Einige westliche Banken schlossen in der ersten Hälfte 1998 Rubel-Termingeschäfte mit russischen Banken ab: Zu einem gewissen Liefertermin werden von russischen Banken Dollar gegen Rubel zu einem vorher vereinbarten Terminkurs gekauft. Meistens waren diese Geschäfte durch entsprechende Gegengeschäfte mit anderen westlichen Banken voll abgesichert. *Das Marktrisiko dieser Geschäfte – unter Vernachlässigung des Ausfallsrisikos – war also praktisch null.* Das Ausfallsrisiko gegenüber den russischen Banken war beschränkt auf die Differenz zwischen dem vereinbarten Rubelkurs, zu dem Dollar an die westlichen Banken geliefert werden mussten, und dem Rubel-Wiederbeschaffungswert (also dem Kassakurs am Liefertermin) der von den russischen Banken nicht gelieferten Dollar. Der vereinbarte Terminkurs lag meist sehr nahe am Kassakurs bei Geschäftsabschluss, da auf Grund der lange unveränderten Wechselkurse auch für die Zukunft keine Kursschwankungen erwartet wurden. Wenn sich der Rubelkurs nicht verändert, ist das Ausfallsrisiko gegenüber den russischen Banken nahe bei null, da die von den russischen Banken nicht gelieferten Dollar am Markt zu sehr ähnlichen Preisen gekauft werden können. *Deshalb war auch das Ausfallsrisiko dieser Geschäfte – unter Vernachlässigung des Marktrisikos – praktisch null.* Wenn man also Markt- und Ausfallsrisiko getrennt betrachtet, dann sind beide praktisch null. Betrachtet man hingegen die Wechselwirkung zwischen Markt- und Ausfallsrisiko, ergibt sich folgende Situation: Wenn *gleichzeitig* der Rubelkurs fällt und eine russische Bank ausfällt, dann müssen am Markt Dollar zum teuren Rubel-Kassakurs gekauft und zum billigen Terminkurs an die westlichen Banken geliefert werden. Erst durch den Ausfall der russischen Banken entstand ein Marktrisiko. Positionen, die vorher geschlossen waren, waren plötzlich offen. *Die Wechselwirkung von Markt- und Ausfallsrisiko kann zu enormen Verlusten führen.* Dieses Beispiel zeigt, dass die integrierte Betrachtung von Markt- und Kreditrisiko von großer Bedeutung ist.

In diesem Beispiel arbeitet ein bekannter Koppelungsmechanismus zwischen Kredit- und Marktrisiko: Veränderungen der Marktrisiko-Faktoren führen zu Veränderungen des Wertes von Forderungen und Verbindlichkeiten von Gegenparteien und damit zu Veränderungen des Verlusts bei Ausfall. Umgekehrt führt der Ausfall eines großen Akteurs am Markt auch zu starken Schwankungen der Marktrisiko-Faktoren.

Wie kann nun das Ausfallsrisiko in Krisentests einbezogen werden? Dafür ist es notwendig abzuschätzen, wie die Kreditverluste von den Marktrisiko-Faktoren abhängen. Das setzt eigentlich ein integriertes Kredit- und Marktrisikomodell voraus. Einige Kreditrisikomodelle, wie zum Beispiel CreditPortfolioViewTM von McKinsey oder PortfolioManagerTM von KMV, berücksichtigen den momentanen Zustand der Volkswirtschaft und verschiedener Marktrisiko-Faktoren. Aber auch bei diesen Modellen handelt es sich nicht um integrierte Kredit- und Marktrisikomodelle.

Eine relativ einfache Möglichkeit das Ausfallsrisiko in Krisentests einzubeziehen ist folgende: Für Worst Case-Szenarien ist die vereinfachende Annahme gerechtfertigt, dass der Verlust bei Aus-

fall einer Gegenpartei gleich dem Marktwert der Forderungen in voller Höhe ist, dass also von der ausgefallenen Gegenpartei nichts mehr eingetrieben werden kann. Bei der Wahl eines Kredit-Krisenszenarios muss dann zweierlei festgelegt werden: (1) die Werte der Marktrisikofaktoren und (2) die ausfallenden Gegenparteien. Der Verlust in einem solchen Szenario wird dann folgendermaßen berechnet: Zuerst wird das vom Ausfall betroffene Teilportfolio des Handelsbuches gebildet. Für Gegenparteien, mit denen eine Nettingvereinbarung existiert, besteht das Teilportfolio aus allen Positionen, die mit der betreffenden Gegenpartei abgeschlossen wurden. Für Gegenparteien, mit denen keine Nettingvereinbarung existiert, besteht das Teilportfolio aus allen Positionen, die mit der betreffenden Gegenpartei abgeschlossen wurden und einen positiven Marktwert haben. In einem zweiten Schritt wird dann das vom Ausfall betroffene Teilportfolio unter Verwendung der in (1) gewählten Werte für die Risikofaktoren bewertet.

2.5 Wie hart sollen Krisenszenarien sein

Einerseits ist es das Wesen von Krisentests zu fragen, was in Situationen passiert, mit denen niemand rechnet. Andererseits werden Testergebnisse von Szenarien, die als praktisch ausgeschlossen gelten, von den Adressaten der Testberichte nicht ernst genommen. In dieser Situation scheint es sinnvoll, mehrere, unterschiedlich strenge Szenarien durchzuspielen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass das Risikomanagement des betreffenden Kreditinstituts für die Bestimmung der Szenarien klare Kriterien vor Augen hat und diese Kriterien bei der Interpretation der Ergebnisse der Krisentests berücksichtigt werden. Der Berichtempfänger soll nicht nur die nackten Verlustzahlen erhalten, sondern sich der Härte der zu Grunde liegenden Szenarien bewusst sein. Besonders wünschenswert ist es, dass die Geschäftsleitung in die Vorgabe der Härte der Szenarien eingebunden ist.

2.6 Standardisierte Krisentests

Viele Banken führen regelmäßig Krisentests durch, bei denen das momentane Portfolio unter gewissen Standardszenarien neu bewertet wird. Bei diesen Szenarien handelt es sich oft um Standardszenarien in einem doppelten Sinn: Die Wahl der Szenarien hängt weder von der Bank noch vom Zeitpunkt des Krisentests ab.

Krisentests mit Standardszenarien bieten den großen Vorteil, dass sie Vergleichbarkeit in zweierlei Hinsicht garantieren. Zum einen: Wenn mehrere Banken die gleichen Szenarien betrachten, können die Krisentestergebnisse verschiedener Banken miteinander verglichen werden. Damit kann die Aufsicht die Exponierung der Banken gegenüber jenen Risikokategorien abschätzen, deren Risikofaktoren in den Standardszenarien verändert werden. Zum anderen: Wenn eine Bank immer wieder dieselben Szenarien betrachtet, kann sie die Krisentestergebnisse verschiedener Zeitpunkte miteinander vergleichen. Damit kann sie die zeitliche Veränderung ihrer

Exponierung gegenüber den Risikokategorien der Standardszenarien beobachten (exposure monitoring).

Viele Banken verwenden Standardszenarien, die den von der Derivatives Policy Group (DPG) vorgeschlagen Krisenszenarien ähneln. Die DPG ist ein informelles Gremium von Vertretern großer amerikanischer Banken und Investment-Häuser. Sie bildete sich auf Anregung der Securities Exchange Commission im August 1994, um Verhaltensregeln für den Umgang mit Derivaten zu formulieren. Im „Framework for Voluntary Oversight“ sind diese Verhaltensregeln veröffentlicht.

Dort empfiehlt die DPG auch die Durchführung von Krisentests, um die Exposition eines Portfolios gegenüber bestimmten Kern-Risikofaktoren abzuschätzen. Zu diesen Kern-Risikofaktoren zählt die DPG

- (i) Parallelverschiebungen der Zinsstrukturkurve,
- (ii) Veränderungen in der Steigung der Zinsstrukturkurve,
- (iii) Kombination von Parallelverschiebungen und Steigungsveränderungen der Zinsstrukturkurve,
- (iv) Änderungen der Zinsvolatilitäten,
- (v) Änderungen von Aktienindizes,
- (vi) Änderungen von Aktienindex-Volatilitäten,
- (vii) Änderungen wichtiger Wechselkurse (relativ zum USD),
- (viii) Änderungen der Wechselkurs-Volatilitäten und
- (ix) Änderungen der Swap-Spreads zumindest in den G7-Ländern und der Schweiz.

Um die Exposition gegenüber den Kern-Risikofaktoren abschätzen zu können, empfiehlt die DPG (1995; Section 4, p. 4) folgende Standardszenarien für regelmäßige Krisentests:

- a) Parallelverschiebung der Zinsstrukturkurve um 100 Basispunkte nach oben und nach unten,
- b) Vergrößerung und Verringerung der Steigung der Zinsstrukturkurve (in den Laufzeiten 2 bis 5 Jahre) um 25 Basispunkte,
- c) jedes der vier Szenarien resultierend aus einer Parallelverschiebung der Zinsstrukturkurve um 100 Basispunkte nach oben oder unten kombiniert mit einer Drehung der Zinsstrukturkurve um 25 Basispunkte,
- d) Vergrößerung und Verringerung der Volatilität des 3 Monats-Zinssatzes um 20% des momentanen Niveaus,
- e) Vergrößerung und Verringerung der Aktienindizes um 10%,

- f) Vergrößerung und Verringerung der Aktienindex-Volatilitäten um 20% des momentanen Niveaus,
- g) Auf- und Abwertung ausländischer Währungen um 6% für Hauptwährungen und um 20% für andere Währungen,
- h) Vergrößerung und Verringerung der Wechselkurs-Volatilitäten um 20% des momentanen Niveaus,
- i) Vergrößerung und Verringerung der Swap-Spreads um 20 Basispunkte.

Ein Vergleich dieser DPG-Standardszenarien mit den Tabellen tatsächlicher Maximalveränderungen aus Abschnitt 3 zeigt, dass die DPG-Szenarien teilweise weit von den historisch beobachteten Maximalveränderungen entfernt sind. Deshalb sollte man sie nicht als Nachbildung historischer Krisen oder als Worst Case-Szenarien betrachten.

Weder der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht noch die österreichische Modellverordnung schreibt den Banken vor, regelmäßig Krisentests mit Standardszenarien wie jenen der DPG durchzuführen. Trotzdem können regelmäßige Krisentests mit gleich bleibenden Szenarien ein nützliches Instrument zur kontinuierlichen Überwachung der Exponierung sein. Dies ist auch das Wesen von Krisentest-Limits. Solche Limits spezifizieren für eine bestimmte gleich bleibende Menge von Szenarien, wie groß der Verlust in jedem Szenario sein darf, und was zu geschehen hat, falls diese Grenze überschritten wird.

Die österreichische Bankenaufsicht hat bis jetzt keine Standardszenarien für Krisentests vorgegeben. Die Autoren empfehlen aber den Banken, eigene Szenarien zur kontinuierlichen Überwachung der Exponierung in ihren Schlüsselmärkten zu entwickeln.

2.7 Interpretation von Krisentestergebnissen, Berichtswesen und Notfallpläne

Krisentests dienen in erster Linie der Einschätzung der Eigenkapitalsituation und der Festlegung von Maßnahmen zur Risikominimierung. Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 3) hält in diesem Zusammenhang fest:

„Mittels qualitativer Kriterien sind zwei wichtige Ziele der Krisentests hervorzuheben, nämlich abzuschätzen, ob die Eigenmittel der Bank potentielle große Verluste absorbieren könnten, und Maßnahmen zu ermitteln, mit denen die Bank ihr Risiko vermindern und ihr Eigenkapital erhalten kann. Diese Beurteilung ist unabdingbar für die Festlegung und Beurteilung der Managementstrategie der Bank. Die Ergebnisse der Krisentests sollten routinemäßig der Geschäftsleitung und periodisch auch dem obersten Verwaltungsorgan der Bank mitgeteilt werden.“

Bei der Interpretation der Krisentestergebnisse wird also die erste Frage sein, ob die Bank die Verluste des Krisentests verkraften könnte. Ein Vergleich des Krisentestergebnisses mit den Eigenmitteln der Bank könnte unter Umständen trügerisch sein, denn die Eigenmittel dienen auch zur Absicherung anderer Risiken als des Marktrisikos im Handelsbuch. Würden die anderen Risiken gleichzeitig mit einer Marktkrise schlagend, könnte die Bank in Schwierigkeiten kommen, selbst wenn ihre Eigenmittel für die Marktkrise allein ausreichen. Alternativ werden deshalb die Krisentestergebnisse oft mit dem intern für den Wertpapier-Handel allozierten Risikokapital oder mit dem gesetzlichen Eigenmittel-Erfordernis für das Marktrisiko im Handelsbuch (10-Tages-VaR mal Multiplikationsfaktor) verglichen.

Übersteigt der Verlust im Krisenfall das für den Wertpapier-Handel allozierte Risikokapital oder das gesetzliche Eigenmittel-Erfordernis für das Marktrisiko im Handelsbuch, ist dringender Handlungsbedarf gegeben. Dabei spielt sicherlich die Plausibilität der Krisenszenarien eine entscheidende Rolle. Ist das Krisenszenario sehr plausibel, wird die Geschäftsleitung den Krisentest eher ernst nehmen als wenn das Krisenszenario als ausgeschlossen betrachtet wird.

Praktische Bedeutung bekommen Krisentests erst, wenn die Ergebnisse von jenen Stellen zur Kenntnis genommen und verstanden werden, die die Kompetenz haben, eine Reduktion der Risikoexponierung anzuordnen. Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 8) hält in diesem Zusammenhang Folgendes fest:

„Die Ergebnisse sollten in regelmäßigen Zeitabständen von der Geschäftsleitung geprüft werden und sich in der Politik und den Limits niederschlagen, die von der Geschäftsleitung und dem obersten Verwaltungsorgan festgelegt werden. Falls die Tests überdies besondere Schwachstellen aufzeigen, erwartet die nationale Aufsichtsbehörde von der Bank, dass sie unverzüglich Schritte ergreift, um diese Risiken angemessen zu steuern (z.B. durch Absicherung oder durch Verringerung des Risikoengagements).“

Auch die österreichische Modellverordnung verlangt in § 2 Abs 6:

„Werden bei Krisentests Schwachstellen aufgedeckt, sind unverzüglich Maßnahmen zu ergreifen, um diese Risiken angemessen zu begrenzen. Die Vorgangsweise ist im Risikomanagement-Handbuch festzulegen.“

Und weiter in § 7 Abs 2:

„Mittels qualitativer Kriterien ist abzuschätzen, inwieweit die Eigenmittel eines Kreditinstituts zur Abdeckung potentieller großer Verluste herangezogen werden

können. Weiters sind mögliche Maßnahmen zu erarbeiten, bei deren Umsetzung das Kreditinstitut sein Risiko vermindern und Verluste vermeiden kann.“

Regelmäßig mit unveränderten Szenarien durchgeführte Krisentests eignen sich für eine permanente Überwachung der Risikoexponierung. Insbesondere die Risikoexponierung in Märkten oder Regionen, in denen eine Bank besonders engagiert ist, wird häufig durch regelmäßige Krisentests überwacht. Meist werden zu diesem Zweck vermutete Worst Case-Szenarien im jeweiligen Markt regelmäßig durchgespielt. Krisentest-Limits spezifizieren, wie groß der Verlust in diesen Szenarien sein darf, und was zu geschehen hat, wenn im Krisentest diese potenzielle Verlustobergrenze überschritten wird. Dabei ist es weniger wichtig, dass das vermutete Worst Case-Szenario den Ablauf einer tatsächlichen Krise im jeweiligen Markt genau vorhersagt, sondern dass der Verlust im vermuteten Worst Case-Szenario ein gutes Maß für die Exponierung im jeweiligen Markt ist.

Krisentests mit Szenarien, bei denen Risikofaktoren in vielen verschiedenen Märkten verändert werden, führen nicht direkt zu praktischen Konsequenzen. Das Wissen über einen alarmierenden Verlust in einem solchen Szenario lässt keinen Rückschluss darauf zu, welche Risikofaktoren oder welche Positionen den Verlust verursacht haben. Solange das nicht klar ist, bleibt auch unklar, mit welchen Absicherungspositionen der potenzielle Verlust reduziert werden kann. Darüber nur Vermutungen anzustellen, ist für ein zielsicheres Risikomanagement nicht ausreichend.

Ist aber bekannt, welche Risikofaktoren in einem Worst Case-Szenario am meisten zu den Verlusten beitragen, können gezielt Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Die Bank kann gezielt Positionen aufnehmen, die Gewinn bringen, wenn die wichtigen Risikofaktoren ihren Worst Case-Wert annehmen. In Abschnitt 4.4.2 wird beschrieben, wie die für ein Worst Case-Szenario wichtigsten Risikofaktoren gefunden werden können.

3 Konstruktion von Krisenszenarien aus historischen Daten

3.1 Warum historische Szenarien

Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 6) verlangt die Konstruktion von Krisenszenarien anhand historischer Krisen:

„Die Banken sollten ihre Portefeuilles einer Reihe von Krisensimulationen unterwerfen und die Ergebnisse der Aufsichtsbehörde mitteilen. Beispielsweise könnte das aktuelle Portefeuille an früheren Perioden erheblicher Turbulenzen gemessen werden, so etwa dem Aktiencrash von 1987, den EWS-Krisen von 1992 und 1993 oder dem Einbruch an den Anleihemärkten im ersten Quartal 1994, wobei sowohl die großen Preisausschläge als auch der plötzliche Liquiditätsschwund während dieser Ereignisse einzubeziehen wären.“

Auch die österreichische Modellverordnung hält in § 7 Abs 3 Z 2 fest, dass der Bundesminister für Finanzen von den Kreditinstituten Informationen über institutsinterne Krisentests in Form der Messung des Portfolios an erheblichen Marktturbulenzen früherer Jahre einholen kann. Dies ist so zu interpretieren, dass Banken Krisentests mit historischen Szenarien durchzuführen haben, und der Finanzminister Informationen über diese Krisentests einholen kann.

Worin besteht eigentlich der Sinn einer Rekonstruktion historischer Krisen? Schließlich fließen historische Daten ja auch in Value at Risk-Modelle ein. Wenn also Krisentests auf denselben Daten aufbauen wie Value at Risk-Modelle, erscheint es fragwürdig, warum Krisentests Ergebnisse liefern sollen, die sich in ihrem Informationsgehalt von Value at Risk-Zahlen unterscheiden.

Ein wesentlicher Unterschied besteht zunächst darin, dass Value at Risk-Modelle im Allgemeinen nur die Daten einer relativ kurzen Vergangenheit, beispielsweise des letzten Jahres, verwenden, während in Krisentests auch weiter zurückliegende Ausnahmesituationen nachvollzogen werden können. Weiters berücksichtigen Value at Risk-Modelle alle Daten der letzten Zeit, auch die Daten ruhiger Marktperioden. Dadurch kommt es zu einer Glättung der Spitzen. Die Modellierung historischer Krisen hingegen betrachtet nur die Perioden heftiger Marktbewegungen und lässt die Daten ruhiger Marktperioden unberücksichtigt. Dadurch können die Spitzen der Ausschläge während einer Krise in ungebrochener Schärfe nachvollzogen werden.

Gegenüber der Worst Case-Szenarien haben aus historischen Daten konstruierte Szenarien den Vorteil, dass sie tatsächlich eingetretene Ereignisse nachbilden. Sie können daher von den Adressaten der Krisentestberichte nicht ohne weiteres mit der Bemerkung beiseite geschoben werden, dass solche Szenarien ohnedies nie eintreten werden.

Der Konstruktion von Krisenszenarien aus historischen Daten liegt die Annahme zu Grunde, dass vergangene Krisen ähnlich sind wie zukünftige Krisen. Ohne diese Annahme wäre die Benützung historischer Daten sinnlos. Diese Annahme ist eine Sonderform einer anderen, allgemeineren Annahme, die oft im Risikomanagement gemacht wird: Die Zukunft ist wie die Vergangenheit.

Wir haben im Allgemeinen keinen anderen Anhaltspunkt als die Vergangenheit, wenn wir für die Zukunft planen. Trotzdem kann es gefährlich sein, blind auf die Kontinuität vergangener Entwicklungen zu vertrauen. Betrachten wir als Beispiel die Asienkrise und versetzen wir uns an die Stelle eines Risikomanagers zu Beginn des Jahres 1997. Wenn wir die Wechselkurse der vergangenen zehn Jahre betrachten, finden wir folgende Maximalbewegungen gegenüber dem ATS:

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen von Wechselkursen ausgesuchter asiatischer Währungen gegenüber ATS im Zeitraum 1.1.1987 bis 31.12.1996; Quelle: Datastream

	Maximale Eintages-Änderung	Maximale Zehntages-Änderung	Maximale Zwanzigtages-Änderung
IDR	5,3%	7,5%	11,0%
MYR	3,4%	7,6%	11,2%
PHP	7,0%	10,4%	13,6%
KRW	7,7%	8,4%	12,0%
THB	5,9%	7,3%	11,1%

Tabelle 5

Maximale n -Tages-Änderung: Erklärung in Abschnitt 3.2.

Diese lange Zeitreihe hätte uns keinerlei Hinweis darauf gegeben, was in der nahen Zukunft passieren wird. Die Wechselkurse der nächsten zwei Jahre wiesen folgende Maximalbewegungen auf:

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen von Wechselkursen ausgesuchter asiatischer Währungen gegenüber ATS im Zeitraum 1.1.1997 bis 31.12.1998; Quelle: Datastream

	Maximale Eintages-Änderung	Maximale Zehntages-Änderung	Maximale Zwanzigtages-Änderung
IDR	22,6%	59,6%	70,9%
MYR	30,1%	29,5%	30,6%
PHP	10,9%	13,6%	20,4%
KRW	22,0%	34,6%	41,8%
THB	7,2%	26,8%	27,7%

Tabelle 6

Offensichtlich können Krisenszenarien, die Maximalveränderungen in der Vergangenheit als Anhaltspunkte für zukünftige Krisen verwenden, diese weit unterschätzen. Im obigen Beispiel ist der Grund klar: Die Währungen waren lange Zeit mehr oder weniger eng an einen Hartwährungskorb gebunden. Deshalb veränderten sich die Wechselkurse in der Vergangenheit kaum. Als die Notenbanken während der Asienkrise ihre Wechselkurspolitik nicht mehr aufrecht erhalten konnten, bewegten sich die Wechselkurse plötzlich extrem.

Die Konstruktion von Krisenszenarien aus historischen Daten bildet Krisen den extremen historischen Marktausschlägen nach. Doch diese Vorgangsweise ist gefährlich: Extreme Szenarien müssen keine Worst Case-Szenarien sein; die maximalen Veränderungen müssen nicht die schlimmsten sein. Auf gewisse Portfolios wirken sich kleine Veränderungen schlimmer aus als große Veränderungen. Wenn man zum Beispiel eine Straddle-Strategie verfolgt, ist es das Schlimmste, wenn sich der Markt überhaupt nicht verändert.

3.2 Analyse von Zeitreihen in einem Faktor

Die einfachste Art, Szenarien aus historischen Daten zu konstruieren, besteht darin, zuerst Maximalveränderungen in den einzelnen Risikofaktoren zu bestimmen und diese dann zu einem Szenario zusammensetzen.

3.2.1 Suche nach Maximalbewegungen der Einzelfaktoren

Bei der Konstruktion von Szenarien aus historischen Daten soll unter dem *historischen Beobachtungszeitraum* jener Zeitraum verstanden werden, über den hinweg die Zeitreihe betrachtet wird (z.B. 1 Jahr, 10 Jahre). Über den historischen Beobachtungszeitraum werden *Zeitfenster* gleicher Länge (z.B. 1 Tag, 20 Tage) gelegt. Beträgt die Länge der Zeitfenster beispielsweise 20 Tage, so umfasst das erste Zeitfenster den Zeitraum vom ersten bis zum zwanzigsten Tag, das zweite Zeitfenster den Zeitraum vom zweiten bis zum einundzwanzigsten Tag usw. Für jedes Zeitfenster des historischen Beobachtungszeitraums wird eine Veränderungskennzahl bestimmt. Das Maximum oder das Minimum über die Veränderungskennzahlen aller Zeitfenster im historischen Beobachtungszeitraum ergibt die unterstellte Veränderung Δr_i des betrachteten Risikofaktors.

Als Veränderungskennzahl wird zumeist die Veränderung vom ersten auf den letzten Tag des Zeitfensters verwendet. Diese Kennzahl wird in den folgenden Tabellen als *Start to End* (StE) bezeichnet. Umfasst beispielsweise das Zeitfenster 20 Tage, ergibt sich so die maximale *20-Tages-Veränderung*. Eine andere Veränderungskennzahl ergibt sich, wenn im Zeitfenster das Maximum über alle jene Veränderungen ermittelt wird, die sich zwischen zwei im Zeitfenster

liegenden Zeitpunkten ergeben. Diese Kennzahl wird in den folgenden Tabellen in Anlehnung an Acar und James (1997) als *Drawdown* (DD) bezeichnet.

Wenn man das Minimum über die Veränderungskennzahlen wählt, ergibt sich für Δr_i der maximale Rückgang des Risikofaktors r_i . Wählt man das Maximum über die Veränderungskennzahlen, erhält man für Δr_i die maximale Zunahme. Schließlich kann man Δr_i auch als Maximum der Absolutbeträge der Veränderungskennzahlen festsetzen. Dann ist Δr_i der Betrag der größten Veränderung, gleichgültig ob es sich um eine Veränderung nach oben oder nach unten gehandelt hat. Dies erscheint sinnvoll, wenn man davon ausgeht, dass realisierte Veränderungen der Risikofaktoren ebenso gut in die andere Richtung hätten gehen können. Für die Tabellen des Abschnitts 3.2.3 wurde Δr_i auf diese Weise bestimmt.

Weiters muss man sich klar darüber sein, ob man an relativen oder an absoluten Veränderungen interessiert ist. Eine extreme Veränderung in der Vergangenheit kann in verschiedene gegenwärtige Veränderungen übersetzt werden, je nachdem ob sie als relative oder als absolute Veränderung aufgefasst wird. Allgemein ist es üblich, Veränderungen in Aktien- und Wechselkursen als Relativveränderungen in Prozentpunkten anzugeben und Veränderungen in Zinsen als Absolutveränderungen in Basispunkten. Im Folgenden wird dieser Konvention gefolgt.

Bei der Szenariokonstruktion mittels historischer Daten müssen also zunächst etliche Parameter gewählt werden: der historische Beobachtungszeitraum, die Länge des Zeitfensters, die Veränderungskennzahl. Diese Parameter können für verschiedene Risikofaktoren unterschiedlich sein. Bei der Wahl der Parameter gibt es keine allgemein verbindlichen Standards. Aus denselben historischen Daten können gänzlich verschiedene Szenarien konstruiert werden. Wie auch immer eine Bank diese Parameter wählt, diese Wahl verändert das Szenario, und sie ist bei der Interpretation der Krisentestergebnisse zu berücksichtigen. Im Folgenden wird der Einfluss der Parameterwahl auf die resultierenden Szenarien besprochen.

Je länger der historische Beobachtungszeitraum, desto extremer sind die Maximalausschläge.

Der Grund ist offensichtlich: Die größte Bewegung innerhalb einer größeren Menge von Marktbewegungen wird größer sein als die größte Bewegung innerhalb einer *Teilmenge*. Ein Beispiel dafür liefert die folgende Tabelle maximaler Absolutbeträge von Eintages-Veränderungen innerhalb verschiedener Zeiträume.

Maximale Absolutbeträge von Eintages-Änderungen ausgesuchter Aktienindizes im Zeitraum
1.1.1987 (resp. 1.1.1994) bis 31.12.1998; Quelle: Datastream

	5 Jahre zurück	12 Jahre zurück
Österreich	8,3%	8,9%
USA	7,2%	22,6%
Großbritannien	4,4%	12,2%
Deutschland	8,0%	12,8%
Japan	8,0%	14,9%

Tabelle 7

Verwendete Indizes: Österreich: ATX, USA: Dow Jones Industrials, Großbritannien: FTSE 100, Deutschland: DAX 30, Japan: Nikkei 225.

Die maximale relative Veränderung muss nicht die maximale absolute Veränderung sein. Eine bescheidene absolute Veränderung auf tiefem Niveau kann in Prozentpunkten größer sein als eine größere absolute Veränderung auf höherem Niveau.

Abhängig von der Veränderungskennzahl wird dieselbe Zeitreihe verschiedene Maximalveränderungen liefern. Die maximale Eintages-Veränderung wird sich von der maximalen Zehn- oder Zwanzigtages-Veränderung unterscheiden. Der maximale Zehntages-Drawdown wird zumindest so groß sein wie die maximale Zehntages-Veränderung. Als Beispiel betrachten wir die folgende Tabelle maximaler Absolutbeträge von Veränderungen der Wechselkurse gegenüber dem ATS. Es fällt auf, dass der Drawdown die größten Δr_i liefert. In einigen wenigen Fällen kann die maximale Eintages-Veränderung größer sein als die maximale Zehntages-Veränderung.

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen ausgewählter Wechselkurse gegenüber ATS
im Zeitraum 1.1.1994 bis 31.12.1998; Quelle: Datastream

	StE 1T	StE 10T	DD 10T
Ungarn	8,4%	8,2%	8,9%
Tschechien	7,2%	7,6%	7,8%
Mexiko	17,5%	38,7%	38,7%
Malaysia	30,1%	29,5%	30,3%
Südkorea	22,0%	34,6%	37,9%
Japan	5,1%	16,8%	16,8%
USA	3,8%	6,5%	6,8%
Großbritannien	2,3%	5,9%	5,9%

Tabelle 8

3.2.2 Zusammensetzung von Bewegungen der Einzelfaktoren zu einem Szenario

Szenarien spezifizieren Werte für alle Risikofaktoren, nicht nur für einen. Wenn man also aus Maximalbewegungen einzelner Risikofaktoren Szenarien konstruiert, muss man festlegen, was mit den restlichen Risikofaktoren passiert.

In einem Versuch, ein Worst Case-Szenario zu konstruieren, könnte man jeden Risikofaktor der maximalen Veränderung unterwerfen, die man mit den bisher beschriebenen Methoden innerhalb eines gewissen Beobachtungszeitraums bestimmt hat. Wenn also Δr_i die maximale Veränderung ist, die der i -te Risikofaktor im Beobachtungszeitraum mitgemacht hat, dann hat das entsprechende Krisenszenario die Form

$$\mathbf{r} = (r_{MM,1} \pm \Delta r_1, r_{MM,2} \pm \Delta r_2, \dots, r_{MM,n} \pm \Delta r_n).$$

Für jeden Risikofaktor muss ein Vorzeichen gewählt werden, je nachdem ob man ihn im Krisenszenario nach oben oder nach unten verändern will. Das ergibt unüberschaubar viele, nämlich 2^n Möglichkeiten. Welche Risikofaktoren sollen nun nach oben verändert werden und welche nach unten? Zum Beispiel kann jeder Risikofaktor in die Richtung verändert werden, in die er sich bei seinem größten Sprung tatsächlich verändert hat. Eine andere Möglichkeit: Man bildet Gruppen von verwandten Risikofaktoren (z.B. alle Aktien bzw. Aktienindizes einer wirtschaftlich eng verbundenen Zone) und verändert alle Risikofaktoren einer Gruppe in dieselbe Richtung.

Eine weitere Möglichkeit zur Zusammensetzung besteht darin, nur ausgewählte Risikofaktoren $r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_w}$ der Maximalveränderung zu unterwerfen, die anderen aber unverändert zu lassen. Das führt zu Szenarien der folgenden Art:

$$\mathbf{r} = (r_{MM,1}, \dots, r_{MM,i_1} \pm \Delta r_{i_1}, \dots, r_{MM,i_2} \pm \Delta r_{i_2}, \dots, r_{MM,i_w} \pm \Delta r_{i_w}, \dots, r_{MM,n}).$$

Eine weitere Raffung ergibt sich dadurch, nicht nur die Vorzeichen der Veränderung innerhalb jeder Gruppe einheitlich zu wählen, sondern auch die Größe der Veränderung. Dabei muss die Veränderung der Gruppe die individuellen Veränderungen der in der Gruppe enthaltenen Risikofaktoren befriedigend abdecken. Dies ergibt auch eine Vereinfachung des Berichtswesens.

Die Zusammensetzung extremer Bewegungen der Einzelfaktoren zu einem Szenario gibt aus zwei Gründen Anlass zu Bedenken. Erstens muss das resultierende Szenario kein Worst Case-Szenario sein, weil eine Bewegung gewisser Risikofaktoren in die andere Richtung oder weniger extreme Bewegungen dem Portfolio vielleicht mehr Schaden zufügen würden. Zweitens werden durch die Zusammensetzung alle Risikofaktoren gleichzeitig jener maximalen Veränderung un-

terworfen, die sie irgendwann im Beobachtungszeitraum gemacht haben. Deshalb kann das resultierende Szenario unmöglich oder sehr unplausibel sein.

Unmöglich kann es sein, weil die Maximalveränderungen in den einzelnen Risikofaktoren vielleicht zu verschiedenen Zeiten stattgefunden haben, es aber unmöglich sein könnte, dass die Risikofaktoren diese Maximalbewegungen gleichzeitig ausführen.

Das resultierende Szenario wird im Allgemeinen auch um Größenordnungen unwahrscheinlicher sein als die entsprechenden Einzelbewegungen der Risikofaktoren. Dies wird dann der Fall sein, wenn das resultierende Szenario den bestehenden Korrelationen oder den erwarteten Krisenkorrelationen zuwiderläuft. Aber diese Tatsache ist nicht unbedingt ein Argument gegen die Verwendung des resultierenden Szenarios als Krisenszenario. Schließlich sollen Krisentests keine quantitativen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der verwendeten Szenarien machen. Sie sollten eher Information über die Konsequenzen von Ereignissen geringer Wahrscheinlichkeit liefern. Mittels Szenarien, die durch Kombination der maximalen Veränderungen in den einzelnen Risikofaktoren gewonnen werden, lässt sich das Zusammenbrechen bestehender Korrelationen testen. Freilich wird die Plausibilität des resultierenden Szenarios – speziell bei einer großen Anzahl von Risikofaktoren – so gering sein, dass das Krisentestergebnis von den Berichtsempfängern wohl nicht mehr ernst genommen wird.

Die Analyse der gleichzeitigen Bewegung mehrerer Risikofaktoren in Abschnitt 3.3 umgeht das Problem, dass ein aus maximalen Einzelbewegungen zusammengesetztes Szenario viel unwahrscheinlicher sein kann, als die maximalen Bewegungen der Faktoren für sich.

Ein anderer Ansatz wird von Kupiec (1998) vorgeschlagen. Man kann ausgewählte Risikofaktoren $r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_w}$ der Maximalveränderung unterwerfen, die anderen aber entsprechend den vorherrschenden Korrelationen wählen. Dadurch erhält man ein Szenario, das plausibler ist als wenn man die restlichen Risikofaktoren unverändert lässt oder ihren Maximalveränderungen unterwirft.

3.2.3 Tabellen von Maximalveränderungen einzelner Risikofaktoren

In den folgenden Tabellen sind exemplarisch maximale Absolutbeträge von Veränderungen in einzelnen Risikofaktoren der Risikokategorien Aktien, Fremdwährung und Zins zusammengestellt. Die Risikofaktoren sind ausgesuchte Aktienindizes, Wechselkurse gegenüber ATS und Zinssätze. Die meisten Zeitreihen beginnen am 1.1.1987 und enden am 31.12.1998, wobei historische Beobachtungszeiträume von zwei, fünf und zwölf Jahren betrachtet werden. Als Zeitfenster werden 1 Tag bzw. 20 Tage herangezogen. Für das eintägige Zeitfenster wird die maximale Eintages-Veränderung (StE) angegeben, für das zwanzigtägige Zeitfenster wird die

maximale Zwanzigtages-Veränderung (StE) sowie der maximale Drawdown innerhalb von zwanzig Tagen (DD) angegeben. Es wird nicht zwischen positiven und negativen Veränderungen unterschieden, d.h. die Veränderungen wurden nur ihrem Absolutbetrag nach berücksichtigt (die gelegentlich auftretenden relativen Veränderungen von mehr als 100% resultieren also aus Zuwächsen).

Diese Auswahl von Parametern soll in keiner Weise die spezifische Parameterwahl durch das jeweilige Risikomanagement präjudizieren. Es soll durch die Daten vielmehr ein Anhaltspunkt für eine solche Auswahl geboten werden. Selbstverständlich kann es durch die Verwendung von Daten unterschiedlicher Datenanbieter zu leicht unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Wichtig ist in jedem Fall die Zuverlässigkeit des Datenmaterials, da Ausreißer in den Daten speziell auf Kennzahlen, die extreme Veränderungen beschreiben, voll durchschlagen.

Bei fehlenden Tabelleneinträgen standen die entsprechenden Daten nicht zur Verfügung. Die Daten wurden aus Datastream bezogen.

3.2.3.1 Maximalveränderungen bei Aktienindizes

In der Tabelle spiegeln sich zwei historische Krisenperioden wider: Zum einen der Aktiencrash von 1987, der im zwölfjährigen Beobachtungszeitraum 1.1.1987 bis 31.12.1998 enthalten ist. In den westlichen Ländern sind die maximalen Veränderungen in diesem Zeitraum wesentlich größer als in den beiden anderen Zeiträumen. Zum anderen fällt auf, dass in den westlichen und asiatischen Ländern die maximalen Veränderungen im zweijährigen und im fünfjährigen Beobachtungszeitraum gleich sind. Der Grund dafür liegt darin, dass in beiden Zeiträumen die maximalen Veränderungen auf Krisen der Jahre 1997 und 1998 (Asienkrise, Russlandkrise) zurückzuführen sind.

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen ausgewählter Aktienindizes; Quelle: Datastream

	1.1.1997 - 31.12.1998			1.1.1994 - 31.12.1998			1.1.1987 - 31.12.1998		
	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T
USA (1)	7,2%	15,3%	15,3%	7,2%	15,3%	15,3%	22,6%	31,0%	34,2%
USA (2)	7,2%	17,6%	17,6%	7,2%	17,6%	17,6%	21,1%	29,5%	32,8%
Großbritannien	4,4%	18,9%	19,7%	4,4%	18,9%	19,7%	12,2%	33,1%	33,4%
Deutschland	8,0%	23,5%	24,3%	8,0%	23,5%	24,3%	12,8%	37,0%	37,0%
Japan	8,0%	17,3%	17,3%	8,0%	17,5%	17,5%	14,9%	29,1%	32,1%
Kanada	6,2%	20,2%	20,2%	6,2%	20,2%	20,2%	11,3%	27,5%	27,6%
Australien	7,2%	16,9%	17,3%	7,2%	16,9%	17,3%	25,0%	47,3%	47,3%
Österreich	8,3%	21,6%	21,6%	8,3%	21,6%	21,6%	8,9%	32,0%	32,0%
Niederlande	5,9%	26,2%	28,0%	5,9%	26,2%	28,0%	12,0%	41,1%	41,1%
Italien	12,4%	25,6%	25,6%	15,0%	25,6%	25,6%	15,0%	27,9%	28,4%
Hongkong	18,8%	39,8%	40,1%	18,8%	39,8%	40,1%	33,3%	50,2%	50,2%
Indonesien	14,0%	56,1%	61,6%	14,0%	56,1%	61,6%	119,5%	161,2%	161,2%
Malaysia	23,1%	52,3%	69,4%	23,1%	52,3%	69,4%	23,1%	52,3%	69,4%
Singapur	9,2%	31,9%	31,9%	9,2%	31,9%	31,9%	9,2%	34,5%	34,5%
Schweiz	7,7%	29,6%	29,6%	7,7%	29,6%	29,6%			
Frankreich	6,3%	21,5%	24,5%	6,3%	21,5%	24,5%			
Polen	9,8%	31,6%	31,6%	15,9%	57,4%	61,7%			
Ungarn	16,5%	54,4%	55,9%	16,5%	78,4%	78,4%			
Slowenien	9,3%	34,8%	40,3%	9,4%	40,2%	41,8%			
Slowakei	10,0%	16,0%	16,0%	31,7%	193,6%	193,6%			
Tschechien	6,8%	24,7%	26,4%						

Tabelle 9

Verwendete Indizes: USA: Dow Jones Industrials (1. Zeile), S&P 100 (2. Zeile), Großbritannien: FTSE 100, Deutschland: DAX 30, Japan: Nikkei 225, Kanada: TSE 300, Australien: Australian All Ordinaries Index, Österreich: ATX, Niederlande: AEX, Italien: MIB, Hongkong: Hang Seng, Indonesien: Jakarta Composite Index, Malaysia: Kuala Lumpur Composite Index, Singapur: SES All Singapore, Schweiz: Swiss Market Index, Frankreich: CAC 40, Polen: Warsaw General Index, Ungarn: BUX, Slowenien: SBI, Slowakei: SAX, Tschechien: PX 50.

Betrachtete Zeitfenster: 1 Tag (1T) und 20 Tage (20T).

StE: Start to End, DD: Drawdown.

3.2.3.2 Maximalveränderungen bei Wechselkursen

Im Beispiel aus Abschnitt 1.4 wurde bereits erwähnt, dass die Schwankungen von Wechselkursen stark von der zentralbanklichen Wechselkurspolitik abhängen können. Die Bindung einer Währung an eine Leitwährung kann den Wechselkurs über lange Zeit in sehr engen Schranken halten. Bei Aufgabe der Wechselkurspolitik kann es dann plötzlich zu extremen Sprüngen kommen. Die Art und Stärke der Bindung von Währungen sowie die Rahmenbedingungen der betreffenden Volkswirtschaften, aus denen unter Umständen auf ein Aufgeben der Bindung geschlossen werden kann, sollten daher bei der Szenariokonstruktion berücksichtigt werden. Eine

Klassifizierung der verschiedenen Wechselkurssysteme wird jährlich vom Internationalen Währungsfonds in seinem *Annual Report on Exchange Arrangements and Exchange Restrictions* publiziert. Dieser Jahresbericht kann über Internet bezogen werden (Homepage des Internationalen Währungsfonds: <http://www.imf.org>; siehe Publications).

Bei Wechselkursen spielt die Wahl der Referenzwährung eine Rolle: Z.B. entspricht einer Abwertung der Fremdwährung gegenüber dem ATS um 50% eine Aufwertung des ATS gegenüber der Fremdwährung um 100%. In der Tabelle sind Wertveränderungen der Fremdwährungen gegenüber dem ATS berücksichtigt. Wegen der Asymmetrie des Reziprokwertes würden sich andere Wertveränderungen des ATS gegenüber den Fremdwährungen ergeben.

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen ausgewählter Wechselkurse gegenüber ATS;

Quelle: Datastream

	1.1.1997 - 31.12.1998			1.1.1994 - 31.12.1998			1.1.1987 - 31.12.1998		
	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T
USD	2,9%	7,2%	7,5%	3,8%	9,3%	9,3%	3,8%	12,4%	12,4%
GBP	1,9%	7,1%	7,1%	2,3%	7,1%	7,1%	4,5%	14,7%	15,3%
JPY	5,1%	18,1%	18,1%	5,1%	18,1%	18,1%	5,1%	18,1%	18,1%
CHF	1,4%	2,7%	3,1%	1,4%	3,2%	3,2%	2,1%	4,7%	4,8%
CAD	2,8%	8,9%	9,9%	3,4%	11,0%	11,0%	3,4%	12,9%	12,9%
AUD	3,8%	8,4%	8,9%	3,8%	10,3%	10,3%	5,6%	14,7%	14,7%
HKD	2,1%	7,1%	7,3%	3,0%	9,5%	9,5%	3,8%	12,0%	12,0%
SEK	2,0%	6,8%	6,9%	2,0%	6,8%	6,9%	7,7%	13,0%	13,1%
SGD	3,6%	9,9%	11,3%	3,6%	9,9%	11,3%	3,6%	9,9%	11,3%
ZAR	6,1%	18,8%	19,1%	6,1%	18,8%	19,1%	6,1%	18,8%	19,1%
GRD	7,4%	10,8%	10,8%	7,4%	10,8%	10,8%	7,4%	10,8%	10,8%
MXP	6,6%	18,3%	18,4%	17,5%	41,3%	41,3%	22,4%	41,8%	41,8%
ARS	2,1%	7,1%	7,3%	3,0%	9,6%	9,6%			
MYR	30,1%	30,6%	30,6%	30,1%	30,6%	30,6%	30,1%	30,6%	30,6%
THB	7,2%	27,7%	28,7%	7,2%	27,7%	28,7%	7,2%	27,7%	28,7%
RUB	42,6%	72,9%	159,7%	42,6%	72,9%	159,7%			
PLZ	4,7%	9,8%	9,8%	4,7%	9,8%	9,8%			
HUF	2,1%	5,2%	5,2%	8,4%	10,4%	10,4%			
SKK	6,5%	12,0%	12,0%	6,5%	12,0%	12,0%			
SIT	2,5%	2,8%	4,0%	6,8%	8,4%	9,6%			

Tabelle 10

Die Bezeichnung der Währungen erfolgt nach dem ISO-Code.

ARS: Argentinien, AUD: Australien, CAD: Kanada, CHF: Schweiz, GBP: Großbritannien, GRD: Griechenland, HKD: Hongkong, HUF: Ungarn, JPY: Japan, MXP: Mexiko, MYR: Malaysia, PLZ: Polen, RUB: Russland, SEK: Schweden, SGD: Singapur, SIT: Slowenien, SKK: Slowakei, THB: Thailand, USD: USA, ZAR: Südafrika.

Betrachtete Zeitfenster: 1 Tag (1T) und 20 Tage (20T).

StE: Start to End, DD: Drawdown.

3.2.3.3 Maximalveränderungen bei Zinssätzen

Zinsstrukturkurven für Schuldner unterschiedlicher Qualität weisen eine unterschiedliche Dynamik auf. Daher muss man zur Konstruktion von Krisenszenarien im Zinsbereich die zur Schuldnerqualität passenden Zinssätze verwenden.

Im Folgenden werden nur risikolose Zinssätze betrachtet. In der Tabelle sind als Approximationen für risikolose Zinssätze im Geldmarkt die Interbank-Sätze und im Kapitalmarkt die Renditen bis Endfälligkeit von Benchmark-Bonds berücksichtigt. Diese Approximation ist sicher nur grob, und sie wird auch von manchen Autoren als – speziell in Extremsituationen – unzulänglich kritisiert (siehe Brooks und Yong Yan (1999)). Sie wurde aber gewählt, da sie einfach ist (die betreffenden Zeitreihen sind in Datastream verfügbar) und da – wie bereits erwähnt – der Tabeleinteil nur als Anhaltspunkt für die Konstruktion von Szenarien mittels historischer Daten dienen soll. Für ein realistischeres Bild benötigt man die tatsächlichen risikolosen Zinssätze. Diese können beispielsweise mittels eines Zinsstrukturmodells aus am Markt verfügbaren Preisen von Staatsanleihen gewonnen werden.

Bei den Daten fällt auf, dass in Schwellenländern wesentlich extremere Zinsveränderungen auftreten als in entwickelten Märkten.

Maximale Absolutbeträge von Veränderungen ausgewählter Zinssätze; Quelle: Datastream

	Laufzeit	1.1.1997 - 31.12.1998			1.1.1994 - 31.12.1998			1.1.1987 - 31.12.1998		
		StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T
Österreich	3 Monate	15	36	36	16	60	60			
	6 Monate	24	42	42	24	56	56			
	1 Jahr	25	53	53	25	65	65			
	2 Jahre	21	46	50	55	75	75	107	113	117
	5 Jahre	38	50	51	38	81	81	67	99	99
	10 Jahre	32	44	46	32	82	82	53	82	82
Deutschland	3 Monate	22	43	43	22	50	50	55	130	130
	6 Monate	23	42	42	23	50	50	60	130	130
	1 Jahr	28	50	50	28	65	65			
	2 Jahre	32	61	61	32	74	74	45	132	132
	5 Jahre	29	65	65	35	86	93	35	104	104
	10 Jahre	33	50	50	33	83	83	38	129	131
USA	3 Monate	20	33	33	25	88	88	69	181	213
	6 Monate	22	48	48	25	89	89	64	188	219
	1 Jahr	34	59	59	38	94	94	66	194	219
	2 Jahre	28	93	93	36	100	100	49	167	180
	5 Jahre	24	97	97	42	97	97	62	167	179
	10 Jahre	24	87	90	41	87	90	67	149	159

Tabelle 11

	Laufzeit	1.1.1997 - 31.12.1998			1.1.1994 - 31.12.1998			1.1.1987 - 31.12.1998		
		StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T
Großbritannien	3 Monate	19	63	63	48	63	63	150	338	338
	6 Monate	20	71	71	38	71	81	153	350	350
	1 Jahr	22	81	81	31	84	84	155	353	353
	2 Jahre	38	89	94	79	149	149	142	278	278
	5 Jahre	31	96	101	31	99	104	62	185	222
	10 Jahre	34	81	81	34	94	102	58	116	151
Schweiz	3 Monate	24	75	79	30	78	79	69	194	194
	6 Monate	24	66	69	31	81	81	45	156	156
	1 Jahr	23	57	64	33	86	86	52	152	153
	2 Jahre	43	57	59	105	105	105			
	5 Jahre	17	51	51	42	74	74	70	90	90
	10 Jahre	16	45	52	25	68	68	51	78	78
Japan	3 Monate	18	35	36	38	81	81	38	98	98
	6 Monate	16	30	30	25	69	69	105	98	105
	1 Jahr	36	30	39	36	69	69	109	109	113
	2 Jahre	39	67	68	39	83	83	43	120	120
	5 Jahre	32	84	84	46	95	95	52	160	160
	10 Jahre	30	84	84	30	84	84	58	150	150
Frankreich	3 Monate	20	32	32	150	322	322			
	6 Monate	41	41	47	116	247	247			
	1 Jahr	41	49	49	75	145	150			
	2 Jahre	20	76	76	35	99	99	111	248	248
	5 Jahre	19	51	51	30	117	117	64	193	193
	10 Jahre	24	48	50	24	106	106	80	181	181
Kanada	3 Monate	170	163	175	170	242	244			
	6 Monate	159	149	174	159	241	244			
	1 Jahr	121	121	140	121	227	227			
	2 Jahre	62	104	104	70	205	205	99	205	212
	5 Jahre	33	106	106	65	172	172	65	172	173
	10 Jahre	21	87	87	45	127	127	67	148	169
Griechenland	3 Monate	2378	2920	2926						
	6 Monate	660	1005	1005						
	1 Jahr	572	620	635						
Malaysia	3 Monate	575	655	712	575	655	712			
	6 Monate	530	555	605	530	555	605			
	1 Jahr	225	440	440	225	440	440			
Tschechien	3 Monate	841	1535	1537	841	1535	1537			
	6 Monate	719	932	934	719	932	934			
	1 Jahr	482	578	578	482	578	578			

Tabelle 11 (Fortsetzung)

	Laufzeit	1.1.1997 - 31.12.1998			1.1.1994 - 31.12.1998			1.1.1987 - 31.12.1998		
		StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T	StE 1T	StE 20T	DD 20T
	1 Jahr	482	578	578	482	578	578			
Slowakei	3 Monate	2000	2138	2289						
	6 Monate	3034	2300	3250						
	1 Jahr	2767	2625	2767						
Polen	3 Monate	137	317	317	400	372	413			
	6 Monate	160	300	300						
	1 Jahr	135	320	320						

Tabelle 11 (Fortsetzung)

Alle Veränderungen in Basispunkten.

Ausgangsdaten sind bei den Laufzeiten bis zu einem Jahr die jeweiligen Interbank-Sätze, bei den Laufzeiten über einem Jahr die Renditen bis Endfälligkeit der jeweiligen Benchmark-Bonds.

Betrachtete Zeitfenster: 1 Tag (1T) und 20 Tage (20T).

StE: Start to End, DD: Drawdown.

3.3 Analyse von Zeitreihen in mehreren Faktoren

In Abschnitt 3.2.2 haben wir gesehen, dass die Konstruktion von Szenarien durch Anwendung der jeweiligen historischen Maximalveränderungen auf die Einzelfaktoren zu äußerst unplausiblen Szenarien führen kann. Dadurch kann die Akzeptanz der resultierenden potenziellen Verlustzahlen in Frage gestellt sein.

Um aus historischen Daten plausiblere Krisenszenarien konstruieren zu können, müssen die Korrelationen zwischen den Risikofaktoren berücksichtigt werden. Es müssen also gemeinsame Bewegungen der Risikofaktoren, die tatsächlich gleichzeitig oder zumindest innerhalb einer sehr kurzen Periode stattgefunden haben, in einem Szenario zusammengefasst werden.

3.3.1 Einfache Szenarienkonstruktion aus Zeitreihen in mehreren Risikofaktoren

Der einfachste Weg, eine Krise in mehreren Risikofaktoren nachzuvollziehen, ist wohl folgender: Jeder Risikofaktor wird um die Differenz zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert geändert, den der Faktor in der betrachteten Krisenperiode erreicht hat. Wenn der Minimalwert früher als der Maximalwert erreicht wurde, bekommt die Veränderung ein positives Vorzeichen, sonst ein negatives.

Entscheidend bei dieser Vorgangsweise ist die Eingrenzung der Krisenperiode. Wählt man die Krisenperiode zu kurz, unterschätzt man möglicherweise das Ausmaß der Krise. Wählt man die

Krisenperiode zu lang, überschätzt man wohl das Ausmaß der Krise, da langfristige Trends und Ausschläge normaler Marktvolatilität mit einbezogen werden. Außerdem werden bei der Wahl zu langer Krisenperioden Einzelbewegungen zu einem Szenario zusammengefasst, die bei weitem nicht gleichzeitig stattgefunden haben. Dadurch werden die tatsächlichen Korrelationen ignoriert, wodurch das resultierende Szenario wiederum an Plausibilität verliert.

Eine Möglichkeit, die Krisenperiode einzugrenzen, besteht darin, dass man in einem ersten Schritt einen oder mehrere für die Krise repräsentative Risikofaktoren auswählt. Mit diesen Risikofaktoren kann man dann in einem zweiten Schritt – beispielsweise auf Grund einer grafischen Darstellung – den Krisenzeitraum identifizieren. Modelliert man einen Aktiencrash, wird der repräsentative Risikofaktor zum Beispiel ein wichtiger Aktienindex sein; modelliert man eine Währungskrise, ist der repräsentative Risikofaktor wohl einer der betroffenen Wechselkurse. Auf diese Weise wurde in Abschnitt 3.3.3 die Krisenperiode eingegrenzt.

3.3.2 Messung von gleichzeitigen Veränderungen mehrerer Risikofaktoren

Um in historischen Krisenszenarien die Korrelationen zwischen den Risikofaktoren quantitativ fundiert berücksichtigen zu können, muss das Ausmaß der gleichzeitigen Veränderung mehrerer Risikofaktoren gemessen werden. Dies ist allerdings bei weitem keine triviale Aufgabe: Wenn zum Beispiel zum Zeitpunkt t_1 Risikofaktor r_1 um 15% und Risikofaktor r_2 um 25% fällt, und zum Zeitpunkt t_2 Risikofaktor r_1 um 19% und r_2 um 23% fällt, war dann die Bewegung zum Zeitpunkt t_1 oder die zum Zeitpunkt t_2 die größere?

Es muss also zunächst einmal ein Maß für die gleichzeitige Veränderung von Risikofaktoren gefunden werden. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, alle Risikofaktoren gleich zu gewichten und als Maß für die Größe gemeinsamer Veränderungen mehrerer Risikofaktoren den Durchschnitt der Veränderungen in den einzelnen Faktoren zu definieren. Im obigen Beispiel wäre dann die Bewegung zu t_2 die größere, weil zu t_2 die durchschnittliche Veränderungen der Risikofaktoren 21% betrug, während sie zu t_1 nur 20% betrug.

Ist das Maß für die gleichzeitige Bewegung einmal festgelegt, kann analog zur Analyse von Einzelzeitreihen in Abschnitt 3.2 vorgegangen werden. Zunächst ist ein historischer Beobachtungszeitraum festzulegen. Anstatt nun die Veränderung eines einzelnen Faktors zwischen zwei im Beobachtungszeitraum gelegenen Zeitpunkten zu betrachten, ermittelt man die Maßzahl der gemeinsamen Änderungen, die sich zwischen den beiden Zeitpunkten ergeben hat. Man kann nun wiederum nach maximalen Änderungen dieser Maßzahl suchen, wobei das Zeitfenster (zum Beispiel 1 Tag, 20 Tage) und die Veränderungskennzahl (Start to End, Drawdown) variiert werden kann. Hat man schließlich die maximale Änderung der Maßzahl gefunden, so interessiert

man sich für die Marktzustände r_{t_1} und r_{t_2} , zwischen denen diese maximale Änderung stattgefunden hat. Man berechnet dann komponentenweise für jeden Risikofaktor die absolute oder relative Differenz zwischen r_{t_1} und r_{t_2} . Der Vektor dieser Veränderungen soll mit Δr bezeichnet werden. Das gesuchte Krisenszenario ist dann

$$r = r_{MM} + \Delta r .$$

Die Glaubwürdigkeit des resultierenden Krisenszenarios ergibt sich dadurch, dass bei seiner Konstruktion nur Marktbewegungen berücksichtigt werden, die tatsächlich schon einmal stattgefunden haben.

Die weiter oben angesprochene Messung der gleichzeitigen Veränderung von Risikofaktoren durch Bildung des Durchschnitts der Veränderungen der einzelnen Faktoren scheint auf den ersten Blick plausibel, sie hat aber einen entscheidenden Nachteil: Risikokategorien, die durch viele Risikofaktoren repräsentiert werden – zum Beispiel Zinsen – erhalten dadurch automatisch ein höheres Gewicht als Risikokategorien, die durch wenige Risikofaktoren repräsentiert werden, wie beispielsweise Wechselkurse. Die Gleichgewichtung aller Risikofaktoren liefert im Allgemeinen ein verzerrtes Bild der Relevanz der einzelnen Faktoren. Deshalb werden im Folgenden zwei geeignetere Maße behandelt. Bei beiden Methoden werden sowohl historische Daten als auch das aktuelle Portfolio berücksichtigt.

3.3.2.1 Sensitivitäten

Eine portfolioabhängige Gewichtung der Risikofaktoren ist sicherlich sinnvoller als eine bloße Gleichgewichtung. Zum Beispiel könnte man die Gewichte der einzelnen Risikofaktoren proportional zu den Sensitivitäten δ_i des Portfoliowertes gegenüber Veränderungen in den Risikofaktoren festsetzen.

Allerdings sind die Sensitivitäten von der Skalierung der Risikofaktoren abhängig. Wenn der Risikofaktor r_i in anderen Einheiten ausgedrückt wird, die z.B. hundertmal so groß sind wie die zuvor verwendeten, sodass der Wert x in alten Einheiten dem Wert $x/100$ in neuen Einheiten entspricht, wird die Sensitivität δ_i hundertmal größer. Deshalb ist es im Allgemeinen unzulässig zu sagen, dass Risikofaktoren mit betragsmäßig größerer Sensitivität den Wert des Portfolios stärker beeinflussen als Risikofaktoren mit betragsmäßig kleinerer Sensitivität. Die Sensitivitäten sind genauso willkürlich wie die Wahl von Einheiten für die Risikofaktoren.

Beispiel:

Betrachten wir eine Nullkupon-Anleihe mit Nennwert CHF 100 und einer Restlaufzeit von 10 Jahren. Als Risikofaktor r_1 wählen wir die zum Schuldner passende Zerorate im

Franken, ausgedrückt in Prozentpunkten; sie sei momentan 2,318 %. Risikofaktor r_2 ist der Wechselkurs; er sei momentan 0,626 EUR/CHF.

Die Bewertungsfunktion ist dann

$$P(r_1, r_2) = \frac{100 \cdot r_2}{(1 + r_1/100)^{10}}.$$

Für $\Delta_1 = 1\%$ und $\Delta_2 = 0,1$ EUR/CHF ergeben sich die Sensitivitäten $\delta_1 = -4,61$ und $\delta_2 = 79,52$. Der Risikofaktor mit der betragsmäßig größeren Sensitivität ist r_2 .

Wählt man aber als Risikofaktor \bar{r}_1 die Zerorate im Franken, ausgedrückt in 100 Prozentpunkten, ergibt sich ein anderes Bild: \bar{r}_1 hat den Wert 0,02318, die Bewertungsfunktion ist

$$P(\bar{r}_1, r_2) = \frac{100 \cdot r_2}{(1 + \bar{r}_1)^{10}}.$$

Für $\bar{\Delta}_1 = 0,01$ und $\Delta_2 = 0,1$ EUR/CHF ergeben sich die Sensitivitäten $\bar{\delta}_1 = -461$ und $\delta_2 = 79,52$. Der Risikofaktor mit der betragsmäßig größeren Sensitivität ist nun \bar{r}_1 .

Sensitivitäten von Risikofaktoren sind ohne Angaben der Einheit, in der der Risikofaktor gemessen wird, bedeutungslos. Soll die relative Bedeutung von Risikofaktoren für ein bestimmtes Portfolio ermittelt werden, kann man die Risikofaktoren in Einheiten der Standardabweichung der Zeitreihe des jeweiligen Risikofaktors messen. Dies bedeutet, einen neuen Risikofaktor

$$\bar{r}_i = \frac{r_i}{\sigma_i} \quad (3.1)$$

statt des ursprünglichen Risikofaktors r_i zu betrachten. Der neue Risikofaktor \bar{r}_i hängt nun nicht mehr von der Skalierung des ursprünglichen Risikofaktors ab. Der Grund dafür: Wenn die Datenreihe x_1, x_2, \dots die Standardabweichung σ_x hat, dann hat die Datenreihe $10x_1, 10x_2, \dots$ die Standardabweichung $10\sigma_x$. Also gilt:

$$x / \sigma_x = 10x / 10\sigma_{10x}.$$

Ob der ursprüngliche Risikofaktor nun x , $5x$ oder $100x$ war, der neue Risikofaktor ist immer der gleiche, nämlich $x / \sigma_x = 5x / \sigma_{5x} = 100x / \sigma_{100x}$. Man beachte, dass σ in diesem Fall nicht – wie sonst üblich – eine Volatilität, also die Standardabweichung der Veränderungen in einer Finanzzeitreihe, bezeichnet, sondern die Standardabweichung der Finanzzeitreihe selbst.

Es wäre aufwändig, die Bewertungsfunktion auf die neuen Risikofaktoren umzuschreiben. Dies ist aber nicht nötig, denn die Sensitivität für \bar{r}_i aus (3.1) ist gleich σ_i mal der Sensitivität für r_i . Der Betrag der Größe $\sigma_i \delta_i$ ist also ein brauchbares Maß für die Empfindlichkeit des Portfoliowertes gegenüber Veränderungen des Risikofaktors r_i , weil es von linearen Skalierungen der Risikofaktoren unabhängig ist. Für nichtlineare – zum Beispiel logarithmische – Skalierungen der Risikofaktoren gilt dies allerdings nicht.

Beispiel:

Im Fall der oben beschriebenen CHF-Anleihe sei die Standardabweichung σ_1 von r_1 gleich 0,29 und jene von r_2 gleich $\sigma_2 = 0,0076$. Für die neuen Risikofaktoren $\bar{r}_1 = r_1 / \sigma_1$ und $\bar{r}_2 = r_2 / \sigma_2$ ergeben sich – nunmehr mit $\Delta_1 = 1 / \sigma_1 \%$ und $\Delta_2 = 0,1 / \sigma_2$ – die Sensitivitäten -1,34 und 0,60. Die Sensitivität für \bar{r}_1 ist mit -1,34 gleich dem Produkt $\sigma_1 \delta_1$ und hängt nicht davon ab, ob \bar{r}_1 durch Skalierung aus dem Zinssatz in Prozentpunkten oder aus dem Zinssatz in 100 Prozentpunkten ermittelt wurde. Wegen $|-1,34| > |0,60|$ lässt sich unabhängig von der Skala für den Zinssatz festhalten, dass der Anleihenwert empfindlicher vom Zinssatz als vom Wechselkurs abhängt.

Demnach soll man zur Messung der gemeinsamen Veränderung mehrerer Risikofaktoren diese proportional zum Absolutbetrag von $\sigma_i \delta_i$ gewichten. Hat man eine Veränderung der n Risikofaktoren gegeben, die dadurch charakterisiert ist, dass sich der i -te Risikofaktor um $\Delta r_i \%$ verändert, ergeben sich auf diese Weise

$$\sum_{i=1}^n |\Delta r_i \cdot \delta_i \cdot \sigma_i|$$

oder

$$\sum_{i=1}^n |\Delta r_i| \cdot \frac{|\delta_i \cdot \sigma_i|}{\sum_{j=1}^n |\delta_j \cdot \sigma_j|} \quad (3.2)$$

als Maßzahlen für die Größe der gemeinsamen Veränderung der Faktoren. Da in (3.2) die Summe der Gewichte gleich Eins ist, können mit dieser Maßzahl auch Veränderungen, die unterschiedlich viele Risikofaktoren betreffen, miteinander verglichen werden.

3.3.2.2 Maximale Veränderungen des Portfoliowertes

Der Ansatz von Shaw (1997) stellt eine Alternative zur Verwendung von Sensitivitäten bei der Messung gleichzeitiger Veränderungen mehrerer Risikofaktoren dar. Dabei werden zuerst die P&Ls des aktuellen Portfolios unter den historischen (Eintages-) Marktbewegungen berechnet. Daraus werden die größten hypothetischen historischen Verluste des Portfolios abgelesen. Anschließend kann man sich damit beschäftigen, welche Szenarien diese Extremverluste erzeugt haben. Die Maßzahl für die Größe der gleichzeitigen Faktorenbewegung ist also in diesem Fall der P&L des aktuellen Portfolios. Wiederum kann man das Zeitfenster variieren, über das die Extremverluste gesucht werden. Auch die Betrachtung des maximalen Drawdowns ist auf einfache Weise möglich.

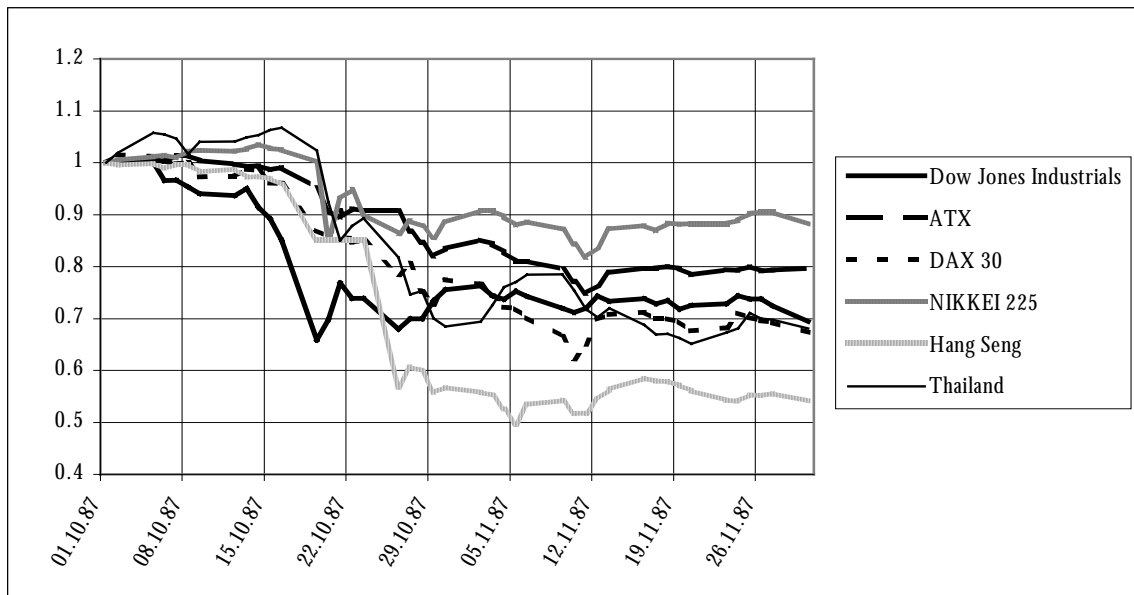
Diese Methode ähnelt sehr stark der Historischen Simulation bei der VaR-Berechnung. Beide Methoden beruhen auf der Berechnung einer hypothetischen historischen P&L-Zeitreihe für das aktuelle Portfolio. Anstatt wie bei der VaR-Berechnung aber nur eine relativ kurze Vergangenheit zu betrachten und – entsprechend dem gewünschten Konfidenzniveau – „einen großen“ (aber nicht den größten) Verlust zu verwenden, betrachtet man für Zwecke von Krisentests eine wesentlich längere Periode und bestimmt die tatsächlich größten Verluste. Als Beobachtungszeitraum kann man auch ganz bewusst eine Periode wählen, in die eine bestimmte Krise gefallen ist.

Der Unterschied dieser Methode zu anderen in diesem Leitfaden behandelten Methoden besteht darin, dass hier zuerst P&Ls berechnet werden und daraus in weiterer Folge Szenarien bestimmt werden. Bei anderen Methoden werden zuerst Szenarien bestimmt, mit denen dann mögliche Verluste berechnet werden.

3.3.3 Tabelle von Maximalveränderungen mehrerer Risikofaktoren

In der folgenden Tabelle sind für ausgesuchte Risikofaktoren die maximalen Veränderungen angegeben, die sich während des Aktiencrash des Jahres 1987 ergaben. Dabei wurde nach der in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Methode vorgegangen: Die Größe der Einzelfaktorveränderungen wurde als die Differenz zwischen Minimum und Maximum des jeweiligen Risikofaktors in der Krisenperiode bestimmt. Die Veränderung bekommt ein positives Vorzeichen, wenn der Minimalwert früher als der Maximalwert erreicht wurde, ansonsten ein negatives. Als Beobachtungszeitraum wurden die Monate Oktober und November 1987 gewählt. Diese Wahl basiert unter anderem auf folgender Grafik, in der die Entwicklung einiger Aktienindizes dargestellt ist.

Aktienkrise 1987: Änderungen von Aktienindizes



Grafik 2

Gegen Mitte Oktober erlebt der Dow Jones eine rasante Talfahrt und zieht in der Folge die anderen Indizes mit unterschiedlicher Intensität mit. Gegen Ende November haben sich dann die Indizes auf ihren nunmehr tieferen Niveaus wieder stabilisiert. Ähnliche Grafiken für den Devisen- und Zinsbereich zeigen, dass es mit gewissen Verzögerungen auch auf diesen Märkten starke Schwankungen gab, die sich gegen Ende November wieder beruhigten.

Änderung ausgewählter Risikofaktoren während des Aktiencrash 1987;
Beobachtungszeitraum: 1.10.1987 bis 30.11.1987; Quelle: Datastream

Relative Veränderungen von Aktienindizes	Dow Jones Industrials	-34%
	ATX	-26%
	DAX 30	-39%
	Nikkei 225	-21%
	Hang Seng	-50%
	Thailand	-39%
Relative Veränderung von Wechselkursen	ATS/USD	-11%
	CHF/USD	-13%
	GBP/USD	-12%
	JPY/USD	-10%
	THB/USD	-2%
	HKD/USD	-1%
	GOLD/USD	8%

Tabelle 12

Veränderung der Renditen 10-jähriger Staatsanleihen in Basispunkten	USA	-152
	Deutschland	-119
	Osterreich	-49
	Japan	-158
	Schweiz	-33
Zunahme von Spreads in Basispunkten	USA 10 Jahre: Corporate - Benchmark	171
	USA 3 Monate: Interbank - T-Bill	177
	Deutschland 10 Jahre: Interbank - Benchmark	43
	Deutschland Interbank: 10 Jahre - 1 Jahr	61
	Großbritannien Interbank: 10 Jahre - 1 Jahr	101

Tabelle 12 (Fortsetzung)

4 Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien

4.1 Rechtliche Grundlage für die Suche nach Worst Case-Szenarien

Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996; Abschnitt B.5, Teilziffer 4) verlangt die Berücksichtigung der Portfoliozusammensetzung bei der Wahl von Krisenszenarien:

„Die Banken sollten die von der Aufsichtsbehörde festgelegten Krisenszenarien mit von ihnen selbst entwickelten Krisentests, die ihren speziellen Risikomeerkmalen Rechnung tragen, kombinieren.“

und dann weiter (1996, Abschnitt B.5, Teilziffer 7):

„Neben den von den Aufsichtsbehörden vorgegebenen Szenarien [...] sollte eine Bank ihre eigenen Krisentests für Situationen entwickeln, die sie angesichts der Zusammensetzung ihres Portefeuilles als die schlimmstmöglichen Fälle erachtet (z.B. Probleme in einer Schlüsselregion der Welt mit gleichzeitigem heftigen Ausschlag des Ölpreises). Die Banken sollten ihrer Aufsichtsbehörde die Methodik beschreiben, die für die Feststellung und das Durchspielen der Szenarien angewandt wird, sowie die Ergebnisse der Krisentests mitteilen.“

Hier wird unmissverständlich als internationaler Standard festgehalten, dass eine Bank nach Worst Case-Szenarien zu suchen und sie durchzuspielen hat. Auch die österreichische Modellverordnung hält in § 7 Abs 3 Z 3 fest, dass der Bundesminister für Finanzen von den Kreditinstituten Informationen über institutsinterne Krisentests in Form der Messung des Portfolios an möglichen künftigen Problemsituationen einholen kann.

Dies ist so zu interpretieren, dass Banken Krisentests mit Szenarien durchzuführen haben, die sie als mögliche Problemsituationen betrachten, unabhängig davon, ob diese in der Vergangenheit schon aufgetreten sind. Der Finanzminister kann Informationen über diese Krisentests einholen.

Was als „mögliche künftige Problemsituation“ gelten kann, spezifiziert die Modellverordnung nicht näher. Da sich § 7 Abs 3 der Modellverordnung an Abschnitt B.5, Teilziffern 4 bis 7 des Marktrisikopapiers des Basler Ausschusses für Bankenaufsicht (1996) orientiert, sind mit „möglichen künftigen Problemsituationen“ wohl die im Basler Papier beschriebenen „Situationen, die die Bank angesichts der Zusammensetzung ihres Portefeuilles als die schlimmstmöglichen Fälle erachtet“ gemeint.

4.2 Worst Case-Szenarien versus historische Szenarien

Die Suche nach Worst Case-Szenarien unterscheidet sich in zwei wesentlichen Aspekten von der Konstruktion historischer Szenarien. *Erstens sind vergangene Krisen oder aus historischen Maximalbewegungen konstruierte Szenarien nicht notwendigerweise Worst Case-Szenarien.* Es kann durchaus Marktbewegungen geben, die in der Vergangenheit noch nicht eingetreten sind, die für die Bank aber schlimmere Konsequenzen hätten als die tatsächlich eingetretenen historischen Krisen. Auch historische Maximalbewegungen müssen keine Worst Case-Szenarien sein, denn gewisse Portfolios können den größten Schaden leiden, wenn sich die Risikofaktoren nur wenig verändern. Bei der Suche nach Worst Case-Szenarien zieht man nicht nur Ereignisse in Betracht, die sich in der Vergangenheit tatsächlich abgespielt haben, sondern alle möglichen zukünftigen Szenarien. Deshalb wird für Worst Case-Szenarien auch der Ausdruck „forward looking scenarios“ verwendet.

Zweitens berücksichtigt die Konstruktion von Szenarien aus historischen Daten kaum die Zusammensetzung des Portfolios der Bank. Höchstens bei der Auswahl der Risikofaktoren, die verändert werden, oder bei der Messung gleichzeitiger Veränderungen mehrerer Risikofaktoren durch portfoliobezogene Kenngrößen – beispielsweise durch Einbeziehung von Sensitivitäten wie in Abschnitt 3.3.2.1 oder von P&Ls wie in Abschnitt 3.3.2.2 – spielt das momentane Portfolio eine gewisse Rolle. Aber abgesehen von diesen Ausnahmen ist das Portfolio der Bank bei der Konstruktion von Szenarien aus historischen Daten von untergeordneter Bedeutung. Im Gegensatz dazu ist bei der Bestimmung von Worst Case-Szenarien das Portfolio von zentraler Bedeutung. Was für ein Portfolio ein Worst Case-Szenario ist, kann für ein anderes Portfolio Gewinne bringen.

Über die Art, wie Worst Case-Szenarien identifiziert werden, macht weder der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht noch die österreichische Modellverordnung eine Aussage. Grundsätzlich kommen zwei Methoden in Frage: Eine Bank kann sich auf die Erfahrung und den ökonomischen Sachverstand eines möglichst vielfältigen Kreises von Mitarbeitern verlassen, die aus ihrer Kenntnis des Marktes, des Portfolios und der Handels- und Hedging-Strategien der Bank zu bestimmen versuchen, in welchen Marktzuständen die Bank besonders große Verluste erleiden würde. Diese Vorgangsweise könnte man als subjektive Suche nach Worst Case-Szenarien bezeichnen. Sie wird in Abschnitt 4.3 beschrieben. Eine Bank kann aber auch ihre Computer systematisch nach Worst Case-Szenarien suchen lassen. Dies könnte man systematische Suche nach Worst Case-Szenarien nennen. In Abschnitt 4.4 wird diese Vorgangsweise näher beschrieben.

4.3 Subjektive Suche nach Worst Case-Szenarien

Bei der subjektiven Suche nach Worst Case-Szenarien geht man in der Regel von einem überraschenden wirtschaftlichen oder politischen Ereignis aus, von dem man vermutet, dass es in der

Folge zu besonders schmerzhaften Verlusten für die Bank führen könnte. Dann versucht man mit ökonomischem und politischem Sachverstand zu eruieren, welche weiteren Ereignisse aus dem Ersten folgen könnten. Schließlich wird die Kette der Ereignisse auf plausible Weise in Veränderungen der Risikofaktoren übersetzt. Diese Veränderungen der Risikofaktoren bilden das vermutete Worst Case-Szenario.

Keiner der beiden Schritte – die Bestimmung der Folgeereignisse und die Übersetzung der Ereignisse in Veränderungen der Risikofaktoren – ist in irgendeiner Weise eindeutig bestimmt. Für die Qualität und die Plausibilität des resultierenden Szenarios ist der ökonomische Sachverstand ausschlaggebend. Deshalb ist es auch entscheidend, dass bei der subjektiven Suche nach Worst Case-Szenarien ein möglichst vielfältiger Kreis von Mitarbeitern mit unterschiedlichen regionalwirtschaftlichen, branchenspezifischen und bankwirtschaftlichen Erfahrungen einbezogen wird. An der Suche nach vermuteten Worst Case-Szenarien sollten auch Führungskräfte der höheren Ebenen beteiligt sein. Das resultierende Szenario bezieht seine Glaubwürdigkeit und Relevanz für die Verantwortlichen in erster Linie aus der übereinstimmenden Meinung der Beteiligten, dass „so etwas passieren könnte“.

Als Ausgangspunkt für die subjektive Suche nach Worst Case-Szenarien werden manchmal Ereignisse wie ein Erdbeben in Tokio, die Ermordung des amerikanischen Präsidenten, ein Putsch in Russland, der Bankrott einer großen Bank, gravierende Budgetprobleme in einem Land oder die erzwungene Aufgabe eines fixen Wechselkurses gewählt. Die Wahl des Auslösers muss die spezifische Situation der Bank in Betracht ziehen: Vermutete Worst Case-Szenarien sollten wesentliche Auswirkungen auf jene Risikofaktoren haben, gegenüber denen das Portfolio der Bank besonders exponiert ist. Dann ist der Verdacht nahe liegend, dass dieses Szenario der Bank besonders empfindliche Verluste zufügen könnte.

Eine wesentliche Gruppe hypothetischer Szenarien ergibt sich auch aus den Modellannahmen und aus den Investitions- und Hedging-Strategien der Bank. Um die Verletzlichkeit der Bank beim Zusammenbruch lieb gewonnener Annahmen über den Markt zu testen, werden als Ausgangsereignisse für die Findung hypothetischer Szenarien der Zusammenbruch von Annahmen gewählt, die für die Investitions- und Hedging-Strategien der Bank wesentlich sind. Dass diese Annahmen oft nirgendwo explizit formuliert sind, darf kein Hindernis sein. Diese Annahmen über den Markt explizit zu machen, ist ein wesentlicher Schritt zur Erkennung und Beherrschung des Marktrisikos der Bank.

4.4 Systematische Suche nach Worst Case-Szenarien

4.4.1 Warum systematisch nach Worst Case-Szenarien suchen

Krisentests mit historischen oder subjektiv vermuteten Worst Case-Szenarien können fatale Krisenszenarien übersehen. Sie bestimmen den möglichen Verlust nur in ganz wenigen Punkten des hochdimensionalen Raums der Szenarien. Die eine Schwierigkeit historischer und vermuteter Worst Case-Szenarien liegt darin, dass das Wissen über den Verlust eines Portfolios in einigen wenigen ausgewählten Szenarien die Bank in trügerischer Sicherheit wiegen kann, wenn diese Verluste für die Bank gut verkraftbar sind. Trügerisch kann dieses Gefühl der Sicherheit deshalb sein, weil die Bank keine Information hat, ob es nicht vielleicht andere, ebenso plausible Szenarien gibt, die zu viel schmerzhafteren Verlusten führen. Selbst bei der subjektiven Suche nach vermuteten Worst Case-Szenarien kann man nicht mit Sicherheit wissen, ob man tatsächlich die schlimmsten Szenarien gefunden hat.

Die andere Schwierigkeit besteht darin, dass das Wissen über einen alarmierenden Verlust in einem Krisenszenario keine praktischen Konsequenzen haben kann, solange nicht klar ist, welche Risikofaktoren den Verlust verursacht haben. Auch darüber geben Krisentests mit historischen oder vermuteten Worst Case-Szenarien nur bedingt Antwort.

Die systematische Suche nach Worst Case-Szenarien verspricht hier Abhilfe. Erstes Ziel dabei ist die verlässliche Identifizierung von Worst Case-Szenarien, also von Szenarien, die dem aktuellen Portfolio besonders empfindlichen Schaden zufügen. Zweites Ziel ist zu eruieren, welche Risikofaktoren in erster Linie für den Verlust im Worst Case-Szenario verantwortlich sind. Daraus ergeben sich unmittelbar jene Maßnahmen, die eine Bank ergreifen kann, wenn sie nicht bereit ist, das Risiko eines solchen Verlustes zu tragen.

Im Allgemeinen wird es nicht möglich sein, einen Marktzustand anzugeben, in dem das Portfolio *den geringsten* Wert hat, da das Verlustpotenzial von Portfolios in der Regel unbeschränkt ist. Ein einfaches Beispiel: Der Wert eines Portfolios, das nur aus einem verkauften Call besteht, fällt unbeschränkt, je weiter der Wert des Underlyings steigt. Deshalb wird man nicht alle Szenarien zulassen, sondern das Minimum nur unter jenen Szenarien suchen, die gewisse Plausibilitätsbedingungen erfüllen. Wie solche Plausibilitätsbedingungen formuliert werden können, wird in Anhang A.1 beschrieben.

Das Worst Case-Szenario innerhalb des von der Plausibilitätsbedingung definierten Zulassungsbereichs kann mit einem Algorithmus gesucht werden, der die Stelle des Minimums der Bewertungsfunktion P im Zulassungsbereich liefert. Wie man dabei vorgehen kann, wird in Anhang A.2 beschrieben.

4.4.2 Berichte über die systematische Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien

Adressaten der Krisentestberichte, wie aller anderen Risikoberichte auch, sind letztendlich jene Stellen in einer Bank, die die Kompetenz haben, eine Reduktion der Marktrisiko-Exponierung anzuordnen. Krisentestberichte können nur dann Grundlage einer informierten Entscheidung sein, wenn sie umfassend und gleichzeitig verständlich sind. In diesem Zusammenhang stellen sich einige Fragen.

Wie unwahrscheinlich dürfen Krisenszenarien sein? Einerseits ist es das Wesen von Krisentests zu fragen, was in Situationen passiert, mit denen niemand rechnet. Andererseits werden Testergebnisse von Szenarien, die als ausgeschlossen gelten, von den Adressaten der Testberichte nicht ernst genommen. Die Entscheidung, wie unwahrscheinlich Krisenszenarien sein dürfen, muss bei der Interpretation der Testergebnisse berücksichtigt werden.

In dieser Situation scheint es sinnvoll, mehrere, unterschiedlich strenge Plausibilitätsbedingungen zu betrachten. Je strenger die Plausibilitätsbedingung, desto weniger Szenarien sind zugelassen und desto harmloser werden die schlimmsten der zugelassenen Szenarien. Die Krisentestergebnisse geben dann zu jeder Plausibilitätsbedingung an, welche die krassesten Szenarien sind, die die Plausibilitätsbedingung erfüllen, und wie groß der Verlust in diesen Szenarien ist.

Wie können die Ergebnisse einer Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien prägnant und leicht verständlich dargestellt werden? Sicherlich ist es nicht ausreichend, einfach die Werte der Risikofaktoren im gefundenen Worst Case-Szenario zu berichten. Mit der Nennung von zum Beispiel 500 Risikofaktoren des Worst Case-Szenarios wäre jeder Adressat hoffnungslos überfordert. Also muss sich der Bericht auf die Werte der *wichtigsten* Risikofaktoren im Worst Case-Szenario beschränken.

Was sind nun die „wichtigsten“ Risikofaktoren eines Worst Case-Szenarios? Sensitivitäten sind sicherlich kein geeignetes Kriterium für die Wichtigkeit eines Risikofaktors: Die Sensitivitäten im gegenwärtigen Marktzustand haben nichts zu tun mit dem Worst Case-Szenario, das charakterisiert werden soll; die Sensitivitäten im Worst Case-Szenario werden alle gleich null sein, wenn es sich um ein lokales Minimum handelt.

Sinnvoller scheint folgendes Vorgehen: Die Suche nach den wichtigsten Risikofaktoren ist die Suche nach einer Teilmenge der Risikofaktoren, die den Verlust des Worst Case-Szenarios bis zu einem vorher festgelegten Grad erklären. Ein Erklärungsgrad von 80% zum Beispiel bedeutet, dass man eine Teilmenge der Risikofaktoren sucht, die mindestens 80% der Verluste des Worst Case-Szenarios erklären. Damit ist Folgendes gemeint: Nehmen wir an, statt des vollstän-

digen Worst Case-Szenarios $\mathbf{r}_{WC} = (r_{WC,1}, \dots, r_{WC,n})$ werden nur die Werte einer Teilmenge von w Risikofaktoren $r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_w}$ berichtet. Dem entspricht ein vereinfachtes Berichtsszenario

$$\mathbf{r}_{report} := (r_{MM,1}, \dots, r_{WC,i_1}, \dots, r_{WC,i_2}, \dots, r_{WC,i_w}, \dots, r_{MM,n}),$$

bei dem die Risikofaktoren $r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_w}$ ihre Worst Case-Werte $r_{WC,i_1}, \dots, r_{WC,i_w}$ und alle anderen Risikofaktoren ihren aktuellen Wert haben. Die Teilmenge der Risikofaktoren erklärt 80% der Verluste des Worst Case-Szenarios wenn

$$P(\mathbf{r}_{MM}) - P(\mathbf{r}_{report}) \geq 0,8(P(\mathbf{r}_{MM}) - P(\mathbf{r}_{WC}))$$

gilt. Wie kann nun eine möglichst kleine Teilmenge von Risikofaktoren gefunden werden, die den Verlust des Worst Case-Szenarios bis zu einem Erklärungsgrad von zum Beispiel 80% erklärt? Eine Möglichkeit ist, schrittweise vorzugehen: Zuerst wird gesucht, ob es einen Risikofaktor gibt, der 80% des Verlusts erklärt. Gelingt dies, ist man am Ziel. Andernfalls sucht man nach zwei Risikofaktoren, die zusammen 80% des Verlusts erklären. Gelingt auch dies nicht, sucht man nach drei Risikofaktoren etc. Ab einer gewissen Größe gibt es auf jeden Fall eine Teilmenge von Risikofaktoren, die 80% des Verlusts erklärt.

Bei der Suche nach einer Teilmenge von w Risikofaktoren, die 80% des Verlusts erklären, ist es bei weitem zu aufwändig, alle Teilmengen mit w Elementen durchzugehen. Sucht man zum Beispiel nach einer Teilmenge mit 10 Risikofaktoren, die ein durch 500 Risikofaktoren bestimmtes Worst Case-Szenario zu 80% erklären soll, so muss die Bewertungsfunktion $2,6 \cdot 10^{35}$ mal ausgewertet werden. Effizienter ist es, mit einem Minimierungsalgorithmus jene Teilmenge $\{i_1, \dots, i_w\}$ zu finden, für die

$$P(r_{MM,1}, \dots, r_{WC,i_1}, \dots, r_{WC,i_2}, \dots, r_{WC,i_w}, \dots, r_{MM,n})$$

den geringsten Wert annimmt. Dann kann festgestellt werden, ob der entsprechende Verlust 80% des Verlusts im Worst Case-Szenario erreicht. Es handelt sich dabei um ein Optimierungsproblem in einem diskreten w -dimensionalen Raum. Für diskrete Optimierungsprobleme ist die Simulated Annealing-Methode besonders geeignet. Sie ist in Anhang A.2 beschrieben.

Im Krisentestbericht können dann die Ergebnisse der Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien nach folgendem Muster dargestellt werden:

Muster eines Berichts über die systematische Suche nach Worst Case-Szenarien

Zulassungsbereich	Größter Verlust im Zulassungsbereich	Wichtigste Risikofaktoren im Worst Case-Szenario	Erklärungsgrad der wichtigsten Risikofaktoren
„Quader mit Seitenlängen 3 r“	0,5 Mrd. EUR	Kurs EUR/USD: 0,9 6m Libor GBP: 5,3% 10 J. Swap-Satz CHF: 3,27%	65%
„3-fach vergrößertes Ellipsoid mit Kovarianzen Σ “	0,3 Mrd. EUR	Kurs EUR/USD: 0,95 12m Libor GBP: 5,42% 10 J. Swap-Satz CHF: 3,27%	61%
„...“	... Mrd. EUR%

Tabelle 13

Die Bedeutung der verschiedenen Zulassungsbereiche ist in Anhang A.1 erklärt.

4.5 Notfallpläne für Worst Case-Szenarien

Für das Risikomanagement einer Bank liegt einer der wesentlichen Vorteile der Suche nach Worst Case-Szenarien darin, dass diese Suche direkt zu einer Antwort auf die Frage führt, wie bei alarmierenden Ergebnissen zu reagieren ist. Krisentests mit historischen Szenarien können kaum Antwort auf diese Frage geben, weil sich nur schwer sagen lässt, welche Risikofaktoren oder welche Positionen den Verlust verursacht haben. Darüber nur Vermutungen anzustellen, ist für ein zielsicheres Risikomanagement nicht ausreichend.

Krisentests mit subjektiv vermuteten Worst Case-Szenarien sind hingegen meist eng auf jenen Markt oder Geschäftsbereich konzentriert, in dem besondere Verletzlichkeit vermutet wird. Falls der Krisentest für dieses vermutete Worst Case-Szenario inakzeptable Verluste vorhersagt, ist klar, welche Exponierungen reduziert werden müssen.

Krisentests mit historischen oder subjektiv vermuteten Worst Case-Szenarien haben also zwei Nachteile: Einerseits kann ein gravierender Krisenfall übersehen werden und andererseits kann es bei einem alarmierenden Ergebnis unklar bleiben, welche Risikofaktoren oder Positionen das Ergebnis verursacht haben

Die Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien und die Identifizierung der für das Worst Case-Szenario wichtigsten Risikofaktoren löst diese beiden Schwierigkeiten. Wenn die Bank weiß, welches Szenario in einem bestimmten Zulassungsbereich für sie das Worst Case-Szenario ist, und dass der Verlust in diesem Szenario verkraftbar ist, dann ist das daraus resultierende Gefühl der Sicherheit nicht mehr trügerisch. Die Bank kann sich sicher sein, dass ihr nichts

Schlimmeres passieren kann, solange sich der Marktzustand im Zulassungsbereich befindet und das Portfolio nicht verändert wird.

Wenn die Suche nach portfoliospezifischen Worst Case-Szenarien hingegen ein alarmierendes Ergebnis bringt, dann wird aus der Suche nach den in diesem Szenario wichtigsten Risikofaktoren auch klar, was die Bank zu tun hat: Sie muss Positionen aufnehmen, die Gewinn bringen, wenn die wichtigen Risikofaktoren sich ihrem Worst Case-Wert nähern. Der Gewinnbereich dieser Absicherungspositionen kann relativ eng um die Worst Case-Werte konzentriert sein. Solche Absicherungspositionen mit konzentriertem Wirkungsbereich sind wirkungsvoller als Absicherungspositionen mit breitem Gewinnbereich und werden im Allgemeinen die Gewinnaussichten des Portfolios nicht wesentlich schmälern. Mit weniger sollte sich ein zielsicheres Risikomanagement nicht zufrieden geben.

5 Zusammenfassung von Anforderungen an die Durchführung von Krisentests in Modellbanken

In diesem Abschnitt sind Anforderungen an die Durchführung von Krisentests zusammengefasst, die die Oesterreichische Nationalbank im Rahmen ihrer gutachterlichen Tätigkeit gemäß § 26b BWG berücksichtigt.

5.1 Berichtswesen und organisatorische Einbettung

Krisentests müssen regelmäßig durchgeführt werden. Die Häufigkeit von Krisentests sollte der Dynamik des Portfolios entsprechen. Portfolios, die häufig umgeschichtet werden, müssen auch häufig Krisentests unterworfen werden. Die Modellverordnung verlangt von Banken, die ein internes Modell zur Berechnung des Eigenmittel-Erfordernisses für das Marktrisiko verwenden, dass sie mindestens vierteljährlich Krisentests durchführen. Darüber hinaus sind Krisentests in Anlassfällen durchzuführen. In der Modellverordnung werden exemplarisch Anlassfälle aufgezählt. Die Ergebnisse der vierteljährlich durchzuführenden Krisentests sind dem Bundesministerium für Finanzen und der Oesterreichischen Nationalbank zu melden. Es soll dabei zumindest jener Bericht zur Verfügung gestellt werden, der auch den Geschäftsleitern vorgelegt wird. Weiters holt die Aufsichtsbehörde im Bedarfsfall Informationen über anlassbezogene Krisentests ein.

Die Vorgehensweise und die Kompetenzen bei der Auswahl von Anlassfällen und von Krisenszenarien sind im Risikomanagement-Handbuch festzuhalten.

Krisentests müssen rasch durchgeführt werden können. Wie jede Information über Risiken müssen auch Krisentestergebnisse schnell verfügbar sein. Damit soll gewährleistet werden, dass die Bank auf veränderte Marktbedingungen schnell reagieren und ihre Risikoexposition reduzieren kann.

Im Risikomanagement-Handbuch ist festzuhalten, wann ein Krisentestergebnis als alarmierend anzusehen ist. Insbesondere ist festzulegen, mit welchen Kenngrößen die durch Krisentests bestimmten potenziellen Verluste zu vergleichen sind. Notfallpläne sind sinnlos, wenn nicht klar ist, unter welchen Umständen auf sie zurückzugreifen ist.

Im Risikomanagement-Handbuch ist festzulegen, welche Maßnahmen die Bank ergreift, um ihre Risiken angemessen zu begrenzen, falls bei Krisentests Schwachstellen aufgedeckt werden. In diesen Notfallplänen soll festgehalten sein, mit welchen Maßnahmen die Bank auf alarmierende Krisentestergebnisse reagiert. Solche Notfallpläne stellen sicher, dass Krisentests tatsächlich der Verminderung des Risikos und der Vermeidung von Verlusten dienen.

Krisentestergebnisse müssen Entscheidungsträgern kommuniziert werden, die die Kompetenz haben, eine Reduktion der Risikoexposition anzuordnen. Die Ergebnisse der Krisentests sollten routinemäßig der Geschäftsleitung und periodisch auch dem Aufsichtsrat der Bank mitgeteilt werden.

Eine Rückmeldeschleife sollte der Geschäftsleitung die Möglichkeit geben, Krisentestberichte zu hinterfragen und Veränderungen anzuregen. Dies kann zum Beispiel durch eine eigens dafür vorgesehene Rubrik in den Krisentestberichten gewährleistet werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Geschäftsleitung bei der Planung der Krisentests eine wesentliche Rolle spielt und in der Lage ist, die Krisentestergebnisse richtig zu interpretieren.

5.2 Szenarienwahl

Krisenszenarien sollten außergewöhnliche Marktbewegungen beschreiben, aber trotzdem plausibel sein. Mit Plausibilität ist gemeint, dass Krisenszenarien als intuitiv möglich erscheinen sollen. Sind sie das nicht, werden die Verantwortungsträger die Krisentestergebnisse in ihrem Entscheidungsprozess nicht entsprechend berücksichtigen. Die Anforderungen, dass Szenarien einerseits außergewöhnlich, andererseits aber auch plausibel sein sollen, stehen in einem Spannungsverhältnis. Eine Möglichkeit, diesen Gegensatz zu überwinden, besteht darin, verschieden harte Szenarien zu betrachten.

Banken sollten sowohl historische Szenarien betrachten als auch nach ihren Worst Case-Szenarien suchen. Es reicht nicht aus, nur Krisenszenarien zu betrachten, die aus historischen Daten gewonnen wurden. Die Wahl historischer Szenarien beruht auf der Annahme, dass zukünftige Krisen ähnlich sein werden wie vergangene. Allerdings beziehen Szenarien aus der Tatsache, dass sie in der Vergangenheit bereits eingetreten sind, Plausibilität und Akzeptanz. Die Suche nach Worst Case-Szenarien hingegen zieht auch Szenarien in Betracht, die in der Vergangenheit noch nicht eingetreten sind, die aber doch plausibel sind. Banken müssen nach ihren Worst Case-Szenarien suchen, aber es ist ihnen überlassen, ob sie dies auf subjektive oder systematische Art tun.

Die Wahl von Szenarien muss auf das Risikoprofil der Bank abgestimmt sein. Die Portfolios der Banken weisen auf Grund ihrer unterschiedlichen Struktur auch unterschiedliche Risikoprofile auf. Sowohl bei der subjektiven als auch bei der systematischen Suche nach Worst Case-Szenarien spielt das Portfolio eine zentrale Rolle. Eine Bank sollte auch ihre Verletzlichkeit gegenüber dem Zusammenbruch von Annahmen, die für ihr VaR-Modell und für ihre Investitions- und Hedging-Strategien wesentlich sind, bestimmen. Dies geschieht durch die Betrachtung von Szenarien, in denen solche Annahmen verletzt sind.

In die Findung von Szenarien, vor allem in die subjektive Suche nach Worst Case-Szenarien, sollte ein möglichst breiter Kreis von Abteilungen und Hierarchieebenen einbezogen werden. Mitarbeiter mit unterschiedlichen volkswirtschaftlichen, länderspezifischen, branchenspezifischen und bankwirt-

schaftlichen Erfahrungen können zur Detaillierung von Szenarien beitragen. An der Findung subjektiver Worst Case-Szenarien sollten auch Führungskräfte der höheren Ebenen beteiligt sein. Die resultierenden Szenarien beziehen ihre Glaubwürdigkeit und Relevanz für die Verantwortlichen in erster Linie aus der übereinstimmenden Meinung der Beteiligten, dass die gemeinsam entwickelten Szenarien plausibel sind.

Es sollten Krisentests durchgeführt werden, die gleichzeitige Veränderungen in mehreren Risikokategorien betrachten. Die gleichzeitige Veränderung mehrerer Risikokategorien kann Risiken offen legen, die bei der Veränderung einzelner Risikokategorien nicht auffallen.

Krisenszenarien haben auch Aspekte von Liquiditätskrisen zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wird auf Abschnitt 2.3 verwiesen.

Es ist wünschenswert, dass im Rahmen von Krisentests auch Aspekte des Kreditrisikos berücksichtigt werden. Dabei sollte analysiert werden, welche Positionen durch den Ausfall von Gegenparteien und den damit verbundenen Wegfall entsprechender Hedges entstehen können und wie stark solche Positionen dem Marktrisiko ausgesetzt sind.

Um die Veränderung der Exponierung in bestimmten Risikobereichen zu überwachen (exposure monitoring), sollten gewisse Standardszenarien periodisch ausgewertet werden. Die Standardszenarien sind so zu formulieren, dass sie die Exponierung in jenen Risikobereichen erfassen, in denen die Bank stark engagiert ist. Dies erfordert die Möglichkeit, Szenarien abzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt für das veränderte Portfolio neu auswerten zu können. Ändert sich die Handelsstrategie der Bank, müssen unter Umständen zusätzliche Standardszenarien eingeführt werden.

5.3 Rechnerische Durchführung

Krisentests an Portfolios, die Optionen oder andere Produkte mit nichtlinearer Bewertungsfunktion enthalten, sollten auf einer vollständigen Neubewertung des Portfolios beruhen. Eine lineare Approximation mit Hilfe von Sensitivitäten ist nicht ausreichend. Das Risiko von Produkten mit optionalem Charakter wird oft durch die Delta-, Gamma-, Vega-, Rho- und Tau-Faktoren beschrieben. Diese Faktoren sind Sensitivitäten des Optionswertes gegenüber kleinen Veränderungen der Risikofaktoren. Für große Veränderungen der Risikofaktoren verliert die lineare Approximation der Wertveränderung durch Sensitivitäten immer mehr ihre Gültigkeit. Krisentests betrachten oft sehr große Veränderungen der Risikofaktoren. Deshalb erfordern sie eine vollständige Neubewertung des Portfolios.

Für Krisentests sollten die gleichen Bewertungsmechanismen verwendet werden wie im Value at Risk-Modell. Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit der Krisentestergebnisse mit dem Value at Risk.

Die Rechenprozesse sollten weitestgehend automatisiert sein. Dadurch soll die Anfälligkeit der Berechnungen gegenüber Fehlern und Ungenauigkeiten möglichst gering gehalten werden und die Reaktionszeit im Anlassfall kurz gehalten werden. Die Übernahme der Positionsdaten und die Bewertung haben gänzlich automatisiert zu sein. Die Eingabe von Szenarien muss flexibel möglich sein. Szenarien müssen abgespeichert werden können.

Krisentests müssen die Auswirkungen der Szenarien auf das gesamte Handelsbuch berücksichtigen. Krisentests, die Teilportfolios getrennt betrachten, könnten einen Verlust übersehen, der für jedes Teilportfolio noch verkraftbar ist, für das Gesamtportfolio aber nicht. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass Krisentests für das Bankbuch nicht Voraussetzung für die Zulassung eines Value at Risk-Modells sind. Krisentests für das Bankbuch würden die nicht überall vorhandene Möglichkeit einer Marktbewertung des Bankbuches voraussetzen. Dort, wo Banken diese Möglichkeit haben, kann aber durch die Einbeziehung des Bankbuches oder von Teilen davon die Aussagekraft der Krisentests wesentlich verbessert werden.

Krisentests sollten auf beliebiger Subportfolio-Ebene möglich sein. Solche Ebenen könnten insbesondere einzelne Geschäftsbereiche, Handelseinheiten, Händler oder Einzelinstrumente sein. Die auf tieferer Ebene zur Anwendung kommenden Szenarien sollten auf die Bedürfnisse des jeweiligen Bereichs zugeschnitten sein.

Technischer Anhang

A.1 Zulassungskriterien von Szenarien für die systematische Suche nach Worst Case-Szenarien

A.1.1 Zulassungskriterien ohne Berücksichtigung von Korrelationen

Es soll erläutert werden, welche Plausibilitätsbedingungen sinnvollerweise an Krisenszenarien zu stellen sind. Eine denkbare Gruppe von Plausibilitätsbedingungen kann auf folgende Weise formuliert werden: Aus Zeitreihen für die Risikofaktoren wird für jeden Risikofaktor die Standardabweichung σ_i der relativen Veränderungen bestimmt. Wenn $\mathbf{r}_{MM} = (r_{MM,1}, \dots, r_{MM,n})$ den momentanen Marktzustand, also den momentanen Wert aller Risikofaktoren angibt, kann man für jede positive Zahl k folgende Bedingung stellen:

Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2k \cdot r$ “:

Alle Szenarien $\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, die $r_{MM,i}(1 - k\sigma_i) \leq r_i \leq r_{MM,i}(1 + k\sigma_i)$ für jeden Risikofaktor r_i erfüllen, sind zugelassen. Falls der Risikofaktor r_i nur positive Werte annehmen kann, muss die Bedingung lauten: $\max\{0, r_{MM,i}(1 - k\sigma_i)\} \leq r_i \leq r_{MM,i}(1 + k\sigma_i)$.

Diese Plausibilitätsbedingung lässt nur Szenarien zu, die sich in einem n -dimensionalen Quader mit Seitenlängen $2k\sigma_i r_{MM,i}$ und Mittelpunkt \mathbf{r}_{MM} befinden. Je größer k , desto großzügiger ist die Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2k \cdot r$ “, desto mehr Szenarien sind zugelassen und desto krasser werden die schlimmsten der zugelassenen Szenarien sein.

Wem es in der Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2k \cdot r$ “ zu plump erscheint, die Positivität gewisser Risikofaktoren einfach durch einen Cut-off zu garantieren, dem steht folgende Alternative offen:

Plausibilitätsbedingung „Quader im logarithmischen Maßstab“:

Alle Szenarien $\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, die $r_{MM,i}e^{-k\sigma_i} \leq r_i \leq r_{MM,i}e^{k\sigma_i}$ für jeden Risikofaktor r_i erfüllen, sind zugelassen.

Für Aktienkurse und andere Risikofaktoren, die oft als Lognormalverteilungen modelliert werden, erscheint diese Formulierung sinnvoll. Diese Plausibilitätsbedingung hat den Vorteil, dass der Risikofaktor r_i auch für große k nur positive Werte annimmt. Für kleine k hat $e^{k\sigma_i}$ fast den gleichen Wert wie $1 + k\sigma_i$; deshalb stimmt für kleine k die Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2k \cdot r$ “ fast überein mit der Plausibilitätsbedingung „Quader im logarithmischen Maßstab“.

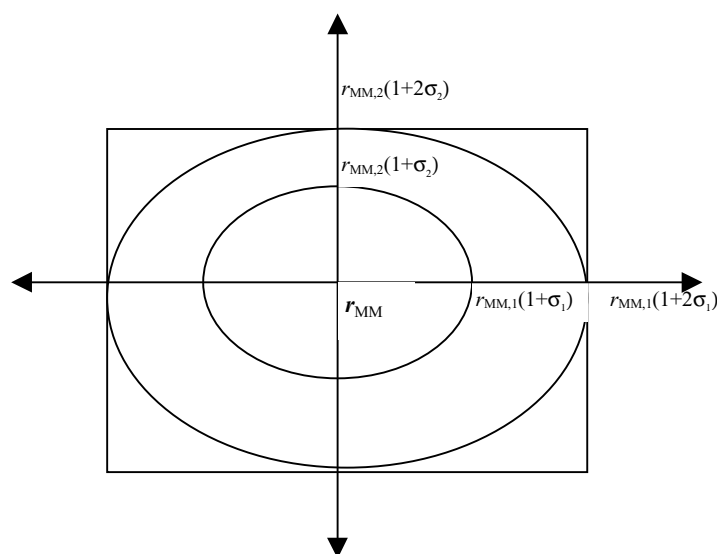
Vorsicht mit den beiden genannten Plausibilitätsbedingungen ist aus folgendem Grund geboten: Diese Plausibilitätsbedingungen können von Szenarien erfüllt werden, die gewisse *no arbitrage*-Bedingungen verletzen. Falls zum Beispiel die drei Wechselkurse EUR/CHF, EUR/USD, CHF/USD unter den Risikofaktoren sind, dann können diese drei Risikofaktoren in einer Arbitrage-freien Welt nicht beliebige Werte annehmen. Wenn zwei Wechselkurse gegeben sind, ist auch der Dritte bestimmt. Die Erfüllung der Plausibilitätsbedingung ist also nicht unbedingt hinreichend für die Zulässigkeit von Szenarien.

Dem kann entgegengehalten werden, dass in Krisenzeiten auf Grund der Illiquidität der Märkte *No Arbitrage*-Bedingungen nicht unbedingt erfüllt sein müssen. Also können auch Szenarien, die *No Arbitrage*-Bedingungen verletzen, durchaus realistische Krisenszenarien sein. Letztendlich muss bei jedem einzelnen Szenario entschieden werden, ob es als Krisenszenario zugelassen wird. Die Zulassungskriterien für Szenarien sind bei der Interpretation der Krisentestergebnisse zu berücksichtigen.

A.1.2 Zulassungskriterien unter Berücksichtigung von Korrelationen

Die Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2k\sigma$ “ lässt Szenarien zu, die normalerweise wesentlich unwahrscheinlicher sind als die Veränderung eines einzelnen Risikofaktors um $k\sigma$. Für zwei Risikofaktoren kann für den Fall $k=2$ dieser Effekt folgendermaßen illustriert werden:

Linien gleicher Wahrscheinlichkeit bei bivariat normalverteilten Risikofaktoren



Grafik 3

Die Ellipsen bestehen aus gleich wahrscheinlichen Szenarien, falls die Korrelation zwischen den beiden Risikofaktoren gleich null ist und die Änderungen der Risikofaktoren normalverteilt sind. Das größere Rechteck ist der „Quader“ mit Seitenlängen $4r_{MM,1}\sigma_1$ und $4r_{MM,2}\sigma_2$. In der Nähe der Ecken des Rechtecks sind Szenarien, die unwahrscheinlicher sind als eine Veränderung der einzelnen Faktoren um $4r_{MM,i}\sigma_i$.

Überdies vernachlässigt die Plausibilitätsbedingung „Quader mit Seitenlängen $2kr$ “ Korrelationen zwischen den Risikofaktoren. Falls im obigen zweidimensionalen Beispiel die beiden Risikofaktoren stark positiv korreliert sind, so sind Szenarien in der rechten oberen Ecke des Quaders wesentlich wahrscheinlicher als Szenarien in der linken oberen Ecke. Eine Bewegung der Risikofaktoren gegen die Richtung der Korrelationen ist sehr viel unwahrscheinlicher als eine Veränderung der Faktoren in Richtung der Korrelationen.

Dieser Effekt scheint auf den ersten Blick aus zwei Gründen kein Problem zu sein: Erstens sollen Krisentests keine Aussage über die Wahrscheinlichkeiten der betrachteten Szenarien machen. Zweitens verändern sich wahrscheinlich in Krisenzeiten die Korrelationen ohnedies. Zum Beispiel wird oft argumentiert, dass in Krisen die Korrelationen zwischen den meisten Risikofaktoren nahe bei 1 oder -1 seien.

Trotzdem ist es sinnvoll, Korrelationen bei der Formulierung von Plausibilitätsbedingungen zu berücksichtigen; denn die Plausibilität von Szenarien spielt bei der Interpretation doch eine große Rolle. Ein Krisentestergebnis, in dem eine Bank große Verluste erleidet, wird umso mehr Anlass zu Gegenmaßnahmen geben, je eher dieses Szenario als plausibel betrachtet wird. Deshalb sollten die Plausibilitätsbedingungen so formuliert sein, dass sie nicht beinahe unmögliche Szenarien zulassen und so die Glaubwürdigkeit eines Krisentestergebnisses unterminieren. Auch die Veränderung der normalen Korrelationen in Krisenzeiten ist kein Argument gegen die Berücksichtigung von Korrelationen bei der Formulierung von Plausibilitätsbedingungen. Die Einbeziehung von Korrelationen in Plausibilitätsbedingungen erlaubt es nämlich auch, Krisenkorrelationen in die Plausibilitätsbedingungen einzubeziehen, die sich von den Korrelationen in ruhigen Zeiten wesentlich unterscheiden.

Wie können Korrelationen bei der Formulierung von Zulassungsbedingungen für Szenarien berücksichtigt werden? Gegeben sei die Varianz-Kovarianzmatrix der Veränderung der Risikofaktoren,

$$\Sigma := \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_n^2 \end{pmatrix},$$

die auf der Diagonale die Varianzen $\sigma_i^2 = E[(\Delta r_i - \mu_i)^2]$ der Veränderungen der Risikofaktoren und außerhalb der Diagonale die Kovarianzen $\sigma_{ij} = \sigma_{ji} = E[(\Delta r_i - \mu_i)(\Delta r_j - \mu_j)] = \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$ der Veränderungen der Risikofaktoren trägt. Hier bezeichnet μ_i den Mittelwert der Veränderungen des Risikofaktors r_i . Eine Normalverteilung in n Variablen mit Dichte

$$P(\Delta r_1, \dots, \Delta r_n) = \text{const} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} (\Delta r_1, \dots, \Delta r_n)^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (\Delta r_1, \dots, \Delta r_n)\right\}$$

führt genau zu diesen Korrelationen. Wären die Veränderungen der Risikofaktoren normalverteilt mit diesen Korrelationen, so bildeten die Szenarien \mathbf{r} , zu denen ein Sprung vom momentanen Szenario \mathbf{r}_{MM} aus gleich wahrscheinlich ist, ein n -dimensionales Ellipsoid

$$(\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r})^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r}) = k^2.$$

Die Hauptachsenlängen dieses Ellipsoids sind das k -fache der Eigenwerte der Matrix Σ^{-1} . Falls die Risikofaktor-Änderungen normalverteilt sind mit Kovarianzen Σ , ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Marktzustand \mathbf{r} innerhalb des Ellipsoids liegt, gegeben durch den Wert der χ^2 -Verteilungsfunktion mit n Freiheitsgraden an der Stelle k^2 ,

$$F_{\chi_n^2}(k^2) = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma(n/2)} \int_0^{k^2} s^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{s}{2}} ds.$$

Zulassungskriterien für Szenarien können nun zum Beispiel folgendermaßen formuliert werden.

1. Man wählt ein Konfidenzniveau p , zum Beispiel $p = 95\%$.
2. Aus Tabellen für die χ^2 -Verteilungsfunktion mit n Freiheitsgraden bestimmt man jenes k^2 , für das gilt $F_{\chi_n^2}(k^2) = p$. In Press et al. (1992, Kapitel 6) ist beschrieben, wie k^2 auch direkt aus der Gamma-Funktion berechnet werden kann.
3. Als Zulassungsbereich wird die Menge aller Szenarien \mathbf{r} gewählt, die

$$(\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r})^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r}) \leq k^2$$

erfüllen.

Damit erhält man folgende

Plausibilitätsbedingung „ k -fach vergrößertes Ellipsoid mit Kovarianzen Σ “:

Alle Szenarien \mathbf{r} , die $(\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r})^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (\mathbf{r}_{MM} - \mathbf{r}) \leq k^2$ erfüllen, sind zugelassen.

Nur falls die Änderungen der Risikofaktoren normalverteilt sind mit Kovarianzmatrix Σ , ist die Aussage gerechtfertigt, dass mit Wahrscheinlichkeit p eines der Szenarien innerhalb des k -fach vergrößerten Ellipsoids mit Kovarianzen Σ eintritt. In diesem Fall kann aus der obigen Plausibilitätsbedingung mit Hilfe eines Minimierungsalgorithmus auch der Value at Risk berechnet werden: Er ist die Differenz zwischen dem momentanen Portfoliowert und dem minimalen Portfoliowert innerhalb des Ellipsoids, das dem Konfidenzniveau 95% oder 99% entspricht.

Dass allerdings in Krisenzeiten dieselben Korrelationen gelten wie in ruhigen Zeiten, und dass die Änderungen der Risikofaktoren tatsächlich normalverteilt sind, und nicht zum Beispiel Fat Tails sind, ist zweifelhaft. Deshalb wird man im Allgemeinen nicht sagen können, dass mit Wahrscheinlichkeit p eines der Szenarien im Ellipsoid eintritt. Trotzdem können die Ellipsoide geeignete Zulassungsbereiche für Szenarien sein.

Besonders ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass für die Kovarianzmatrix Σ nicht unbedingt die momentanen Korrelationen gewählt werden müssen. Es kann auch aufschlussreich sein, für die Korrelationsmatrix Krisenkorrelationen zu verwenden. Diese können zum Beispiel aus Daten historischer Krisen geschätzt werden.

A.2 Methoden zur systematischen Suche nach Worst Case-Szenarien

A.2.1 Factor Push-Methode

Die Factor Push-Methode ist ein relativ einfacher Weg, grobe Anhaltspunkte über die Worst Case-Szenarien zu bekommen. Die Grundidee ist, jeden einzelnen Risikofaktor um einen bestimmten Betrag in jene Richtung zu verändern, die den Portfoliowert am meisten reduziert. Genauer gesagt, geht man folgendermaßen vor:

1. Für jeden Risikofaktor r_i wird der Wert des Portfolios bestimmt, der sich aus einer positiven und einer negativen Veränderung des Risikofaktors um einen gewissen Betrag ergibt. Als Betrag werden meistens Vielfache, zum Beispiel das k -fache, der Standardabweichung der Veränderung des betreffenden Risikofaktors gewählt. Es werden also die beiden Werte $P(r_{MM,1}, \dots, r_{MM,i}(1+k\sigma_i), \dots, r_{MM,n})$ und $P(r_{MM,1}, \dots, r_{MM,i}(1-k\sigma_i), \dots, r_{MM,n})$ berechnet.
2. Für jeden Risikofaktor wird ein Vorzeichen $VZ(i)$, nach der Formel

$$VZ(i) := \operatorname{sgn} \left(P(r_{MM,1}, \dots, r_{MM,i}(1+k\sigma_i), \dots, r_{MM,n}) - P(r_{MM,1}, \dots, r_{MM,i}(1-k\sigma_i), \dots, r_{MM,n}) \right)$$

bestimmt. $VZ(i)$ ist 1 falls die Veränderung des i -ten Risikofaktors nach oben einen höheren Portfoliowert liefert als die Veränderung nach unten. Andernfalls ist $VZ(i)$ gleich -1.

3. Das neue Krisenszenario ist gegeben durch

$$r_{WC} := (r_{MM,1} \cdot [1 - VZ(1) \cdot k\sigma_1], \dots, r_{MM,n} \cdot [1 - VZ(n) \cdot k\sigma_n]).$$

Zu den Vorteilen dieser Methode zählt in erster Linie der geringe Rechenaufwand. Zur Findung des neuen Szenarios sind lediglich $2n$ Evaluationen der Bewertungsfunktion nötig.

Zwei Nachteile sind erwähnenswert: Diese Methode liefert nur Szenarien, die sich an der Oberfläche – oder genauer gesagt: an einer Ecke – des n -dimensionalen Quaders

$$\{r \in R^n : r_i = r_{MM,i} (1 \pm k\sigma_i)\}$$

befinden. Für Portfolios mit linearer Bewertungsfunktion mag dies wenig stören. Sobald man allerdings Portfolios mit nichtlinearer Bewertungsfunktion betrachtet, kann das Minimum der Bewertungsfunktion auch im Inneren des n -dimensionalen Quaders auftreten. Dies kann bei Portfolios mit derivativen Instrumenten leicht der Fall sein.

Für Portfolios mit derivativen Instrumenten ist deshalb die einfache Factor Push-Methode nicht geeignet. Dem kann teilweise dadurch abgeholfen werden, dass man die Factor Push-Methode nicht nur für einen Wert von k , sondern für mehrere Werte, zum Beispiel für $k = 1/2, 1, 3/2, 2, \dots, 10$ anwendet. Dadurch wird das Minimum an den Oberflächen von 20 ineinander geschichteten Quadern ermittelt. Je kleiner der Abstand zwischen den einzelnen Quadern, desto genauer kann ein Minimum auch im Inneren des größten Würfels lokalisiert werden. Der Rechenaufwand steigt linear mit der Zahl der betrachteten Würfel.

Ein weiterer Nachteil der Methode besteht darin, dass die Methode nicht einmal mit Sicherheit das Minimum über die Quaderoberfläche finden wird. Man kann Bewertungsfunktionen finden, deren Minimum über die Quaderoberfläche nicht an einem Eckpunkt angenommen wird.

A.2.2 Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden

Mit Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden kann auf relativ einfache aber rechnerisch aufwändige Weise ein Näherungswert für das Minimum der Bewertungsfunktion innerhalb eines gewissen Bereichs gefunden werden. Zur Bestimmung eines annähernden Minimums innerhalb des von der Plausibilitätsbedingung definierten Zulassungsbereichs könnte man zum Beispiel folgendermaßen vorgehen:

1. Eine Transformation T vom n -dimensionalen Einheitswürfel

$$\{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n : x_i \in [0,1]\}$$

auf den Zulassungsbereich wird bestimmt. Falls der Zulassungsbereich der n -dimensionale Quader $\{r \in R^n : r_i = r_{MM,i}(1 \pm k\sigma_i)\}$ ist, kann für T folgende Abbildung gewählt werden:

$$T(x_1, x_2, \dots, x_n) := (r_{MM,1}(1 - k\sigma_1 + 2x_1k\sigma_1), \dots, r_{MM,n}(1 - k\sigma_n + 2x_nk\sigma_n)).$$

2. Es wird eine Serie $\{\mathbf{x}_j := (x_{j,1}, x_{j,2}, \dots, x_{j,n}) \in R^n : x_{j,i} \in [0,1]\}_{j=1, \dots, N}$ von N Zufalls- oder Quasi-Zufallsvektoren produziert, die das Innere des n -dimensionalen Einheitswürfels möglichst gleichmäßig ausfüllen. In der Folge sprechen wir generell von Zufallsvektoren, gleich ob wir echte Zufallsvektoren, Pseudo-Zufallsvektoren oder Quasi-Zufallsvektoren meinen. Je größer die Zahl N der Zufallsvektoren ist, desto gleichmäßiger wird das Innere des Einheitswürfels ausgefüllt.
3. Für jeden der Zufallsvektoren \mathbf{x}_j wird der Wert des Portfolios $P(T(\mathbf{x}_j))$ an der Stelle $T(\mathbf{x}_j)$ bestimmt. Als Resultat ergibt sich für das Krisenszenario:

$$r_{WC} := T(\mathbf{x}_j)$$

für jenen Zufallsvektor \mathbf{x}_j , der den geringsten Wert für $P(T(\mathbf{x}_j))$ liefert.

Im Vergleich zur Factor Push-Methode besteht der wichtigste Vorteil der Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden darin, dass Minima nicht nur an der Oberfläche des n -dimensionalen Quaders gefunden werden können, sondern auch im Inneren des Quaders. Dies ist unerlässlich für Portfolios mit stark nichtlinearen Elementen, insbesondere für Optionsportfolios.

Der entscheidende Punkt bei der Effizienz der Anwendung dieser Methoden ist die Generierung der Zufallsvektoren. Je gleichmäßiger und dichter die Zufallsvektoren den n -dimensionalen Einheitswürfel ausfüllen, desto zuverlässiger ist die Approximation des minimalen Portfoliowertes. Je unregelmäßiger die Fläche der Bewertungsfunktion in Abhängigkeit von den Risikofaktoren ist, desto dichter müssen die Zufallsvektoren das Innere des n -dimensionalen Einheitswürfels ausfüllen, um eine halbwegs zuverlässige Approximation des Minimums zu ergeben.

Die Effizienz der Monte Carlo und Quasi-Monte Carlo Methoden wird durch die Anzahl der benötigten Zufallsvektoren bestimmt. Der Rechenaufwand wird dadurch verursacht, dass für jeden Zufallsvektor die Bewertungsfunktion neu berechnet werden muss. Die Serie der Zufallsvektoren muss nicht jedes Mal neu berechnet, sondern kann abgespeichert und für jedes Problem derselben Dimension – also mit derselben Anzahl von Risikofaktoren – weiterverwendet werden.

Ist die gewünschte Dichte der Abdeckung festgelegt, wird die Anzahl der benötigten Zufallsvektoren durch die Gleichmäßigkeit der Ausfüllung bestimmt. Ein mathematisches Maß für die Abweichung von einer möglichst gleichmäßigen Ausfüllung ist die Diskrepanz. Je geringer die Diskrepanz einer Serie von Zufallsvektoren, desto kleiner kann die Serie sein, um eine gegebene Abdeckungsdichte und damit eine gegebene Approximationsgenauigkeit zu erreichen.

Für die Effizienz der Monte Carlo und Quasi-Monte Carlo-Methoden ist nicht die Zufälligkeit der Zufallsvektoren entscheidend, sondern die Dichte der Ausfüllung. Im Allgemeinen wird es deshalb effizienter sein, Serien von Zufallsvektoren mit möglichst geringer Diskrepanz zu wählen, auch wenn diese Serien nur Quasi-Zufallszahlen und keine echten Zufallszahlen oder Pseudo-Zufallszahlen sind. Näheres zur Effizienz von Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden findet sich in Niederreiter (1992).

A.2.3 Andere Verlustmaximierungsalgorithmen

Monte Carlo- und Quasi-Monte Carlo-Methoden füllen den durch die Plausibilitätsbedingung definierten Zulassungsbereich möglichst gleichmäßig mit Punkten (Zufallsvektoren) aus, an denen dann die Bewertungsfunktion berechnet wird. Ein Nachteil dieser Methoden besteht darin, dass viele Punkte in Bereichen des Quaders liegen, in denen kein Minimum der Bewertungsfunktion zu vermuten ist. Andere Methoden zur Minimierung der Bewertungsfunktion – also zur Verlustmaximierung – versprechen höhere Effizienz. Allerdings sind die Bewertungsfunktionen in der Praxis meist so kompliziert, dass die Berechnung der Ableitungen der Bewertungsfunktion nach den Risikofaktoren entweder zu aufwändig oder unmöglich ist. Deshalb kommen für die Zwecke einer Bank wohl ausschließlich Minimierungsalgorithmen in Frage, die nur eine Auswertung der Funktion, aber keine Auswertung der Ableitungen benötigen. Die folgenden Algorithmen sind in zum Beispiel in Press et al. (1992) beschrieben und ausprogrammiert.

Die *mehrdimensionale Simplex-Methode* geht auf Nelder und Mead (1965) zurück. (Sie ist nicht zu verwechseln mit dem Simplexverfahren, mit dem im Bereich der linearen Programmierung Extremwerte einer linearen Funktion gesucht werden.) Ein Simplex in einem n -dimensionalen Raum besteht aus einem Eckpunkt und n linear unabhängigen Vektoren. Das Simplex ist der n -dimensionale Körper, der sich ergibt, wenn man die n Vektoren am Eckpunkt ansetzt. Von einem Start-Simplex ausgehend bestimmt der Algorithmus eine Serie wandernder, kleiner werdender Simplexes, die sich einem Bereich annähern, in dem ein lokales Minimum der Bewertungsfunktion liegt. Die Serie kann abgebrochen werden, wenn die Entfernung eines neuen Simplex vom vorhergehenden kleiner wird als eine gewisse Toleranz oder wenn der Wert der Bewertungsfunktion von einem Schritt zum Nächsten um weniger als eine vorgegebene Toleranz sinkt. Das resultierende Szenario ist der Eckpunkt des letzten Simplex.

Die mehrdimensionale Simplex-Methode ist ziemlich einfach, benötigt aber relativ viele Funktionsauswertungen. Effizienter aber komplizierter in der Implementierung ist die *mehrdimensionale Powell-Methode*. Diese Methode besteht aus Schritten, in denen jeweils n eindimensionalen Minimierungen in n Richtungen vorgenommen werden. Der Kernpunkt ist die Bestimmung der n Richtungen für den nächsten Schritt von n Minimierungen. Dabei gibt es zwei Strategien: Entweder sucht man Richtungen, die möglichst den Richtungen der Täler der Bewertungsfunktion entsprechen, oder man sucht Richtungen mit der Eigenschaft, dass die Minimierung in einer Richtung nicht zerstört wird durch die darauf folgende Minimierung in einer anderen Richtung. Für beide Strategien findet man Implementierungen in Press et al. (1992; pp. 413-420).

Die *Simulated Annealing-Methode* hat viel Beachtung gefunden, weil mit ihrer Hilfe bekannte rechenaufwändige Optimierungsprobleme gelöst wurden. („Annealing“ bezeichnet das langsame Abkühlen eines Metalls, das in einen Zustand minimaler Energie führt. Schnelles Abkühlen führt oft in einen amorphen Zustand von höherer Energie.) Ihre besondere Stärke spielt diese Methode in Fällen aus, wo das gesuchte globale Minimum unter vielen kleinen lokalen Minima versteckt ist. Die Besonderheit der Methode besteht darin, dass der Schritt von einem Szenario zum Nächsten nicht deterministisch, sondern stochastisch ist. Ausgehend von einem Szenario wird nach dem Zufallsprinzip ein Kandidat für ein neues Szenario gewählt. Die Differenz des Wertes der Bewertungsfunktion zwischen dem kandidierenden und dem alten Szenario sei ΔP . Hat die Bewertungsfunktion im kandidierenden Szenario einen geringeren Wert, wird es realisiert; hat die Bewertungsfunktion im kandidierenden Szenario einen höheren Wert (ist also $\Delta P > 0$), wird es nur mit Wahrscheinlichkeit $e^{-\Delta P/T}$ realisiert. Der Parameter T entspricht der Temperatur und bestimmt die Neigung des Systems, in einen Marktzustand mit höherem Portfoliowert zu gehen. Im Lauf des Suchprozesses wird T – und damit die Neigung des Systems, Marktzustände mit höherem Portfoliowert zu realisieren – allmählich gesenkt. Nach wievielen Suchschritten und um wieviel der Parameter T reduziert wird, wird in einem „Abkühlungsfahrplan“ geregelt. Die Wahl des Abkühlungsfahrplans ist von wesentlicher Bedeutung für die Effizienz des Algorithmus.

Bei der Simulated Annealing-Methode ist die Gefahr, in einem lokalen Minimum stecken zu bleiben geringer als bei anderen Minimierungsalgorithmen, weil der Prozess auch zu Marktzuständen mit höherem Portfoliowert wandern kann. Die schrittweise Reduktion des Parameters T entspricht dem schrittweisen Übergang von einer Grob- zu einer Feinsuche.

Da die Risikofaktoren einen kontinuierlichen Wertebereich haben, ist die Simulated Annealing-Methode hier schwieriger zu implementieren als bei der Minimierung einer Funktion mit diskretem Definitionsbereich. Eine Implementierung wird in Press et al. (1992, pp. 451-455) gegeben. Für Zwecke der Worst Case-Szenarien-Suche ist allerdings auch eine Diskretisierung des

Wertebereichs der Risikofaktoren möglich, solange das Gitter fein genug gewählt wird. Je schärfere Spitzen die Bewertungsfunktion hat, desto feiner muss das Gitter gewählt werden.

Literaturverzeichnis

Regulatorische Materialien

Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1995): *Eigenkapitalunterlegung des Marktrisikos auf der Basis interner Modelle*, Vorschlag zur Konsultation

Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (1996): *Änderung der Eigenkapitalvereinbarung zur Einbeziehung von Marktrisiken*

Bestimmungen des österreichischen Bankwesengesetzes i.d.F. BGBl. Nr. 753/1996 und Nr. 757/1996

CAD: *Richtlinie 93/6/EWG des Rates vom 15. März 1993 über die angemessene Eigenkapitalausstattung von Wertpapierfirmen und Kreditinstituten*, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 141 vom 11. Juni 1993, 1-26

CAD II: *Richtlinie 98/31/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Änderung der Richtlinie 93/6/EWG des Rates über die angemessene Eigenkapitalausstattung von Wertpapierfirmen und Kreditinstituten*, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 204 vom 21. Juli 1998, 13-25

Derivatives Policy Group (1995): *Framework for Voluntary Oversight*. Abrufbar von <http://risk.ifci.ch>

Internationaler Währungsfonds: *Annual Report on Exchange Arrangements and Exchange Restrictions*. Abrufbar von <http://www.imf.org>

Modellverordnung: *Verordnung des Bundesministers für Finanzen zur Durchführung des Bankwesengesetzes hinsichtlich interner Modelle der Marktrisikobegrenzung*, BGBl. II Nr. 179/1997

Wissenschaftliche Arbeiten

Acar E. und James S. (1997): *Maximum Loss and Maximum Drawdown in Financial Markets*, International Conference on Forecasting Financial Markets, London, UK, May 1997

Brooks R. und Yong Yan D. (1999): London Inter-Bank Offer Rate (LIBOR) versus Treasury Rate: Evidence from the Parsimonious Term Structure Model, *Journal of Fixed Income*, June 1999, 71-83

Gay G. D., Kim J. und Nam J. (1999): The Case of the SK Securities and J.P. Morgan Swap: Lessons in VaR Frailty, *Derivatives Quarterly*, Spring 1999, 13-26

Kupiec, P. H. (1998): Stress Testing in a Value at Risk Framework, *Journal of Derivatives*, Fall 1998, 7-24

Nelder J. A. und Mead R. (1965): *Computer Journal* 7, 308-313

Niederreiter H. (1992): *Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods*, SIAM, Philadelphia PA

Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. und Flannery B. P. (1992): *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK

Shaw J. (1997): Beyond VAR and Stress Testing. In: *VAR – Understanding and Applying Value-at-Risk*, KPMG/Risk Publications, 221-224