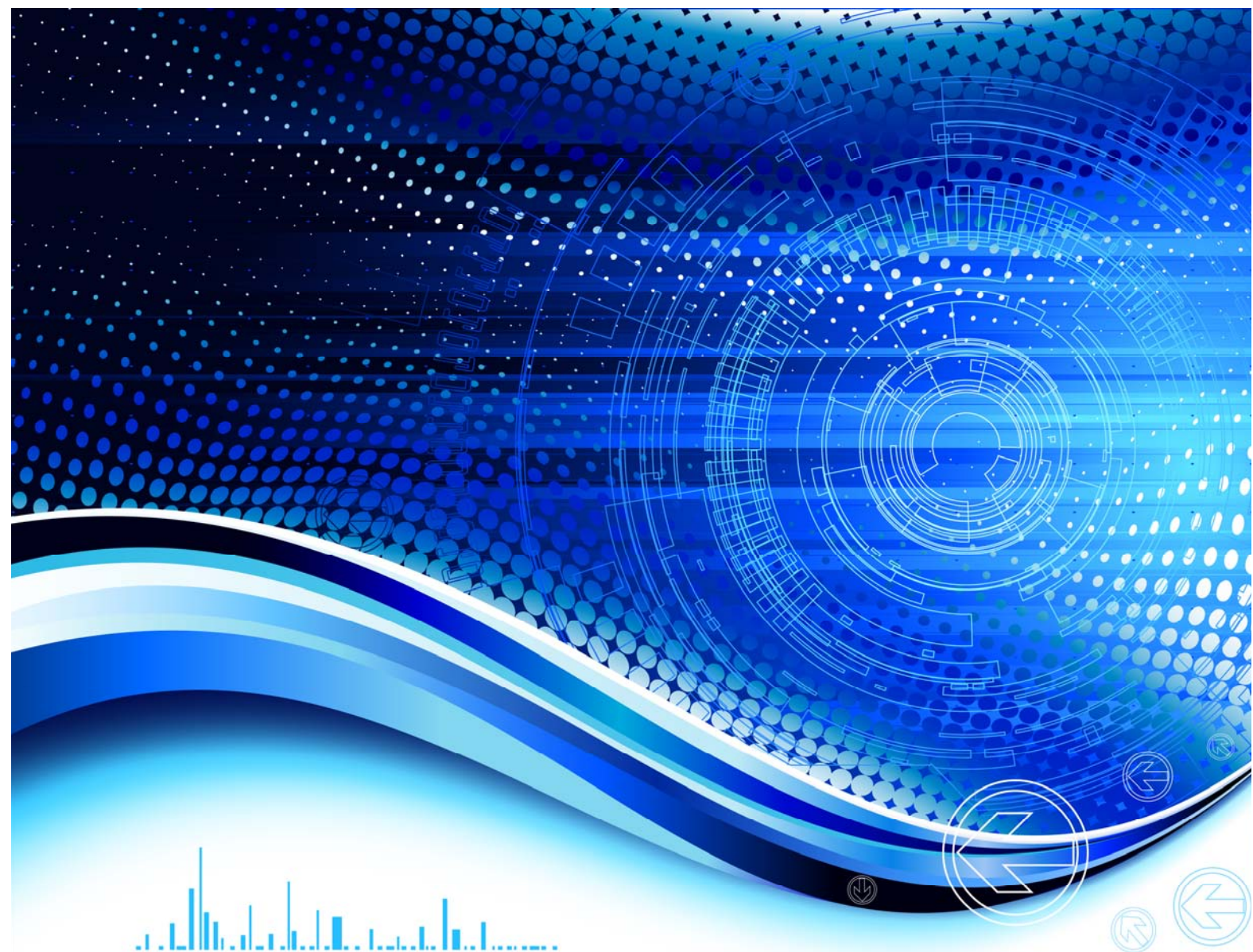


Dr. Peter Hager

# Cash Flow at Risk und Value at Risk in Unternehmen



## **Vorwort**

In den letzten Jahren erfreuen sich die Ansätze zur dynamischen Szenario-Analyse in Form von Cash Flow at Risk, EBIT at Risk, Earnings at Risk oder Budget at Risk großer Beliebtheit in der Planung der Unternehmen und deren Risikomanagement. Diese Entwicklung begleite ich mit Freude und Wunsch einer großen Verbreitung des Konzepts in der Unternehmenssteuerung. Risikomodelle ersetzen nicht das eigenständige Denken im Management, können aber verantwortlich eingesetzt die Qualität von Entscheidungen verbessern. Das nachfolgend vorgestellte Konzept ist ein wichtiger Meilenstein auf diesem Weg.

Bei dem vorliegenden Buch handelt es sich um meine 2001 erstellte Dissertation zum finanziellen Risikomanagement in Unternehmen, geschrieben bei Herrn Prof. Dr. Arnd Wiedemann am Lehrstuhl Finanz- und Bankmanagement und eingereicht am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Siegen. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Eine auf der Dissertation beruhende, später erschienene und deutlich umfangreichere Buchhandelsversion unter dem Titel „Corporate Risk Management – Cash Flow at Risk und Value at Risk“ ist leider seit einigen Jahren restlos vergriffen. Seitdem haben mich zahlreiche Anfragen mit der Bitte erreicht, bei der Beschaffung des Buches behilflich zu sein. Umgekehrt hat es leider auch einige weniger rühmliche Plagiate gegeben. Daher habe ich mich nun zu einer Veröffentlichung des Originals im Netz entschlossen.

Im Zusammenhang mit der Dissertation gilt mein herzlicher Dank meinen Eltern, die mir jederzeit und vorbehaltlos vom Studium bis zur Vollendung meiner Promotionsphase in jeglicher Hinsicht eine große Stütze waren. Ihnen sei daher diese Arbeit gewidmet.

Köln, 2010

*Peter Hager*

## Inhaltübersicht

<b>EINLEITUNG: FINANZIELLES RISIKOMANAGEMENT ALS TEIL DES UNTERNEHMERISCHEN FINANZMANAGEMENTS .....</b>	<b>1</b>
<b>ERSTER TEIL: DIE RISIKOINVENTUR.....</b>	<b>9</b>
<b>A RISIKEN DER UNTERNEHMUNG.....</b>	<b>9</b>
<b>B DAS RISIKOPOTENZIAL EINER UNTERNEHMUNG ....</b>	<b>19</b>
1. VALUE EXPOSURE VERSUS CASH FLOW EXPOSURE .....	19
2. KATEGORIEN FINANZIELLER EXPOSURES .....	25
<b>ZWEITER TEIL: VON DER ZEITPUNKT- ZUR ZEITRAUMBEZOGENEN MESSUNG FINANZIELLER RISIKEN .....</b>	<b>33</b>
<b>A DIE RISIKOMESSUNG BEI BESTANDS-EXPOSURES....</b>	<b>33</b>
1 DAS VARIANZ-KOVARIANZ-MODELL .....	33
a) <i>Der Delta-Normal-Ansatz.....</i>	33
b) <i>Der Delta-Gamma-Ansatz.....</i>	40
c) <i>Kritische Analyse des Varianz-Kovarianz-Modells .....</i>	43
2 DIE HISTORISCHE SIMULATION .....	46
a) <i>Quotientenansatz.....</i>	46
b) <i>Faktor- versus Portfolioansatz.....</i>	48
c) <i>Kritische Analyse der Historischen Simulation .....</i>	53
3 DIE MONTE CARLO SIMULATION .....	55
a) <i>Die Generierung von Zufallszahlen .....</i>	55
b) <i>Das Simulations-Verfahren.....</i>	57
c) <i>Kritische Analyse der Monte Carlo Simulation .....</i>	59
<b>B ERSTELLUNG VON RISIKOPROGNOSEN FÜR LANGE ZEITHORIZONTE.....</b>	<b>62</b>
1 DETERMINISTISCHE TERMINPREISE .....	62
a) <i>Forward-Zinssätze .....</i>	62
b) <i>Devisenterminkurse.....</i>	66
c) <i>Futurespreise von Rohstoffen.....</i>	69
2 PROGNOSEN AUF BASIS VON VERTRAUENSINTERVALLEN .....	74
a) <i>Die Modellierung der Unsicherheit zukünftiger Preise .....</i>	74
b) <i>Fallstudie 1: Einnahmen aus der Lizenzvergabe im Ausland.....</i>	75
3 PROGNOSEN AUF BASIS ÖKONOMETRISCHER MODELLE .....	81

<b>C EXPOSURE-MAPPING.....</b>	<b>86</b>
1 WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN RISIKOFAKTOREN .....	86
2 VALUE AT RISK VERSUS CASH FLOW AT RISK .....	89
a) <i>Kurzfristige versus mittelfristige Risikoprognosen</i> .....	89
b) <i>Ermittlung der Earnings at Risk</i> .....	102
<b>DRITTER TEIL: STEUERUNG FINANZIELLER RISIKEN IN UNTERNEHMEN.....</b>	<b>105</b>
<b>A BERÜCKSICHTIGUNG OPERATIVER CASH FLOWS (FALLSTUDIE 2).....</b>	<b>105</b>
<b>B BERÜCKSICHTIGUNG VON KONKURRENTEN (FALLSTUDIE 3).....</b>	<b>114</b>
<b>C INTEGRIERTE RISIKOMESSUNG .....</b>	<b>119</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>124</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>129</b>
1 BACKTESTING DER VALUE AT RISK MODELLE.....	129
2 BACKTESTING DER PROGNOSEN MIT VERTRAUENSINTERVALLEN.....	140
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>151</b>
<b>SYMBOLVERZEICHNIS .....</b>	<b>152</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>153</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>155</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>156</b>

## Einleitung: Finanzielles Risikomanagement als Teil des unternehmerischen Finanzmanagements

Der seit Jahren weltweit zunehmende Wettbewerb, sinkende Margen sowie sich häufende Meldungen von hohen finanziellen Verlusten stärken bei Unternehmen das Bewusstsein für Risiken und den Bedarf nach einem effizienten Risikomanagement. Im Fokus dessen stehen die betrieblichen Zahlungsströme (engl. Cash Flows), auf deren Basis der Wert und die Profitabilität des Unternehmens bestimmt werden. Nach hohen Verlusten in den 90er Jahren infolge von Zins- und Wechselkursrisiken bei namhaften Unternehmen wie DaimlerChrysler, BMW, Lufthansa, Procter & Gamble und Opel rücken die finanziellen Risiken immer stärker in das Visier der Unternehmensführung.<sup>1</sup>

Welche Bedeutung finanzielle Risiken für das Finanzmanagement von Unternehmen haben, spiegelt eine 1999 in Deutschland unter den 500 größten Unternehmen (ohne Banken und Finanzdienstleister) durchgeführte Studie zum Thema „Finanzielles Risikomanagement in Unternehmen“ wider.<sup>2</sup> Neben der Sicherstellung der notwendigen Liquidität ist die **Reduzierung finanzieller Risiken** als häufigstes finanzielles Ziel genannt worden (vgl. Tab. 1).

Risiken haben ihren Ursprung in der Unsicherheit über die Zukunft. Die Früherkennung von Risiken bildet nicht nur die Grundlage zu deren Reduzierung, sondern auch die Möglichkeit, Chancen des Unternehmens auszumachen und zu nutzen. Die Erfüllung gesetzlicher Auflagen kann nur eine Nebenbedingung und nicht die Motivation für das Management von Risiken sein. Ein Risikomanagementsystem wird in dieser Arbeit als ein Instrument für die Früherkennung von Chancen und Risiken sowie die hieraus folgende Erzielung zusätzlicher Erträge und Vorteile gegenüber Konkurrenten verstanden. Das Unternehmen stellt ein

---

<sup>1</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 20; JORION, P. (1997), S. 23 ff.; PFENNIG, M. (2000), S. 1298.

<sup>2</sup> Vgl. WIEDEMANN, A. (2000), Management Summary zur Studie.

Portfolio von Risiken dar, die zuvor im Rahmen einer Risiko Allokation bewusst ausgewählt und eingegangen wurden, um dadurch Chancen zu nutzen.<sup>3</sup> Zum Risikomanagement zählen alle Aktivitäten, die der Identifikation, Analyse und Quantifizierung von Risiken dienen sowie bei der optimalen Risikopositionierung des Unternehmens helfen. Ein funktionierendes Risikomanagement ist daher ein wichtiger Wettbewerbsvorteil und kann die in Tab. 1 genannten finanziellen Ziele erfüllen helfen.

Rang	finanzielle Ziele	Häufigkeit (prozentual)
1	Liquiditätssicherung	69,8
2	Reduzierung der finanziellen Risiken	69,0
3	Maximierung des Shareholder Value	55,0
4	Optimierung des Finanzergebnisses	52,7
5	Minimierung des Finanzaufwandes	49,6
6	Sonstige	3,1

Tab. 1: Finanzielle Ziele von Unternehmen

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht das **finanzielle Risikomanagement** in Unternehmen. Die traditionellen Beiträge der Betriebswissenschaft zum Management finanzieller Risiken beschränken sich i.d.R. auf die Kapitalmarkttheorie und den Einsatz von Instrumenten zur Absicherung von Zins- und Wechselkursrisiken. Bezeichnend für diese Ansätze ist es, dass Risiken gesteuert werden ohne zuvor eine Messung des vorhandenen Risikopotenzials durchzuführen. In Abb. 1 sind die Aktivitäten von deutschen Großunternehmen am Beispiel des Währungsrisikomanagements gezeigt.<sup>4</sup> Das Währungsrisiko erachten 83,7 % der befragten Unternehmen als relevant. Allerdings wird in nur 61,2 % der Unternehmen das Risiko gemessen, wohingegen 83,7 % Finanzderivate zu dessen Steuerung einsetzen.

<sup>3</sup> Vgl. BODNAR, G./ SMITHSON, C. (2001), S. 58 f.

<sup>4</sup> Vgl. WIEDEMANN, A. (2000), Management Summary zur Studie.

Diejenigen Unternehmen, die ihr Risiko messen, verwenden dazu vorwiegend Szenarioanalysen.

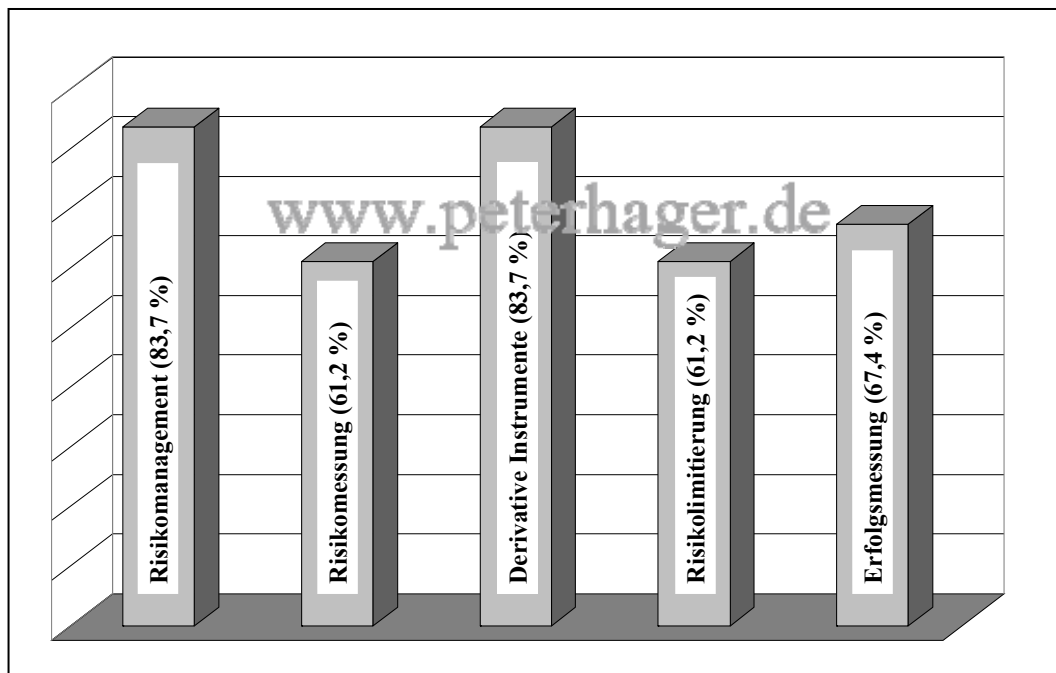


Abb. 1: Aktivitäten im Währungsrisikomanagement

Wissenschaftliche Arbeiten zur Messung der finanziellen Risiken in Unternehmen mit Hilfe von statistischen Verfahren finden sich in der Literatur seit den neunziger Jahren. Hier sind **drei Ansätze** erkennbar. Ein erster Ansatz besteht darin, mit **Regressionsanalysen** und Kapitalmarktdaten auf das finanzielle Risiko von Unternehmen zu schließen. Dabei wird beispielsweise die Aktienrendite eines Unternehmens in Abhängigkeit von der Entwicklung verschiedener Wechselkurse, Zinssätze, Rohstoffpreise und einem Residuenterm für firmenspezifische Einflüsse analysiert. Die Anwendung solcher Methoden setzt voraus, dass die Prämissen eines effizienten Kapitalmarktes erfüllt sind, alle Marktteilnehmer sämtliche Informationen über ein Unternehmen kennen und diese korrekt in dem Börsenkurs widerspiegelt werden. Wegen der Orientierung an dem Börsenkurs sind diese Modelle auf börsennotierte Unternehmen beschränkt. Eine ausführliche Diskussion der Regressionsmodelle mit einer beispielhaften Übersicht für die Abhängigkeit der Aktienrenditen deutscher Autohersteller von Wechselkursen, Metallprei-

sen und Zinsen findet sich bei BARTRAM.<sup>5</sup> Der Nachteil solcher Ansätze besteht in der mangelnden Berücksichtigung von unternehmensinternen, also nicht öffentlich zugänglichen Informationen. Außerdem werden Vergangenheitsdaten analysiert, aus denen nur historische Exposures bestimmt werden können. Diese sind jedoch wenig aussagefähig für Unternehmen, die zwischenzeitlich ihre Strukturen verändern oder neue Märkte erschlossen haben.<sup>6</sup>

Bei dem **zweiten Ansatz** handelt sich um einen top-to-down Ansatz, bei dem die Risikomessung in Abhängigkeit einzelner Risikofaktoren wie z.B. Wechselkurse, Zinssätze und Rohstoffen wegen der zahlreichen Interdependenzen als zu komplex abgelehnt wird. Stattdessen erfolgt auf Basis von den historischen Abweichungen zwischen den geplanten und den realisierten Unternehmens - Cash Flows eine Volatilitätsschätzung. Das Beratungsunternehmen NERA - National Economic Research Associates (New York) hat in Zusammenarbeit mit der Harvard University 85.000 geplante und realisierte Cash Flows aus einer Vielzahl amerikanischer Unternehmen für eine Historie von 11 Jahren verglichen.<sup>7</sup> Die einbezogenen Unternehmen wurden in 85 Klassen eingeteilt, jedoch nicht nach Branchen sondern nach Faktoren wie z.B. der Vergleichbarkeit ihrer Cash Flow Profile. Die genauen Kriterien für die Klasseneinteilung wurden nicht veröffentlicht. Dieser Ansatz ist bisher nur für große (amerikanische) Unternehmen anwendbar, da nur solche in den 85 Klassen erfasst wurden. Das Modell ist an einer langen Historie ausgerichtet und kann zukünftige Änderungen von Umweltbedingungen wie z.B. die Stromkrise in Kalifornien nicht aus der Vergangenheit ableiten.

Der **dritte Ansatz** widmet sich der Übertragung von in der Bankpraxis bewährten Risikomodellen auf die unternehmerische Praxis. In der Bankenwelt werden seit einigen Jahren finanzielle Risiken mit statistischen Verfahren quantifiziert. Das

---

<sup>5</sup> Vgl. BARTRAM, S.M. (2000a), S. 1275 f.

<sup>6</sup> Vgl. BARTRAM, S.M. (1999), S. 71.

<sup>7</sup> Vgl. NERA, [www.nera.com](http://www.nera.com).



am weitesten verbreitete Risikomaß ist der Value at Risk, der den maximalen Verlust eines Finanzportfolios mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit binnen eines definierten Zeitraums quantifiziert. Das Value at Risk Konzept hat seinen Ursprung in den Handelsabteilungen von Banken und Finanzdienstleistern.<sup>8</sup> Deren Umfeld unterscheidet sich jedoch stark von dem Unternehmensumfeld: in Banken existieren vorwiegend finanzielle Vermögensgegenstände mit relativ einfach zu bestimmenden Barwerten. Die Cash Flows in Banken sind überwiegend vertraglich fixiert, daher nahezu sicher und diskontierbar. Gleichzeitig ist der für eine Risikomessung zu prognostizierende Zeitraum sehr kurz. Von den Handelsabteilungen wurde das Value at Risk Konzept für Risikoprosen von 1 Tag entwickelt, in der Gesamtbanksteuerung wird es häufig für Prognosezeiträume von z.B. 10 Tagen verwendet.

Unternehmen können das Value at Risk Konzept anwenden, um ebenfalls das Risiko ihrer finanziellen Vermögensgegenstände zu messen. Portfolios mit Aktien und Anleihen haben jedoch einen oft untergeordneten Anteil am Gesamtwert der Unternehmung. Der Marktwert eines Unternehmens wird von Realgütern wie z.B. Gebäude, Maschinen und Rohstoffe dominiert. Auch die immateriellen Güter wie z.B. Patente aus Forschung und Entwicklung, Marktanteile und erfolgversprechende Investitionspläne können einen erheblichen Teil zum Unternehmenswert beitragen. Der Wert eines Unternehmens wird maßgeblich von dem zu erwartenden Cash Flow bestimmt. Im Extremfall kann ein Unternehmen auch (noch) keine Vermögensgegenstände besitzen.<sup>9</sup> Insbesondere in den Zukunftsbranchen Chemie, Pharmazie, Touristik, Halbleitertechnik und Internetdienstleistungen haben Forschung und Entwicklung sowie Spezialwissen und die daraus erwarteten operativen Cash Flows häufig einen großen Einfluss auf den Unternehmenswert.

Für das operative Geschäft der Unternehmen werden weitaus längere Planungshorizonte benötigt als im Portfolio-Management von Banken. Damit verbunden ist

---

<sup>8</sup> Vgl. STOCKS, M. E. (1997), S. 78.

<sup>9</sup> Vgl. MEVAY, J./ TURNER, C. (1995), S. 84.

der Bedarf nach mittelfristigen Risikoprosen. Im Gegensatz zu Finanzanlagen können die Cash Flows aus Realgütern oder immateriellen Gütern nicht immer einfach quantifiziert werden. Zukünftige Cash Flows einer Unternehmung sind häufig nur zu geringen Anteilen vertraglich fixiert und deshalb unsicher. Obendrein unterliegen sie meist saisonalen und zufallsabhängigen Schwankungen, die von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sein können und in der Cash Flow Volatilität zum Ausdruck gelangen. Schwankungen in den operativen Cash Flows bedeuten aber auch eine permanente Änderung finanzieller Risiken. Beispielsweise bedeuten rückläufige Exportumsätze einerseits eine Änderung des Rohstoffbedarfs und damit des Rohstoffpreisrisikos, andererseits ändert sich mit den Exporterlösen auch das Wechselkursrisiko. Umgekehrt können Exportumsätze gerade deshalb zurückgehen, weil sich der Wechselkurs verschlechtert hat und in der Folge weniger Produkte im Ausland abgesetzt werden können.

Ein für Unternehmen adäquates Steuerungskonzept muss unter Berücksichtigung der Unsicherheit zukünftiger Cash Flows auf Zahlungsebene und nicht auf Wertebene ansetzen. Im Gegensatz zu den barwertorientierten Bankern sind Unternehmensführer an Planungs- und Steuerungsgrößen wie Cash Flows, Jahresüberschuss und EBIT (earnings before interest and taxes) interessiert.<sup>10</sup> Diesem Anspruch werden die Risikokennzahlen Cash Flow at Risk und Earnings at Risk gerecht. Die Implementierung von Cash Flow at Risk und Earnings at Risk Messungen in das unternehmerische Risikomanagement dient zunächst der frühzeitigen Erkennung von Liquiditätsrisiken oder potenziellen Verlusten infolge von Wechselkurs-, Zins- oder Rohstoffpreisänderungen.

Die zukünftigen Cash Flows und Jahresüberschüsse (Earnings) eines Unternehmens werden bei den neuen Modellen nicht mehr als konstante und sichere Größen definiert, denn gerade die Unsicherheit über deren zukünftige Höhe ist ein wichtiger Risikofaktor. Beide Modelle sind ein wesentliches Stück unabhängiger

---

<sup>10</sup> Vgl. BECHHOFFER, S. (2001), S. 45, 48. JORION, P. (2001), S. 366.

von der Annahme, dass zukünftige operative Cash Flows sicher vorhersehbar seien und können daher einen höheren Beitrag zur Früherkennung von Chancen und Risiken leisten.

In Abhängigkeit von den individuellen Gegebenheiten eines Unternehmens können beliebig viele Interdependenzen zwischen den Risikofaktoren berücksichtigt werden, dazu zählen nicht nur Korrelationen, sondern z.B. auch Preiselastizitäten wie sie zwischen Wechselkursschwankungen und den damit verbundenen Absatzmengen zu beobachten sind. Der Brückenschlag von den Marktpreisrisiken zu den Marktrisiken ist ebenso möglich wie die Berücksichtigung strategischer und operationeller Risiken. In der ersten Entwicklungsstufe beschränken sich beide Ansätze noch auf die Messung und Steuerung finanzieller Risiken, jedoch werden die Schnittstellen zu den anderen Risikoarten schon aufgezeigt.

Den statistischen Risikomodellen wird häufig eine Normalverteilung mit dem Erwartungswert Null zu Grunde gelegt. Als einzige Unbekannte bleibt die Volatilität übrig, gegebenenfalls sind noch Korrelationen zu ermitteln. Bevor die Modelle auf die Unternehmenswelt übertragen werden können, gilt es, deren vereinfachende Annahmen und die daraus resultierenden möglichen Fehlerquellen zu untersuchen.

Der **erste Teil** der Dissertation widmet sich in **Kapitel A** der Definition von Risiko und Risikoquellen. Die Risiken eines Unternehmens werden nach Art und Umfang abgegrenzt und es erfolgt eine Darstellung der konventionellen Messung von Risiken mit Hilfe der Szenario-Analysen. Moderne Methoden bedienen sich statistischer Verfahren. Das **Kapitel B** widmet sich der Frage wie finanzielle Risiken mit statistischen Modellen gemessen werden.

Der **zweite Teil** ist gänzlich den Modellen zur Messung von Risiken gewidmet. Im **Kapitel A** werden alternative Value at Risk Modelle zur Messung von Marktwerttrisiken finanzieller Vermögensgegenstände diskutiert. Die beiden Varianz-

Kovarianz-Ansätze, die Historische Simulation und die Monte Carlo Simulation werden ausführlich dargestellt. Der Fokus liegt auf den vereinfachenden Annahmen und möglichen Fehlerquellen der Modelle. Alle vier Ansätze werden in der Praxis angewendet, jedoch ist nicht jedes der drei Modelle für die Betrachtung aller Risikoarten geeignet. Das **Kapitel B** widmet sich der Prognose von Risikofaktoren längerer Prognosezeiträume, wie sie beispielsweise im Risikomanagement von Unternehmen erforderlich sind. Drei unterschiedliche Ansätze werden dargestellt und diskutiert. Das **Kapitel C** zeigt Instrumente, mit denen verschiedene Risikoarten in einem Risikomodell berücksichtigt werden können. Abschließend wird das Cash Flow at Risk Modell zur Messung von Cash Flow Exposures präsentiert. In diesem Zusammenhang werden die Unterschiede zu dem Earnings at Risk Konzept und zu dem traditionellen Value at Risk Konzept aufgezeigt.

Im **dritten** und letzten **Teil** wird der Einsatz der Risikomodelle anhand von Fallstudien mit Marktdaten demonstriert. Schrittweise wird die Komplexität der Beispiele erhöht und bei den operativen Risiken wird beispielsweise auch das Risiko des Verlustes von Marktanteilen berücksichtigt. Zum Abschluss der Arbeit erfolgt eine ex post Prüfung der Risikomodelle und der Langzeitprognosen. Alle verwendeten **Marktdaten** wurden von der **Bundesbank** zur Verfügung gestellt. Die vier präsentierten Value at Risk Modelle werden in sieben Varianten über einen Zeitraum von 255 Handelstagen getestet. Für die Langzeitprognosen der Marktpreise werden die Vertrauensintervalle mit dem tatsächlich eingetretenen Verlauf verglichen. Aus den Ergebnissen wird eine Einschätzung für die Zuverlässigkeit der einzelnen Modelle abgeleitet. Zusätzlich werden die Testergebnisse anderer Autoren hinzugezogen.

## Erster Teil: Die Risikoinventur

### A Risiken der Unternehmung

Unternehmen als Teilnehmer der globalen Wirtschaft sind einer Reihe von Risiken ausgesetzt. Für den Aufbau eines funktionierenden Risikomanagements ist die Kenntnis und Katalogisierung der Risiken ein elementarer Baustein, auf den später Mess-, Steuer- und Limitsysteme aufgesetzt werden können.

Der Begriff „**Risiko**“ ist aus dem italienischen Wort „risicare“ abgeleitet, welches übersetzt „etwas wagen“ oder „herausfordern“ bedeutet.<sup>11</sup> Risiko bedeutet daher nicht, einem Schicksal ausgesetzt zu sein, vielmehr handelt es sich um eine aktive Entscheidung für oder gegen ein Wagnis. Das setzt voraus, dass sowohl die möglichen Verluste als auch die Chancen aus dem Eingehen des Wagnisses bekannt sind. In der betriebswirtschaftlichen Literatur wird Risiko teilweise als die Möglichkeit eines unvorteilhaften Umweltzustandes definiert.<sup>12</sup> Etwas allgemeiner kann Risiko als die unerwartete Abweichung von einem erwarteten Wert oder einer Zielgröße aufgefasst werden.<sup>13</sup> Die in dieser Arbeit behandelten finanziellen Risiken werden definiert als die Gefahr eines unerwarteten Verlustes, der mit Hilfe von statistischen Kennzahlen wie der Varianz oder Standardabweichung quantifiziert werden kann. An der Definition der Verlustgefahr ist hervorzuheben, dass nur unerwartete Verluste ein Risiko darstellen, denn erwartete Verluste werden in den Marktpreisen bereits reflektiert und sind daher kein Risiko.

Unerwartete Gewinne können ebenso eintreten wie unerwartete Verluste. Aus unerwarteten Gewinnen entstehen jedoch keine Nachteile für das Unternehmen und deshalb liegt der Fokus auf den unerwarteten Verlusten.<sup>14</sup> Als Volatilität wird

---

<sup>11</sup> Vgl. BERNSTEIN, P. L. (1996), S. 8.

<sup>12</sup> Vgl. Hinweise bei BARTRAM, S.M. (2000b), S. 249.

<sup>13</sup> Vgl. DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 363.

<sup>14</sup> Vgl. GLAUM, M. (2000), S. 13.

die in Prozent ausgedrückte Standardabweichung von Renditen bezeichnet, die auf einen bestimmten Zeitraum zurückgeht. Wenn die Volatilität eines Risikofaktors durch Absicherungsmaßnahmen verringert wird, bedeutet dies nicht nur eine Verringerung des Risikos unerwarteter Verluste, sondern auch geringere Chancen. Das Risikomanagement muss daher stets sowohl die Risiken als auch die Chancen eines Wagnisses beurteilen können und abwägen, wie viele Chancen für den Abbau von einer Einheit Risiko aufgegeben werden müssen.

Dass Risikomanagement die Volatilität von Cash Flows und Erträgen (earnings) eines Unternehmens verringert, wird nicht bestritten. Sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft wird jedoch darüber diskutiert, ob das Management von Risiken einen zusätzlichen Wert für das Unternehmen oder seine Eigentümer schaffen kann. Mit dieser Frage haben sich FENN, POST und SHARPE in ihrem Aufsatz „Does Corporate Risk Management Create Shareholder Value? – A Survey of Economic Theory and Evidence“ ausführlich beschäftigt.<sup>15</sup> Darüber hinaus haben die Autoren untersucht, welche Motivation Unternehmen dazu bewegt, ihre Risiken zu steuern und gegebenenfalls abzusichern. Die Erkenntnisse ihrer Untersuchung werden nachfolgend zusammengefasst.

Unternehmen können gemäß der Modigliani Miller These ihren Wert nicht dadurch erhöhen, dass sie ihre Risikostruktur ändern, z.B. durch eine höhere Fremdverschuldung.<sup>16</sup> Dann können Unternehmen ihren Wert auch dadurch nicht erhöhen, dass sie ihre Risiken mindern (Änderung der Risikostruktur). Auch die Portfoliotheorie widerspricht der Annahme, dass mehr unternehmensspezifisches Risiko zu einem höheren Unternehmenswert führt. Denn unternehmensspezifische Risiken sind seitens der Anleger durch Diversifikation auf ein Minimum reduzierbar. Ein gut diversifizierter Anleger wird daher für eine Aktie mit geringen unternehmensspezifischen Risiken nicht mehr bezahlen. Im Gegenteil, aus der Sicht der Portfolio Theorie könnte das Risikomanagement eines Unternehmens im Ext-

---

<sup>15</sup> Vgl. FENN, G. W./ POST, M./ SHARPE, S.A. (1997), S. 13 - 32.

<sup>16</sup> Vgl. KRUSCHWITZ, L. (1995), S. 249; PERRIDON, L./ STEINER, M. (1997), S. 491 ff.

remfall dazu führen, dass die Reduzierung der Risiken und damit der Aktienvolatilität zu einer unerwünschten Verringerung der Diversifikationseffekte in den Portfolien der Anleger führt.

In dieser Argumentation wird jedoch unterstellt, dass im Rahmen des Risikomanagements nur unternehmensspezifische Risiken reduziert werden. Die systematischen Risiken, von denen in der Regel alle Unternehmen betroffen sind, wurden bisher noch nicht betrachtet. Beispielsweise dürften alle Unternehmen mit Fremdkapital von einem Anstieg der Zinsen betroffen sein. Ebenso dürfte für alle exportierenden Unternehmen eines Währungsraums eine Aufwertung ihrer Heimatwährung zu sinkenden Exporten führen. Der Pharmaziehersteller Merck & Co. berichtet, dass eine hohe Wechselkursvolatilität sowohl im eigenen Unternehmen als auch in der gesamten Branche zu einem Rückgang der Forschungstätigkeiten führt.<sup>17</sup> Wenn Wechselkurse stark schwanken, schwanken die Erträge aus den weltweiten Exporten ebenso. Dann ist es schwierig, die Wirtschaftlichkeit von teuren Forschungsprojekten, die insbesondere in den USA durchgeführt werden, zu ermitteln. Das Risiko von Merck und den anderen Unternehmen aus der Pharmaziebranche besteht also nicht unmittelbar in den sinkenden Exporterlösen, sondern in der Gefahr eines Rückgangs von Investitionen in Forschung und Entwicklung wegen volatiler Wechselkurse. Daher wird durch das Risikomanagement sichergestellt, dass der Cash Flow des Unternehmens zur Deckung der geplanten Investitionen ausreicht.

Neben der Absicherung von Investitionen und dem Schutz gegen systematische Risiken, kann durch Risikomanagement die Steuerbelastung der Unternehmen reduziert werden. Diese Chance ergibt sich für Unternehmen, deren Steuersatz progressiv in Abhängigkeit der erzielten Gewinne ansteigt. Eine Verringerung der Volatilität kann helfen, die Erträge gleichmäßig zu verteilen und damit Ertrags-

---

<sup>17</sup> Vgl. FENN, G. W./ POST, M./ SHARPE, S.A. (1997), S. 19 ff.

spitzen mit hoher Steuerbelastung zu vermeiden.<sup>18</sup> Als Ergebnis stellen FENN, POST und SHARPE fest, dass insbesondere in Unternehmen mit einem großen Fremdkapitalanteil, hohen Wachstumsraten und/oder hohen Ausgaben für Forschung und Entwicklung durch Risikomanagement ein zusätzlicher Wert erzeugt werden kann. Bei den Unternehmen mit einem großen Fremdkapitalanteil sind weitere Kredite für Investitionen wegen der schlechten Bonität nur mit einem hohen Credit Spread erhältlich. Ein funktionierendes Risikomanagement kann helfen, geringere Bonitätsaufschläge durchzusetzen. Unternehmen mit hohen Wachstumsraten oder hohen Ausgaben für Forschung und Entwicklung sind darauf angewiesen, einen bestimmten Cash Flow nicht zu unterschreiten, um so zukünftige Investitionen sicherzustellen.

Ob das Risikomanagement den Unternehmenswert tatsächlich steigern kann, ist schwierig zu beweisen. Aber es wurden eine Reihe von Argumenten für das Risikomanagement in Unternehmen angeführt. In der Kapitalmarkttheorie werden die Anleger nur das Management solcher Risiken honorieren, die nicht unternehmensspezifische Risiken sind und somit bereits durch Diversifikation abgesichert werden können.<sup>19</sup> Als ein systematisches Risiko innerhalb eines Wirtschaftsraums wurde bereits die Gefahr von steigenden Zinsen oder unvorteilhaften Wechselkursänderungen beschrieben. Im folgenden gilt es, eine Übersicht der relevanten Risiken zu erstellen.

In der Literatur finden sich zahlreiche Ansätze für die Systematisierung von Risiken, die zum Teil sehr unterschiedlich ausfallen.<sup>20</sup> Zielführend scheint die Beschränkung auf wenige, möglichst trennscharfe Kategorien zu sein. Die folgenden

---

<sup>18</sup> Weil die Vergütung der Unternehmensführung häufig zu einem großen Teil ertragsabhängig ist, kann hieraus eine weitere Motivation zur Reduzierung der Volatilität von Cash Flows und Erträgen abgeleitet werden.

<sup>19</sup> In der Kapitalmarkttheorie dürfte somit das Management einer Reihe operationeller Risiken zu keiner Wertsteigerung des Unternehmens führen. Denn operationelle Risiken sind überwiegend unternehmensspezifisch und daher für Anleger diversifizierbar.

<sup>20</sup> Vgl. LEE, A. Y. (1999), S. 5; SCHIERENBECK, H./ LISTER, M. (2001), S. 311 ff. mit weiterführenden Verweisen. Insbesondere finanzielle Risiken werden erläutert bei PAUL, S. (2001), S. 86 ff.



Ausführungen erfolgen in Anlehnung an die Risikosystematisierung bei WIEDEMANN.<sup>21</sup>



Abb. 2: Die Risikopyramide in Unternehmen

Die Risiken eines Unternehmens lassen sich in betriebliche und finanzielle Risiken unterteilen (vgl. Abb. 2). Zu den wichtigen **betrieblichen Risiken** zählt das Risiko, weniger Produkte tatsächlich absetzen zu können als von der Unternehmung geplant ist. Eine Ursache hierfür kann in der Änderung des Kaufverhaltens bei den Kunden liegen, wie z.B. bei der im Jahr 2000 beginnenden Fleischkrise infolge von gehäuften BSE-Erkrankungen bei Rindern. Eine weitere Ursache ist auf politische Einflüsse wie Regulierungen, Krisen, Kriege und Handelsembargos zurückzuführen.

Der Einbruch von Passagierzahlen bei den Luftfahrtgesellschaften nach den Terroranschlägen auf das World Trade Center vom 11.09.2001 ist ein Beispiel für politisch induzierte Absatzrisiken. In der Folge kam es zu großen Verlusten und Insolvenzen bei Luftfahrtgesellschaften wie z.B. der SwissAir. Absatzrisiken kön-

<sup>21</sup> Vgl. WIEDEMANN, A. (1998), S. 4 ff.

nen aber auch auf eine unerwartete Veränderung von Marktpreisen zurückzuführen sein.

Neben den Absatzrisiken existieren viele weitere Betriebsrisiken, wie z.B. Personalrisiken, EDV-Risiken und Vertragsrisiken. Diese Risiken können weitgehend mit Hilfe geeigneter Organisationsformen, Aufsichtsregelungen und Versicherungspolicen auf ein tragbares Mindestmaß verringert werden, so dass an dieser Stelle keine Vertiefung erfolgt. Einige betriebliche Risiken wie z.B. der Produktionsausfall nach einem Brand, können trotz umsichtiger Vorkehrungen nicht vollständig eliminiert werden. Theoretisch hätte das Unternehmen die Möglichkeit, so viele Produktionsstätten für ein einziges Produkt zu errichten, dass die Vernichtung eines Standorts keine spürbare Auswirkung auf die Produktionsmenge aller Einheiten hat. In der Praxis würde das Konzept an den hohen Kosten scheitern. Ein anschauliches Beispiel hierfür liefert die Errichtung der Ersatzrechenzentren von Banken, deren Aufgabe einzig darin besteht, den Handel und die Geschäftstätigkeit für den Fall eines Totalausfalls des Hauptrechenzentrums aufrecht zu erhalten. Die Ersatzrechenzentren haben häufig eine geringere Kapazität und verursachen dennoch hohe Kosten. An eine Diversifizierung auf viele Einheiten mit der gleichen Aufgabe ist nicht zu denken. Daher ist bei den Betriebsrisiken zu prüfen, ob ein alternativer Risikotransfer mit Hilfe von Versicherungen sinnvoll ist. Eine systematische Darstellung der inzwischen vielfältigen Versicherungslösungen und Versicherungsderivate zum **alternativen Risikotransfer (ART)** findet sich bei ROMEIKE.<sup>22</sup>

Gleichwertig zu den Betriebsrisiken bilden die **finanziellen Risiken** eine zweite Hauptkategorie. Traditionell stehen in Unternehmen die **Liquiditätsrisiken** im Vordergrund, deren Überwachung die existenziell notwendige Bedingung der jederzeitigen Zahlungsfähigkeit einer Unternehmung sicherstellt. Diese Risikoart lässt sich feiner in Refinanzierungs- und Terminrisiken unterteilen. Ein Refinan-

---

<sup>22</sup> Vgl. ROMEIKE, F. (2001), S. 603 – 610.

zierungsrisiko entsteht, wenn das Unternehmen für seine Investitionen auf der Aktivseite bewusst längere Laufzeiten als auf der Passivseite eingeht. Ein Beispiel hierfür bietet eine 10-jährige Investition, die mit einem 5-jährigen Kredit refinanziert wird. Wegen der Fristeninkongruenz kann die notwendige Anschlussfinanzierung nach 5 Jahren ein Risiko darstellen, sofern sie nicht schon im Anschaffungszeitpunkt der Investition sichergestellt wird. Ein Instrument hierfür wäre beispielsweise ein Forward-Kredit, mit dem für einen in der Zukunft liegenden Zeitraum ein Kredit vertraglich fixiert wird. Im Beispiel wäre ein Forward-Kredit in 5 Jahren für 5 Jahre Laufzeit notwendig. Der Forward-Kredit wird im Jahr  $t=0$  abgeschlossen, beginnt in  $t=5$  und endet in  $t=10$ .<sup>23</sup>

Die zweite Art von Liquiditätsrisiken bilden Terminrisiken. Aus ungeplanten Veränderungen in der Kapitalbindungsdauer, so z.B. bei verspätet erhaltenen Zins- und Tilgungszahlungen aus Krediten oder Kundenforderungen, entstehen Terminrisiken für das Unternehmen und gefährden dessen Liquidität. Neben den Liquiditätsrisiken ist das Unternehmen zahlreichen **Erfolgsrisiken** ausgesetzt, welche die Gefahr einer unerwarteten Ergebnisverschlechterung für die Unternehmung kennzeichnen. Bei den Erfolgsrisiken lassen sich Marktpreis- und Ausfallrisiken unterscheiden.

Innerhalb der **Ausfallrisiken** findet eine Unterteilung in Adressen- und Sachwertausfallrisiken statt. Sachwertrisiken kennzeichnen die Gefahr einer Sachwertminderung, die z.B. bei Produktionsanlagen infolge technischen Fortschritts und bei Immobilien durch Kontamination des Bodens auftreten kann. Adressenausfallrisiken kennzeichnen die Gefahr eines teilweisen oder vollständigen Ausfalls von erwarteten Zahlungen aus Forderungen oder Unternehmensbeteiligungen.

---

<sup>23</sup> Die Kombination eines 5-jährigen Kredits mit einem 5-jährigen Forward-Kredit in 5 Jahren ist risikolos und deshalb wertgleich mit einem 10-jährigen Kredit. Daher könnte das Unternehmen mit diesem Konstrukt keinen Vorteil gegenüber einer fristenkongruenten Refinanzierung erzielen. Die Wirkung von solchen Konstruktionen wird ausführlich dargestellt bei WIEDEMANN, A. (1998), S. 79 ff.

Die **Marktpreisrisiken** stehen im Vordergrund dieser Arbeit und werden im folgenden detaillierter in Wechselkurs-, Zins-, Rohstoffpreis- und sonstige Preisrisiken (z.B. Aktien) unterteilt. Mit dem Wechselkursrisiko beginnend erfolgt in Anlehnung an BREUER<sup>24</sup> eine weitere Untergliederung in das Währungsumrechnungsrisiko, Umtauschrisiko und ökonomische Risiko. Eine ähnliche Unterteilung findet sich auch bei STULZ / WILLIAMSON.<sup>25</sup>

Das **Währungsumrechnungsrisiko (translation risk)** ist ein buchhalterisches Risiko und nicht liquiditätswirksam, es betrifft Bilanzpositionen, die originär in Fremdwährung ausgedrückt und damit abhängig von Wechselkursänderungen sind. Ein Beispiel hierfür ist die Beteiligung an einem ausländischen Unternehmen. Erfolgt eine Umrechnung der Bilanzposition in EUR, so können in Abhängigkeit vom aktuellen Wechselkurs unrealisierte Gewinne oder Verluste aus der Währungsumrechnung entstehen. Währungsumrechnungsrisiken entstehen, wenn für ursprünglich in Fremdwährung ausgewiesene Bilanzpositionen eine Umrechnung zu einem Stichtagswechsellkurs erforderlich ist.

Bei dem **Umtauschrisiko (transaction risk)** wird die Gefahr unvorteilhafter Wechselkursänderungen auf einen einzelnen, ausgewählten Cash Flow betrachtet. Bei einem Exportgeschäft würde beispielsweise eine Aufwertung der inländischen Währung EUR im Zeitraum zwischen der Entstehung einer USD-Forderung und deren Ausgleich zu Verlusten führen. Der Nachteil dieser Risikodefinition besteht in der Betrachtung von jeweils nur einem Cash Flow, für ein Risikomanagement auf der Ebene des gesamten Unternehmens ist jedoch die Berücksichtigung aller dem Wechselkursrisiko ausgesetzten Cash Flows notwendig.

Das **ökonomische Wechselkursrisiko (economic risk)** quantifiziert die Auswirkungen zukünftiger Wechselkursänderungen auf die Gesamtheit der erwarteten Cash Flows. Als Weiterführung des Beispiels zu den Umtauschrisiken wären hier

---

<sup>24</sup> Vgl. BREUER, W. (2000), S. 118 ff.

<sup>25</sup> Vgl. STULZ, R. M./ WILLIAMSON, R. G. (1997), S. 35 f.

alle Cash Flows aus allen Umsatzerlösen in der ausländischen Währung USD in die Risikobetrachtung einzubeziehen. Diese Risikodefinition wird den Anforderungen eines ganzheitlichen Risikomanagements gerecht und soll für die weiteren Untersuchungen zu Grunde gelegt werden. Im folgenden wird für alle Marktpreisrisikoarten nur noch das ökonomische Risiko betrachtet.<sup>26</sup>

Das **Zinsrisiko** bezeichnet eine weitere Risikoart innerhalb der Marktpreisrisiken. In einigen Quellen ist die Bezeichnung Zinsänderungsrisiko zu finden, jedoch wird in dieser Arbeit in Anlehnung an die Begriffe der anderen Marktpreisrisiken, namentlich Wechselkursrisiko, Rohstoffpreisrisiko und Aktienkursrisiko konsequenterweise die Bezeichnung Zinsrisiko verwendet. Das Zinsrisiko beschreibt die Gefahr einer Ergebnisveränderung auf Grund zukünftiger Zinsänderungen. Dabei ist zwischen Einzahlungen und Auszahlungen zu differenzieren. Der gegenwärtige Barwert aller zukünftigen Einzahlungen ist ein Bestandteil des Unternehmenswertes und sinkt bei steigenden Zinssätzen, da in diesem Falle eine stärkere Diskontierung erfolgt. Umgekehrt verhält es sich bei dem Barwert aller zukünftigen Auszahlungen. Dieser steigt bei sinkenden Zinsen auf Grund der abnehmenden Diskontierungswirkung. Ein steigender Barwert zukünftiger Auszahlungen bedeutet höhere Verbindlichkeiten für das Unternehmen und mindert den Unternehmenswert. Statt das Zinsrisiko von zukünftigen Einzahlungen und Auszahlungen getrennt zu betrachten, ist es einfacher, zunächst den Saldo aus beiden Zahlungsströmen zu bilden und auf dieser Basis das Zinsrisiko zu messen.

Als dritte Marktpreisrisikoart wird in dieser Arbeit das **Rohstoffpreisrisiko** berücksichtigt. Das Risiko besteht für ein weiterverarbeitendes Unternehmen in einer unerwarteten Preiserhöhung von Rohstoffen. Umgekehrt bedeutet die Möglichkeit einer unerwarteten Preissenkung ein Risiko für Unternehmen, die Rohstoffe abbauen und veräußern, so z.B. für die Erdölindustrie. Unter den sonstigen Preisrisiken können beispielsweise Aktienkursrisiken subsumiert werden. Aus den

---

<sup>26</sup> Mit den Begriffen Wechselkursrisiko, Zinsrisiko, Rohstoffpreisrisiko und Aktienkursrisiko ist in dieser Arbeit stets die ökonomische Betrachtung der jeweiligen Risiken gemeint.

Schwankungen von Aktienkursen entstehen positive und negative Vermögenseffekte für das Unternehmen.

Für ein ganzheitliches Risikomanagement sind die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Risikoarten von besonderer Bedeutung. Originäre Erfolgsrisiken können zu Liquiditätsrisiken werden, wenn beispielsweise hohe Kundenforderungen unerwartet ausfallen und das Unternehmen in der Folge auf erwartete Einzahlungen verzichten muss.<sup>27</sup> Unerwartete Wechselkursänderungen können die Beschaffung von Rohstoffen verteuern und die eigenen Absatzpreise auf ausländischen Märkten erhöhen oder die Produkte der Konkurrenz günstiger werden lassen, so dass es zu Wettbewerbsnachteilen gegenüber ausländischen Konkurrenten kommt. Die Interdependenzen zwischen den einzelnen Risikoarten sind daher in der finanziellen Risikomessung adäquat zu berücksichtigen.

---

<sup>27</sup> Vgl. WIEDEMANN, A. (1998), S. 8

## B Das Risikopotenzial einer Unternehmung

### 1. Value Exposure versus Cash Flow Exposure

Unter der finanziellen **Exposure** eines Unternehmens ist dessen offene Risikoposition zu verstehen, deren Wert durch unerwartete Veränderungen von Risikofaktoren beeinflusst wird. Für die Exposuredefinition ist es bedeutend, den Umfang der einzubeziehenden Cash Flows festzulegen. Hier möge zunächst die herrschende Praxis bei Banken betrachtet werden. In deren Konzepten zur Exposuremessung werden bisher nur die zum Betrachtungszeitpunkt bekannten Cash Flows in die Risikobetrachtung einbezogen, welche aus bereits abgeschlossenen Geschäften resultieren. So erfolgt die Berücksichtigung von Zins- und Tilgungszahlungen aus bereits vergebenen Krediten in der Risikoexposure. Hingegen werden die Zins- und Tilgungszahlungen zukünftig abzuschließender Kredite nicht einbezogen, obwohl häufig Zielvorgaben über deren Umfang existieren. Ein Grund hierfür liegt in der Unsicherheit, bis zu welchem Grad es gelingen wird, die Zielvorgaben zu erreichen, wodurch die exakte Höhe der Cash Flows unsicher ist. Cash Flows, deren exakte Höhe unsicher ist, werden in dieser Arbeit als **unsichere Cash Flows** definiert. Im Umkehrschluss werden Cash Flows mit bereits feststehender Höhe als **sichere Cash Flows** bezeichnet.

Neben den kontrahierten Geschäften mit vertraglich fixierten Cash Flows existieren in Banken kontrahierte Geschäfte, deren Cash Flows trotzdem unsicher sind. Ein Beispiel für solche Geschäfte sind Sparbücher mit gesetzlicher Kündigungsfrist. Der Kunde kann hierbei jederzeit Geld einzahlen oder abheben bzw. das gesamte Sparsbuch mit einer Frist von 3 Monaten kündigen. Es ist aber nicht bekannt, wann und wie viel der Kunde abheben oder einzahlen wird. Im Gegensatz zu den geplanten und daher unsicheren Cash Flows werden die bereits kontrahierten, aber in ihrer Höhe variablen Cash Flows von den Banken für die Risikomessung berücksichtigt. Die bisher eingesetzten Risikomodelle von Banken verarbei-

ten variable (= unsichere) Cash Flows, indem mittels abstrakter Annahmen die variablen in fixe Cash Flows umgewandelt werden.<sup>28</sup> Mit Hilfe von Ablaufkationen wird für jedes Produkt ein Cash Flow Profil per Definition festgesetzt.

Auf Unternehmen können die Risikomessverfahren der Banken teilweise übertragen werden. Das Finanzmanagement bekommt von den anderen Unternehmensabteilungen Cash Flows gemeldet und ermittelt auf dieser Basis eine Exposure. Eine wichtige Frage hierfür ist, welche Cash Flows einbezogen und gemeldet werden sollen. Werden nur bereits vertraglich fixierte Cash Flows einbezogen, dann wären beispielsweise auch die Löhne und Gehälter für ausländische Niederlassungen zu berücksichtigen, nicht jedoch die geplanten Umsatzerlöse auf den ausländischen Märkten. Dadurch würde eine Überzeichnung des Wechselkursrisikos stattfinden, da die sicheren Auszahlungen durch die unsicheren Einzahlungen mehr oder minder kompensiert werden und somit die tatsächliche Risikoexposure geringer ist als bei einer isolierten Betrachtung der vertraglich fixierten Cash Flows. Im nicht unwahrscheinlichen Extremfall könnte eine Überkompensierung der Auszahlungen durch die Einzahlungen zu einer entgegengesetzten Risikoposition führen, so dass dann das Risiko nicht mehr in einer Abwertung sondern in der Aufwertung der Inlandswährung liegen würde.

Die Betrachtung von sowohl sicheren als auch unsicheren Cash Flows ist für die korrekte Messung der Exposure zu empfehlen. Da jedoch Modelle, wie sie in Banken zum Einsatz kommen, die Kenntnis der Cash Flows voraussetzen, müssten die unsicheren Cash Flows genauso wie vertraglich fixierte Cash Flows behandelt werden, um von diesen Konzepten erfasst werden zu können. Eine solche Lösung könnte zu verfälschten Ergebnissen führen, da durch die Umwidmung von unsicheren in sichere Cash Flows das Risiko von Schwankungen in den unsicheren Cash Flow per Definition ausgeschlossen wird.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Vgl. HIRSCHBECK, T. (2001), S. 279 ff.

<sup>29</sup> Alternativ könnte die Unsicherheit über die Realisierung der erwarteten Cash Flows mit Hilfe der Optionspreistheorie abgebildet werden. Am Beispiel des Kreditgeschäfts präsentiert



Ein Ansatz zur korrekten Erfassung von sicheren und unsicheren Cash Flows könnte eine Trennung der Exposures in Value Exposures und Cash Flow Exposures sein. Unter **Value Exposures** werden die finanziellen Risiken ausgesetzten **Vermögenspositionen** zusammengefasst. Unter Vermögenspositionen sind Bestände an Währungen, Rohstoffen und Wertpapieren zu verstehen. Ein gekauftes festverzinsliches Wertpapier kann als das Recht auf den Empfang von vertraglich festgelegten Cash Flows in Form von Zinszahlungen betrachtet werden. Abb. 3 zeigt als Beispiel für eine Value Exposure ein festverzinsliches Wertpapier mit einem Nominalvolumen von 1 Mio. EUR und einem Nominalzins von 4 % jährlich. Die Restlaufzeit beträgt 3 Jahre. Aus diesen Angaben lässt sich ein vertraglich fixierter Cash Flow ableiten, dessen Bestandteile exakt quantifiziert und deshalb mit Hilfe der aktuellen Zinsstrukturkurve zu einem Barwert diskontiert werden können.

Der Barwert im Betrachtungszeitpunkt  $t=0$  beträgt 1.000.000 EUR, was darauf zurückzuführen ist, dass das Wertpapier zu dem laufzeitkongruenten Marktzins von 4 % für drei Jahre verzinst wird.<sup>30</sup> Der Barwert von 1.000.000 EUR ist nicht nur eine fiktive Größe, er kann auch tatsächlich realisiert werden. Zum einen kann das Wertpapier für diesen Preis verkauft werden, zum anderen würde der Abschluss eines entgegengesetzten Geschäftes zur sofortigen Vereinnahmung des Barwerts führen. In dem Beispiel wäre ein 3-jähriger, endfälliger Kredit zu 4 % p.a. erforderlich, um den Cash Flow des Wertpapiers mit einem entgegengesetzten Vorzeichen nachzubilden. Im Zeitpunkt  $t=0$  wird der Kredit ausgezahlt und führt zu einem Zahlungseingang von 1.000.000 EUR. Der Zahlungseingang bedeutet die Realisierung des Barwerts aus dem Wertpapier. Im Zeitpunkt  $t=1$  würden aus dem Wertpapier 40.000 EUR Zinsen zufließen, die gleichzeitig für die Zinszahlung an den Kreditgeber weiterzuleiten wären. Per Saldo wäre der Cash Flow aus dem gekauften Wertpapier und dem aufgenommenen Kredit im Zeitpunkt  $t=1$  Null.

---

ROLFES die Bewertung von unsicheren Cash Flows mit einer modifizierten Black/Scholes Formel. Vgl. ROLFES, B. (1999), S. 379.

<sup>30</sup> Für eine ausführliche Darstellung der Barwertrechnung mit Zerobond-Abzinsfaktoren oder Nullkupon-Zinssätzen vgl. SCHIERENBECK, H. / WIEDEMANN, A. (1996), S. 1-79.

Das gleiche Bild ergibt sich für den Zeitpunkt  $t=2$ . Im letzten Jahr  $t=3$  erfolgt aus dem Wertpapier ein Zahlungseingang in Höhe von 1.040.000 EUR für Zins und Tilgung. Gleichzeitig müssen für den aufgenommenen Kredit ebenfalls Zins und Tilgung gezahlt werden und der damit verbundene Zahlungsausgang beträgt 1.040.000 EUR.

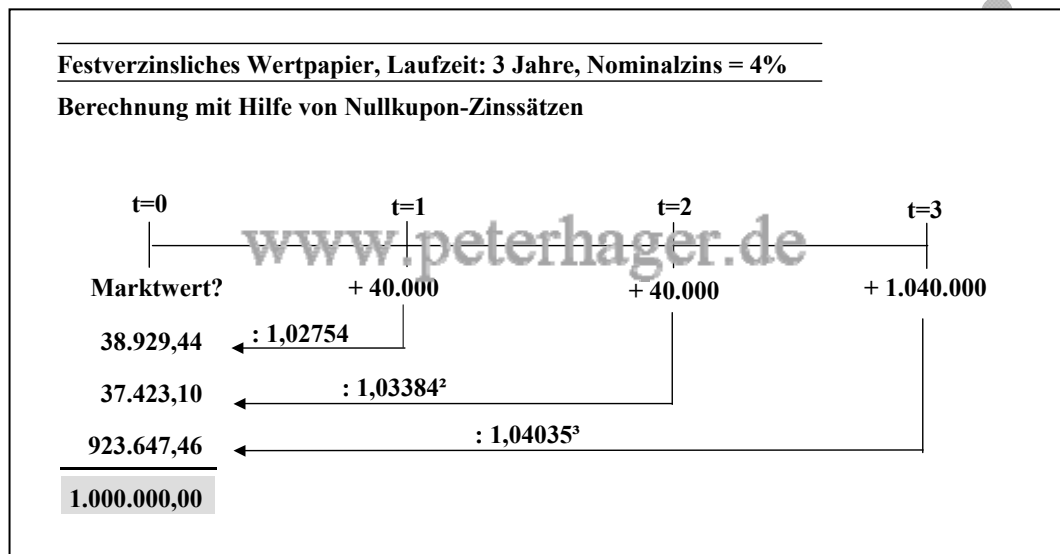


Abb. 3: Der Barwert eines festverzinslichen Wertpapiers

Per Saldo beträgt der Cash Flow in  $t=3$  ebenfalls Null. Zusammengefasst kann der Barwert des Wertpapiers durch den aufgenommenen Kredit in  $t=0$  risikofrei realisiert werden, da die Salden in den folgenden Zeitpunkten stets Null betragen und somit kein einem Zinsrisiko ausgesetzter Cash Flow übrig bleibt.<sup>31</sup> Das anhand von festverzinslichen Wertpapieren gezeigte Prinzip der Barwertrechnung für sichere Cash Flows kann auf andere Investitionen übertragen werden. Wenn aus einer Investition, einem Geschäft oder sonstigen Vertrag sichere Cash Flows ableitbar sind, können sie mit Hilfe der aktuellen Zinsstrukturkurve zu Barwerten diskontiert und anschließend ebenfalls wie eine Vermögensposition betrachtet werden. Ihre Barwerte sind stets durch entgegengesetzte Geschäfte tatsächlich realisierbar. Der Barwert einer Vermögensposition (engl. value) im Zeitpunkt  $t=0$

<sup>31</sup> Das Adressenausfallrisiko des Wertpapieremittenten wird hier nicht betrachtet.

bildet die Exposure, deren Risiko mit Hilfe eines barwertorientierten Modells messbar ist.

Das finanzielle Risiko der im Beispiel gezeigten Wertpapier-Position besteht ausschließlich in Schwankungen der Zinssätze, da bei steigenden Zinsen die konstanten Kuponzahlungen stärker diskontiert werden und infolge dessen zu einem geringeren Barwert führen. Ein Risiko aus geringeren Kuponzahlungen als erwartet besteht nicht, da die Höhe der Zinszahlungen vertraglich fixiert und somit unabhängig von Zinsänderungen ist. Der Cash Flow des Wertpapiers ist folglich bekannt und konstant.

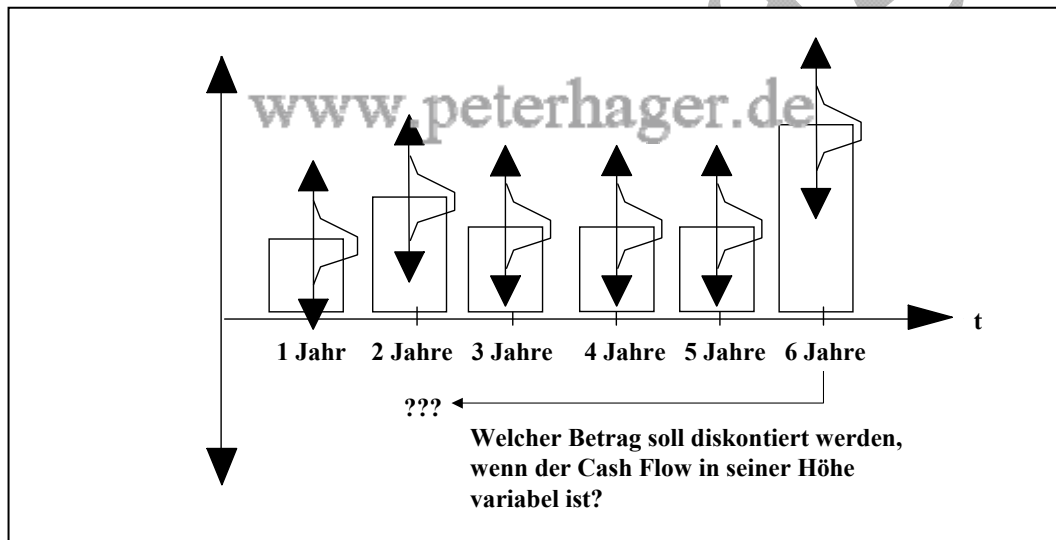


Abb. 4: Erwartete Umsatzerlöse als Beispiel für eine Cash Flow Exposure

Anders verhält es sich bei erwarteten Cash Flows, deren Eintritt per se nicht sicher vorausgesagt werden kann. Aber auch wenn diese Cash Flows kommen, können sie hinsichtlich Zeitpunkt und Betrag von den Erwartungen abweichen. In Abb. 4 sind beispielhaft die erwarteten Umsatzerlöse der nächsten 6 Jahre gezeigt. Der skizzierte Cash Flow ist geplant, jedoch nicht vertraglich fixiert. Hinsichtlich der sicheren Quantifizierung der monatlichen Umsatzerlöse besteht ein qualitativer Unterschied zu den Kuponzahlungen aus dem Wertpapier. In den erwarteten Umsatzerlösen sind viele Unsicherheiten enthalten. Die Schätzung der zukünftigen

Absatzzahlen kann nicht mit vertraglich fixierten Zinszahlungen gleichgesetzt werden. Beispielsweise könnte die Marketing-Abteilung das Absatzpotenzial falsch eingeschätzt haben. Handelt es sich um Exportgeschäfte, könnten Wechselkursänderungen zu einer Verteuerung des Produktes auf dem ausländischen Markt und zu einem damit verbundenen Absatzrückgang führen. Zahlreiche Unwägbarkeiten können zu einer Abweichung von der Zielgröße führen.

Da es sich nicht um sichere, exakt quantifizierbare Cash Flows handelt, kann deren Barwert nicht berechnet werden. Selbst dann, wenn nur zwei unterschiedlich hohe Cash Flows je Zeitpunkt denkbar wären, z.B. bestmöglicher und schlechter denkbarer Monatsumsatz, wäre eine Barwertermittlung ohne einschränkende Prämissen nicht möglich.

Dann ist aber eine Anwendung von Risikomodellen, die sich an Barwerten orientieren, ebenfalls nicht möglich. Vielmehr bedarf es der Entwicklung eines an den Cash Flows orientierten Modells. Die bisherigen Überlegungen führen zu der Erkenntnis, dass es im Unternehmen **zwei grundlegende Arten von Exposures** gibt. Auf der einen Seite befinden sich die Value Exposures, denen Vermögenspositionen zu Grunde liegen. Die Vermögenspositionen werden mit den Barwerten von sicheren Cash Flows bewertet. Das Vermögen kann für einen bestimmten Zeitpunkt bewertet werden und dann als Grundlage von barwertorientierten Risikoberechnungen dienen.

Auf der anderen Seite stehen die zeitraumbezogenen **Cash Flow Exposures**. Hierfür können keine Barwerte ermittelt werden, da zum Bewertungszeitpunkt noch nicht sicher ist, ob diese Cash Flows tatsächlich so eintreten werden, wie es erwartet wird. Um die Risiken für erwartete aber nicht sichere Cash Flows zu berechnen, bedarf es eines zeitraumbezogenen Modells. In dieser Arbeit sollen für beide Exposurearten, sowohl für Value Exposures als auch Cash Flow Exposures, Risikomodelle vorgestellt werden. Der Fokus liegt dabei auf der Messung von

Wechselkurs-, Zins- und Rohstoffpreisrisiken, so dass für diese drei Arten von Marktpreisrisiken die Exposures ausführlich beschrieben werden.

## 2. Kategorien finanzieller Exposures

Für die getrennte Betrachtung von Cash Flow Exposures und Value Exposures erfolgt nun die Abgrenzung der in dieser Arbeit behandelten Kategorien von Marktpreisrisiken. Als **Wechselkurs Cash Flow Exposure** wird die Gesamtheit der in einer Fremdwährung nominierten erwarteten Cash Flows definiert, die in der Zukunft in einer andere Währung umgetauscht werden müssen (vgl. Tab. 2). Dabei ist die relevante Zukunft definiert als der Zeitraum zwischen dem Betrachtungszeitpunkt und dem Ende des Planungshorizonts für unsichere Cash Flows. Dieser Zeitraum wird in den Beispielen in Monatsintervalle unterteilt, sogenannte Stützstellen. Jede andere Anzahl von Stützstellen, z.B. eine tageweise oder quartalsweise Betrachtung der Cash Flows ist ebenso möglich. Die Höhe der Cash Flows ist zum Bewertungszeitpunkt unsicher, der Wechselkurs ist nicht fixiert und Verluste infolge von Wechselkursänderungen können nicht sofort an die Kunden durchgereicht werden.

	Cash Flow Exposure	Value Exposure
<b>Beschreibung</b>	- alle Cash Flows im Planungszeitraum - Stromgröße	- sichere Cash Flows - Bestandsgröße
<b>Inhaber der Fremdwährung</b>	- Risiko bei Abwertung der Fremdwährung - Umtauschbedarf unsicher	- Risiko bei Abwertung der Fremdwährung - Umtauschbedarf = Bestand
<b>Käufer der Fremdwährung</b>	- Risiko bei Aufwertung der Fremdwährung - Umtauschbedarf unsicher	- Risiko bei Aufwertung der Fremdwährung - Umtauschbedarf = Bestand

Tab. 2: Definition der Wechselkurs-Exposures

Ein Beispiel für diese Exposureart sind die monatlichen Exportumsätze eines deutschen Automobilherstellers in den USA. Der Planungshorizont für die unsicheren Cash Flows möge 12 Monate betragen und die Zahlungen werden monatlich betrachtet (= 12 Stützstellen). Wie viele Fahrzeuge in den USA während den nächsten 12 Monaten verkauft werden können, ist noch nicht sicher. Damit ist auch noch nicht sicher, wie viele US-Dollar dem Automobilhersteller aus dem Verkauf der Fahrzeuge zufließen werden und es ist schwierig das Wechselkursrisiko von den nur „erhofften“ Cash Flows per Termingeschäft abzusichern. Gleichzeitig sind die Verkaufspreise von den Fahrzeugen für die nächsten 12 Monate in den Preislisten festgeschrieben und ein gegenüber dem US-Dollar fallender Euro kann nicht sofort durch Preiserhöhungen ausgeglichen werden. Das Risiko des Automobilherstellers besteht deshalb in der Abwertung des USD, bevor die Fahrzeuge abgesetzt und der Cash Flow von USD in EUR umgetauscht werden kann. Für den gleichen Planungszeitraum sind die sicheren Cash Flows kalkulatorisch zu berücksichtigen, damit es zu keiner fehlerhaften Einschätzung der Exposure kommt. Wenn z.B. die sicheren Cash Flows für Investitionen in USD die unsicheren Cash Flows aus Erlösen in USD übersteigen, besteht das Risiko nicht in einer Abwertung, sondern in einer Aufwertung des USD.

Die Wechselkurs Cash Flow Exposure für ein Unternehmen, das zukünftig eine Fremdwährung kaufen muss, besteht in der Aufwertung der Fremdwährung. Ein Automobilhersteller der Rohstoffe und Komponenten aus dem Ausland importiert, würde beispielsweise auch als Käufer von Fremdwährungen auftreten. Da sein eigener Absatz von Fahrzeugen Schwankungen unterliegt, ist auch der Bedarf an Rohstoffen und Zulieferteilen unsicher. Folglich ist der Fremdwährungsbedarf für den Einkauf im Ausland ebenfalls unsicher.

Unter der **Wechselkurs Value Exposure** ist das gesamte in einer fremden Währung gehaltene Vermögen zu verstehen, beispielsweise die Fremdwährungsbe-

stände von inländischen Unternehmen für die Bezahlung von Importen und ausländischen Investitionen (vgl. Tab. 2). Das Risiko für die Vermögensposition besteht in einer Abwertung der gehaltenen Fremdwährung. Umgekehrt besteht das Risiko für eine Verbindlichkeit in ausländischer Währung in einer Aufwertung der Fremdwährung. Beispielsweise müsste ein deutsches Unternehmen nach Aufwertung des US-Dollar mehr EUR aufwenden, um die Zins- und Tilgungszahlungen für einen in USD aufgenommenen Kredit zu begleichen. Die Value Exposure lässt sich durch die Diskontierung der sicheren Cash Flows ermitteln. Im Beispiel des Fremdwährungskredits ergibt sich die Wechselkurs Value Exposure aus dem Barwert der noch ausstehenden Zins- und Tilgungszahlungen.

Die **Zins Value Exposure** umfasst alle zukünftigen sicheren Cash Flows, wie sie beispielsweise aus festverzinslichen Wertpapieren, Mietverträgen oder mehrjährigen Lieferverpflichtungen mit fixen Mengen und Preisen resultieren (vgl. Tab. 3). Für die sicheren Cash Flows kann ein Barwert bestimmt werden, der wie oben gezeigt auch sofort realisierbar ist. Bei positiven Cash Flows besteht das Risiko in steigenden Zinsen, da infolge einer stärkeren Diskontierung der Barwert sinkt. Umgekehrt bedeuten sinkende Zinsen ein Risiko für negative Cash Flows, da in diesem Fall der steigende Barwert für das Unternehmen nachteilig ist.

Zum besseren Verständnis wird dieser Fall an einem Beispiel erläutert. Das Unternehmen möge einen festverzinslichen Kredit zu 9 % p.a. aufgenommen haben und anschließend beginnen die Zinsen zu sinken. Der Barwert des Kredits stellt den aktuellen Wert der Verbindlichkeit dar und steigt bei sinkenden Zinsen. Das Unternehmen erleidet Verluste, da der steigende Barwert eine Verbindlichkeit des Unternehmens gegenüber dem Kreditgeber ist. Die Verluste auf Grund der gesunkenen Zinsen können ökonomisch so erklärt werden, dass das Unternehmen den gleichen Kredit nun zu einem geringeren Zinssatz erhalten könnte, folglich war der Abschluss zum hohen Zinsniveau von 9 % unvorteilhaft. Der ökonomische Wert des hochverzinslichen Kredits muss mit sinkenden Zinsen abnehmen. Bei

dem oben beispielhaft genannten Fremdwährungskredit liegt eine Kombination aus Wechselkurs Value Exposure und Zins Value Exposure vor.

	Cash Flow Exposure	Value Exposure
<b>Beschreibung</b>	- alle Cash Flows im Planungszeitraum - Stromgröße	- sichere Cash Flows - Bestandsgröße
<b>positive Cash Flows</b>	- Risiko bei steigenden Zinsen - Zinsexposure ist variabel	- Risiko bei steigenden Zinsen - Zinsexposure ist bekannt
<b>negative Cash Flows</b>	- Risiko bei sinkenden Zinsen - Zinsexposure ist variabel	- Risiko bei sinkenden Zinsen - Zinsexposure ist bekannt

Tab. 3: Definition der Zins-Exposures

Im Gegensatz zur Value Exposure ist die Ermittlung der **Zins Cash Flow Exposure** schwieriger (vgl. Tab. 3). In die Zins Cash Flow Exposure fließen alle Zahlungen ein, die bis zum Ende des für unsichere Cash Flows relevanten Planungshorizonts erwartet werden. Aus diesen Zahlungen wird unter Berücksichtigung der vorhandenen Liquidität der erwartete Netto-Refinanzierungsbedarf bzw. Anlagebedarf je Monat (= Stützstelle) berechnet. Anschließend wird der Netto-Refinanzierungsbedarf über alle Stützstellen kumuliert und zu dem Netto-Refinanzierungsbedarf des Prognosezeitraums zusammengefasst. Das Risiko besteht in steigenden Zinsen. Für einen positiven Betrag ergibt sich ein Netto-Anlagebedarf im Prognosezeitraum mit einem Risiko bei sinkenden Zinsen. Für den gleichen Planungszeitraum sind die sicheren Cash Flows kalkulatorisch zu berücksichtigen, damit es zu keiner fehlerhaften Einschätzung der Exposure kommt. Beispielsweise können negative unsichere Cash Flows durch positive sichere Cash Flows kompensiert werden, so dass sich aus der integrierten Betrachtung beider Positionen eine andere Exposure ergibt, als bei einer isolierten Betrachtung der unsicheren Cash Flows.



Als **Rohstoff Cash Flow Exposure** eines Unternehmens, das als Käufer auftritt, wird die Gesamtheit der bis zum Ende des Planungshorizonts benötigten Rohstoffe definiert (vgl. Tab. 4). Der exakte Bedarf ist zum Betrachtungszeitpunkt noch nicht bekannt, der Bezugspreis ist nicht vertraglich fixiert und Verluste aus Rohstoffpreiserhöhungen können nicht sofort durchgereicht werden. Ein Beispiel für diese Exposure sind Unternehmen mit einem von der Nachfrage abhängigen Rohstoffbedarf, aber im Risikozeitraum verbindlichen Preisen.<sup>32</sup> Für Unternehmen, die als Verkäufer von Rohstoffen auftreten, wie z.B. die ölfördernde und -verarbeitende Industrie, besteht die Rohstoff Cash Flow Exposure in sinkenden Rohstoffpreisen. Dabei ist die zukünftige Absatzmenge unsicher und sinkende Rohstoffpreise müssen nicht automatisch zu höheren Absatzmengen führen. Beispielsweise können Erhöhungen der Mineralölsteuer auch bei sinkenden Rohstoffpreisen zu konstanten oder sogar abnehmenden Absatzmengen führen.

	Cash Flow Exposure	Value Exposure
<b>Beschreibung</b>	- alle Cash Flows im Planungszeitraum - Stromgröße	- sichere Cash Flows - Bestandsgröße
<b>Käufer</b>	- Risiko bei steigenden Preisen - unsichere Einkaufsmenge (= zukünftiger Bedarf)	- Risiko bei sinkenden Preisen - Lagerbestand oder sichere Einkaufsmenge (Bedarf)
<b>Verkäufer</b>	- Risiko bei sinkenden Preisen - unsicherere Absatzmenge (= zukünftiger Absatz)	- Risiko bei steigenden Preisen - Lagerbestand oder sichere Verkaufsmenge (Absatz)

Tab. 4: Definition der Rohstoffpreis-Exposures

Die **Rohstoff Value Exposure** erfasst zum einen die vom Unternehmen gelagerten Rohstoffe, deren Wert ebenfalls Preisschwankungen unterliegen kann (vgl. Tab. 4). Die Lagerbestände bilden eine Vermögensposition, so dass sinkende Rohstoffpreise zu Wertverlusten führen. Zum anderen kann die Rohstoff Value

<sup>32</sup> Beispielsweise weil in den Preislisten die Angaben für jeweils 12 Monate verbindlich sind.

Exposure aus einer Lieferverbindlichkeit bestehen, beispielsweise wenn sich ein Unternehmen verpflichtet, eine festgelegte Menge von Rohstoffen zu einem festen Preis über einen bestimmten Zeitraum zu liefern. Das Risiko besteht in steigenden Rohstoffpreisen, von denen das ausliefernde Unternehmen wegen der Preisfestsetzung nicht profitieren kann. Der Abnehmer der Rohstoffe hat die entgegengesetzte Risikoposition. Seine Verpflichtung, die Rohstoffe zu einem festen Preis zu kaufen, hindert ihn daran, an sinkenden Rohstoffpreisen zu partizipieren.

Unabhängig von der Frage, welches Risiko in welcher Exposure Art vorliegt, muss in einer grundsätzlichen Entscheidung stets der **Rahmen der einzubeziehenden Unternehmensteile**, Tochtergesellschaften und Beteiligungen festgelegt werden. Welche Unternehmensteile einbezogen werden sollten, hängt von den individuellen Gegebenheiten im Unternehmen ab. Tochterunternehmen, an denen das Mutterunternehmen nur quotal beteiligt ist, sollten, sofern eine Verlustbeteiligung ebenfalls quotal erfolgt und keine anderen Absprachen getroffen werden, auch quotal mit ihrer Risikoexposure einbezogen werden. Im Einzelfall kann es aber auch zu abweichenden Regelungen kommen. Werden beispielsweise für die nur anteiligen Tochtergesellschaften alle Risiken von der Muttergesellschaft übernommen und gesteuert, ist es sinnvoll, die Risikopositionen der Töchter nicht nur quotal, sondern vollständig einzubeziehen.

Für die erfassten Risikopositionen ist in einem zweiten Schritt zu prüfen, ob mögliche Risiken auch tatsächlich eintreten können. Beispielsweise wäre denkbar, dass Verluste aus unerwarteten Rohstoffpreiserhöhungen oder Wechselkursänderungen direkt an die Kunden weitergegeben werden können. Solche Positionen sollten in der Risikoexposure unbeachtet bleiben. Umgekehrt kann die Preisentwicklung einzelner Rohstoffe eine herausragende Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen haben, wenn unerwartete Preisänderungen nicht sofort weitergegeben werden können. So sind beispielsweise Luftfahrt- und Touristikunternehmen besonders von Preisänderungen für Kerosin betroffen. Bei den im Beispiel genannten Branchen sind die Angebote in den Flugplänen und Reise-

katalogen oftmals für 12-24 Monate mit verbindlichen Preisen festgelegt. Preiserhöhungen für Kerosin führen bis zur nächsten möglichen Preisanpassung zu geringeren Margen. Auf Märkten mit starkem Wettbewerb kann eine Preiserhöhung noch länger dauern oder ganz ausbleiben.

Schließlich ist die Festlegung eines **Zeithorizonts für Risikomessungen** notwendig. Sofern Value Exposures mit barwertorientierten Modellen gemessen werden, ist den Risikoprognosen häufig ein Zeithorizont der nächsten 1-10 Tage zu Grunde gelegt.<sup>33</sup> Es empfiehlt sich, einen für alle Value Exposures einheitlichen Planungshorizont festzulegen, da sonst z.B. ein Zinsrisiko binnen Tagesfrist nicht aggregierbar ist mit dem Wechselkursrisiko der nächsten 10 Tage. Bei Cash Flow Exposures sind beliebige kurz- bis mittelfristige Zeithorizonte möglich, deren Länge auf der modelltechnischen Seite ausschließlich durch die Güte der Prognosemodelle für Risikofaktoren begrenzt wird. Der Planungshorizont für Cash Flow Exposures wird wesentlich länger sein als bei Value Exposures, sollte aber für alle Cash Flows Exposures einheitlich gewählt werden. Damit wird die Aggregierbarkeit von Risiken innerhalb der beiden Exposure Kategorien gewährleistet. Wegen der unterschiedlichen Zeithorizonte sind die beiden Exposure Kategorien jedoch nicht aggregierbar.

Die Unterscheidung nach Value Exposure und Cash Flow Exposure für alle Marktpreisrisiken bietet Vorteile gegenüber dem traditionellen Vorgehen, bei dem auch die nur erwarteten Cash Flows wie sichere Cash Flows behandelt werden. Bei Anwendung eines traditionellen Konzepts müssen die operativen Abteilungen Punktschätzungen für ihre Cash Flows abgeben, z.B. der Exporterlös in 12 Monaten wird 1,5 Mio. EUR betragen. Dann können auch die operativen Cash Flows zu einem Barwert diskontiert und wie eine Value Exposure betrachtet werden. Dabei wird aber die Möglichkeit, dass der Exporterlös nur 1,3 Mio. EUR oder auch 1,6 Mio. EUR betragen könnte, nicht mehr berücksichtigt. Damit wird die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung der Exporterlöse ignoriert.

---

<sup>33</sup> Vgl. DEUTSCH, H-P. (2001), S. 367; HULL, J. C. (2001), S. 485 ff.; JORION, P. (1997), S. 86; RAU-BREDOW, H. (2001), S. 318.

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

## Zweiter Teil: Von der zeitpunkt- zur zeitraumbezogenen Messung finanzieller Risiken

### A Die Risikomessung bei Bestands-Exposures

#### 1 Das Varianz-Kovarianz-Modell

##### a) Der Delta-Normal-Ansatz

Die Messung finanzieller Risiken kann grundsätzlich auf zwei Wegen erfolgen, analytisch oder durch Simulation. Für den analytischen Weg bedarf es einer Verteilungsannahme. Dem **Varianz-Kovarianz-Modell** liegt eine Normalverteilung zu Grunde. Das Modell dient zur Messung des Value at Risk einer Bestands-Exposure. Der Value at Risk ist der maximale Verlust, der mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit innerhalb einer festgelegten Periode nicht überschritten wird.

Der Value at Risk einer einzelnen Vermögensposition ergibt sich aus der Multiplikation von einem Marktwert mit der auf die gewünschte Wahrscheinlichkeit skalierten Volatilität. Setzt sich ein Portfolio aus mehreren unterschiedlichen Vermögenspositionen zusammen, bedarf es einer Aggregation der einzelnen Value at Risk-Beträge zu einem Portfolio-Value at Risk. Bei einer einfachen Addition der Risikobeträge bleiben die häufig vorhandenen Diversifikationseffekte unbeachtet. Eine Aussage über die mögliche Diversifikationswirkung zwischen zwei Vermögenspositionen liefert deren Korrelationskoeffizient.

Die risikodiversifizierende Wirkung des Korrelationskoeffizienten wird für ein Beispiel-Portfolio berechnet. Ein deutscher Konzern möge Kupfer-Vorräte mit

einem Marktwert von 100 Mio. USD halten.<sup>34</sup> Der Rohstoffpreis für Kupfer in USD/Tonne hat auf Basis von historischen Beobachtungen eine tägliche Volatilität von 0,0116037 %.<sup>35</sup> Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % wird der Verlust aus einer Kupferpreisänderung binnen eines Tages nicht größer als 1,91 Mio. USD ausfallen. Bei einem Wechselkurs von 0,857 EUR/USD am 28.11.2000 würde sich daraus ein  $\text{VaR}_{\text{Kupfer}}$  in EUR von - 2,23 Mio. EUR ergeben. Diese Betrachtung ist jedoch unvollständig, da der Wechselkurs EUR/USD einen zweiten Risikofaktor darstellt und berücksichtigt werden muss. In einem ersten Schritt könnte der Value at Risk isoliert für das Risiko aus den Änderungen des Wechselkurses berechnet werden. Die Tages-Volatilität für den Wechselkurs EUR/USD beträgt 0,64336 %.<sup>36</sup> Daraus ergibt sich mit 95 % Wahrscheinlichkeit ein  $\text{VaR}_{\text{EUR/USD}}$  von - 1,06 Mio. USD. Der  $\text{VaR}_{\text{EUR/USD}}$  kann mit dem Wechselkurs von 0,857 EUR/USD in EUR umgerechnet werden und beträgt - 1,23 Mio. EUR.

In einem zweiten Schritt stellt sich die Frage nach der korrekten Aggregation beider VaR-Kennzahlen. Die einfache Addition von Rohstoffpreis-VaR und Wechselkurs-VaR ergibt den Value at Risk von - 2,97 Mio. USD respektive - 3,46 Mio. EUR. Bei der Addition zwischen den beiden Risikofaktoren wird implizit eine Korrelation von 1 angenommen. Jedoch ist für die vergangenen 498 Handelstage zwischen den beiden Risikofaktoren eine Korrelation von 0,042152 messbar.<sup>37</sup> Mit einer Korrelation unter 1 können **Risikodiversifikationseffekte** realisiert werden, die in der bisherigen Berechnung noch nicht betrachtet wurden. Die Korrelation zwischen den beiden Risikofaktoren kann mit Hilfe von Gleichung 1 berücksichtigt werden, welche an eine Formel aus dem **Portfolio-Selection-Modell**

---

<sup>34</sup> Der Weltmarktpreis für Rohstoffe wie Gold, Silber, Kupfer und Rohöl wird in der Regel in USD angegeben.

<sup>35</sup> Die Messung erfolgte auf Basis der logarithmierten täglichen Kupferpreisänderungen im Zeitraum vom 31.12.1998 bis 28.11.2000.

<sup>36</sup> Die Messung erfolgte auf Basis der logarithmierten täglichen Wechselkursänderungen im Zeitraum vom 31.12.1998 bis 28.11.2000.

<sup>37</sup> Gemessen wurde die Korrelation zwischen den logarithmierten Veränderungen beider Risikofaktoren.

von **Markowitz** zur Berechnung des Portfoliorisikos im Zwei-Anlagen-Fall angelehnt ist.<sup>38</sup>

**Gleichung 1:** 
$$\text{VaR}_{\text{PO}} = \sqrt{\text{VaR}_1^2 + \text{VaR}_2^2 + 2 \cdot \text{VaR}_1 \cdot \text{VaR}_2 \cdot k_{1,2}}$$

Bei Anwendung der Gleichung 1 wird für den  $\text{VaR}_1$  der  $\text{VaR}_{\text{Kupfer}}$ , für den  $\text{VaR}_2$  der  $\text{VaR}_{\text{EUR/USD}}$  und für die Korrelation zwischen beiden  $k_{1,2} = 0,042152$  eingesetzt. Für das Ergebnis ist es unerheblich, ob die beiden Value at Risk-Kennzahlen erst von USD in EUR umgerechnet und dann eingesetzt werden, oder ob der resultierende Value at Risk beider Risikofaktoren von USD in EUR umgerechnet wird. In beiden Fällen ergibt sich ein Value at Risk Betrag in EUR von - 2,59 Mio. EUR. Gegenüber dem Portfolio- $\text{VaR}_{\text{EUR}}$  mit einer Korrelation von 1 verringert sich das Risiko in Folge des nun berücksichtigten Diversifikationseffekts um den Betrag von 870.000 EUR bzw. 25 %.

**Gleichung 2:**

$$\text{VaR}_{\text{PO}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{i,j}} \cdot z$$

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

**Gleichung 3:**

$$\text{VaR}_{\text{PO}} = \sqrt{[x_1, x_2, \dots, x_n] \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \text{cov}_{1,2} & \dots & \text{cov}_{1,n} \\ \vdots & & & \\ \text{cov}_{1,2} & \text{cov}_{n,2} & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}} \cdot z$$

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

**Gleichung 4:**

$$\text{VaR}_{\text{PO}} = \sqrt{\mathbf{X}^T \cdot \text{cov} \cdot \mathbf{X} \cdot z}$$

Abb. 5: Berechnung des VaR für mehr als zwei Risikofaktoren

<sup>38</sup> MARKOWITZ, H. (1952), S. 77 ff.; SCHULTER-MATTLER, H./ TYSIAK, W. (1999), S. 84-88.

Für die Berechnung eines Value at Risk mit mehr als zwei Risikofaktoren lässt sich Gleichung 1 in eine allgemeine Form bringen (vgl. Gleichung 2 in Abb. 5). Mit  $x_i$  werden die Volatilitäten  $\sigma_i$  der einzelnen Risikofaktoren  $i = 1, \dots, n$  entsprechend ihrem Anteil am Portfolio PO gewichtet. Die Varianzen der Risikofaktoren werden mit  $\sigma_i^2$  bezeichnet. Mit dem Faktor  $z$  wird der Value at Risk auf die gewünschte Wahrscheinlichkeit skaliert. Allgemein ist  $z(\alpha)$  der Wert einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen  $Z$ , bei dem die Verteilungsfunktion den Wert  $\alpha$  annimmt. Bei einer Vielzahl von Risikofaktoren würde ein unübersichtlicher Ausdruck unter der Wurzel entstehen, so dass die Überführung in eine **Matrixschreibweise** mehr Übersichtlichkeit verschafft. Die ausführliche Matrixschreibweise ist in Gleichung 3 (vgl. Abb. 5) dargestellt. Darunter steht Gleichung 4 als Kurzform.

Das Varianz-Kovarianz-Modell existiert in zwei Varianten, dem Delta-Normal-Ansatz und dem Delta-Gamma-Ansatz.<sup>39</sup> Der **Delta-Normal-Ansatz** unterstellt, dass die Marktwerte der Positionen im Portfolio linear auf Veränderungen der Risikofaktoren reagieren und ist daher für die Risikoberechnung von Portfolios mit symmetrischen Finanzinstrumenten geeignet. Ein Beispiel für **symmetrische Finanzinstrumente** sind Aktien.<sup>40</sup> Kauft ein Unternehmen eine Aktie zum Kurs von 100 EUR, so bedeutet jeder Euro Kursverlust einen gleich großen Verlust für das Unternehmen und umgekehrt erhöht jeder Kursgewinn den Gewinn des Unternehmens um den gleichen Betrag. Das Unternehmen könnte alternativ eine Kaufoption auf eine Aktie beziehen (**engl. Call**). Durch den Kauf eines Calls ist das Unternehmen berechtigt, aber nicht verpflichtet, eine bestimmte Anzahl von Aktien zu einem vorher vertraglich fixierten Basispreis vom Stillhalter der Option zu beziehen. Produkte mit Ausübungswahlrechten und ungleichen Gewinn-/Verlustmöglichkeiten für Käufer und Verkäufer werden **als asymmetrische Fi-**

<sup>39</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 489; JORION, P. (1997), S. 186 ff.; RAU-BREDOW, H. (2001), S. 317.

<sup>40</sup> Für eine ausführliche Beschreibung von Chancen und Risiken bei Swaps und Zins-Optionen vgl. SCHIERENBECK, H./ WIEDEMANN, A. (1996), S. 317-326 und S. 370-384. Ebenso: WIEDEMANN, A. (2003), S. 41 ff.



**nanzinstrumente** bezeichnet.<sup>41</sup>

Wie symmetrische und asymmetrische Finanzinstrumente im Delta-Normal-Ansatz berücksichtigt werden, wird an einem **Beispiel** gezeigt. Das Unternehmen möge ein Portfolio halten, welches aus einer Aktie und einer Option (Call) auf eine weitere Aktie des gleichen Emittenten besteht. Mit der Option hat sich das Unternehmen bei Vertragsabschluss einen Bezugspreis von 95 EUR gesichert.

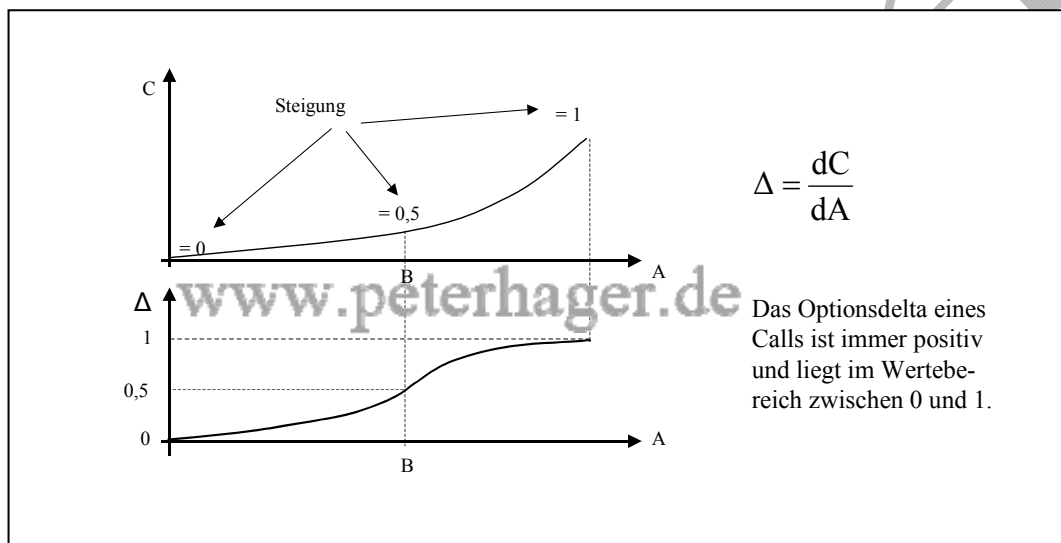


Abb. 6: Veränderung des Deltas bei einer Call Option in Abhängigkeit des Kassakurses

Im Zeitablauf möge der Kurs der Aktie (engl. Underlying der Option) auf 100 EUR steigen. Die Option ist dann im Geld, denn bei Ausübung könnte das Unternehmen eine Aktie zum Preis von 95 EUR beziehen, obwohl der aktuelle Marktwert bei 100 EUR liegt. Der Marktwert der Option ist daher höher als bei Vertragsabschluss, jedoch steigt der Optionspreis im Gegensatz zur Aktie nicht linear. Im oberen Teil von Abb. 6 ist der Verlauf des Optionspreises für alternative Aktienkurse skizziert.<sup>42</sup> An der Ordinate ist der Preis  $C$  der Call Option abgetragen, an der Abszisse der Kurs  $A$  der Aktie.

<sup>41</sup> Vgl. STEINER, M./ BRUNS, C. (1996), S.326 ff.; WIEDEMANN, A. (2003), S. 140 ff.

<sup>42</sup> Die Berechnung der Optionspreise erfolgt für Aktien mit dem Black/Scholes Modell und für Zinsoptionen mit dem Black76-Modell. Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 356 ff., 748 ff.

Die Abhängigkeit des Marktwerts der Option gegenüber dem Aktienkurs wird durch das  $\Delta$  (**Optionsdelta**) beschrieben.<sup>43</sup> Es bezeichnet allgemein die Preissensitivität einer Option gegenüber Veränderungen des Basisobjektpreises. Das  $\Delta$  berechnet sich aus der Relation der Optionspreisänderung  $dC$  für den Call zur Änderung des Kassakurses  $dA$  (vgl. Gleichung 5).

**Gleichung 5:** 
$$\Delta = \frac{dC}{dA}$$

Für das Beispiel-Portfolio soll zum Vergleich sowohl der Value at Risk für die Aktie als auch für die Option berechnet werden. Als Tages-Volatilität der Aktie wird der Wert 1,2 % angenommen und die Option möge eine Tages-Volatilität von 1,075 % haben. Der Value at Risk der Aktie für eine Haltedauer von 1 Tag mit 95 % Wahrscheinlichkeit ergibt sich als Produkt aus dem Aktienkurs und der mit  $z = -1,6449$  skalierten Volatilität.

$$\begin{aligned}\text{VaR}_{\text{Aktie}} &= \text{Kurs} \cdot z\text{-Wert} \cdot \text{Volatilität} \\ &= 100 \text{ EUR} \cdot (-1,6449) \cdot 0,012 = -1,974 \text{ EUR}\end{aligned}$$

Um den Value at Risk der Call-Option zu berechnen, muss das  $\Delta$  berücksichtigt werden. Für das Beispiel möge  $\Delta=0,8113$  sein. Die Ergänzung der Value at Risk Berechnung um das  $\Delta$  ist notwendig, da bei einem Kursverlust der Aktie von z.B. 10 EUR die Option nur einen Wertverlust von  $\Delta \cdot 10 \text{ EUR}$  erleiden würde. Der Optionspreis beträgt 7,80 EUR.

$$\begin{aligned}\text{VaR}_{\text{Call}} &= \text{Optionspreis} \cdot \Delta \cdot z\text{-Wert} \cdot \text{Volatilität} \\ &= 7,80 \text{ EUR} \cdot 0,8113 \cdot (-1,6449) \cdot 0,01075 \\ &= -0,1119 \text{ EUR}\end{aligned}$$

---

<sup>43</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 93; HULL, J. C. (2001), S. 443

Trotz der VaR-Adjustierung um das  $\Delta$  der Option kommt es bei der Delta-Normal-Methode häufig zu einer **Fehleinschätzung des tatsächlichen Risikos**. In dem Beispiel befindet sich der aktuelle Aktienkurs bei 100 EUR und der Wert der Option beträgt 7,80 EUR. Bei einem Kursverlust von 2 EUR ändert sich der Wert der Option wegen des nichtlinearen Verlaufs der Preisfunktion nur um einen Bruchteil, der durch das  $\Delta=0,8113$  approximiert wird. Der Wert der Option fällt näherungsweise um  $0,8113 \cdot (-1 \text{ EUR})$  auf 6,17 EUR. Eine exakte Neubewertung der Option mit Hilfe der Black/Scholes Formel führt zu einem Optionspreis von 6,24 EUR. Der Optionspreis sinkt langsamer, als es von der Delta-Normal-Methode angenommen wird. Die Differenz zwischen dem exakten und dem approximierten Wert beträgt 0,07 EUR. Sie entsteht dadurch, dass sich das  $\Delta$  stets verändert.

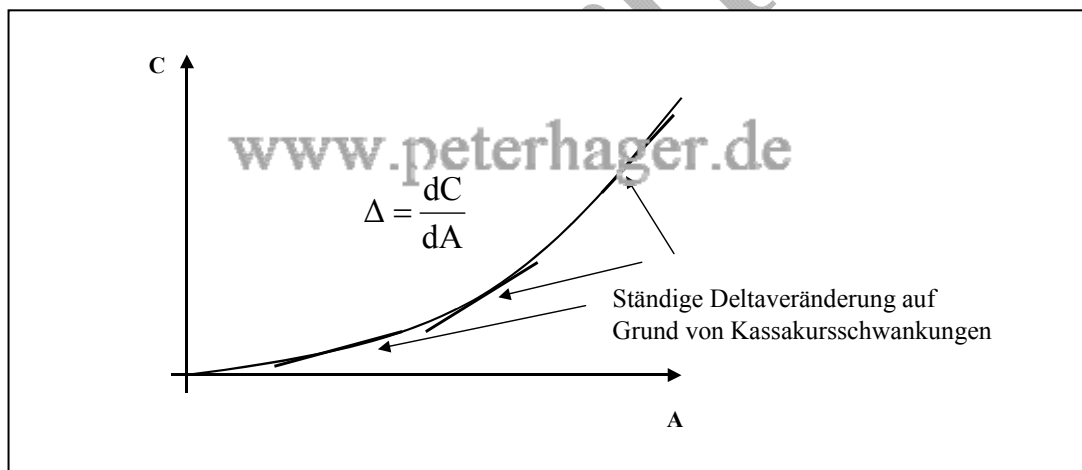


Abb. 7: Die ständige Veränderung des  $\Delta$

Die **ständige Veränderung des  $\Delta$**  ist auf die permanent schwankenden Aktienkurse zurückzuführen. Für jeden Aktienkurs ergibt sich eine andere Steigung der Optionspreiskurve. Beispielsweise würde das  $\Delta$  bei dem neuen Aktienkursniveau von 98 EUR den Wert 0,7404 statt zuvor 0,8113 haben. Aus der ständigen Veränderung des  $\Delta$  entstehen Fehler bei der Value at Risk Berechnung mit der Delta-Normal-Variante des Varianz-Kovarianz-Modells (vgl. Abb. 7).

b) Der Delta-Gamma-Ansatz

Die zweite Methode des Varianz-Kovarianz-Modells bildet der **Delta-Gamma-Ansatz**.<sup>44</sup> Darin wird die Veränderung des  $\Delta$  durch eine weitere Kennzahl berücksichtigt. Das  $\Gamma$  (Gamma) gibt die Veränderungsrate des  $\Delta$  bezüglich der Veränderung des Kassakurses an (vgl. Gleichungen 6 und 7 in Abb. 8).<sup>45</sup>

▶ **Gleichung 6:**  
**Das Optionsgamma gibt die Veränderungsrate des Optionsdeltas bezüglich der Veränderung des Kassakurses an:**  $\Gamma(\text{Call}) = \frac{d^2C}{dA^2}$

▶ **Gleichung 7:**  
**Für eine Call-Option auf Aktien ohne Dividendenzahlung gilt gemäß dem Modell von Black/Scholes:**  $\Gamma(C) = \frac{N'(d_1)}{A * \sigma * \sqrt{T}}$

Abb. 8: Das Gamma

Für das Beispiel ergibt sich bei einem Aktienkurs von 100 EUR und einer Restlaufzeit der Option von  $T = 1$  Jahr ein  $\Gamma$  von  $-0,0336$ .<sup>46</sup> Das  $\Gamma$  entspricht der zweiten Ableitung der Optionspreisformel von Black/Scholes und wird in Form einer Taylor-Approximation zu der ersten Ableitung addiert, dem  $\Delta$ .<sup>47</sup>

<sup>44</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 499; JORION, P. (1997), S. 191 ff.

<sup>45</sup> Delta, Gamma: Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 443 ff. und S. 456 ff.

<sup>46</sup> Das  $\Gamma$  bezieht auf eine Kursänderung der Aktie von  $-1$  EUR, hier von 100 EUR auf 99 EUR.

<sup>47</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 112-114.

Die allgemeine Darstellung der Delta-Gamma-Methode in Form einer Taylor-Approximation zeigt Gleichung 8. Für das Beispiel ergibt sich ein Value at Risk der Aktienoption von - 0,1116 mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %. Die Differenz zum Value at Risk mit der Delta-Normal-Methode beträgt 0,00032 und ist identisch mit dem Wert aus der zweiten Ableitung, die das  $\Gamma$  enthält.

**Gleichung 8:**

$$\text{VaR}_{\text{Cal}} = \text{Optionspreis} \cdot |\Delta| \cdot z\text{-Wert} \cdot \text{Volatilität} - \frac{1}{2} \cdot \Gamma \cdot (\text{z-Wert} \cdot \text{Volatilität} \cdot \text{Optionspreis})^2$$

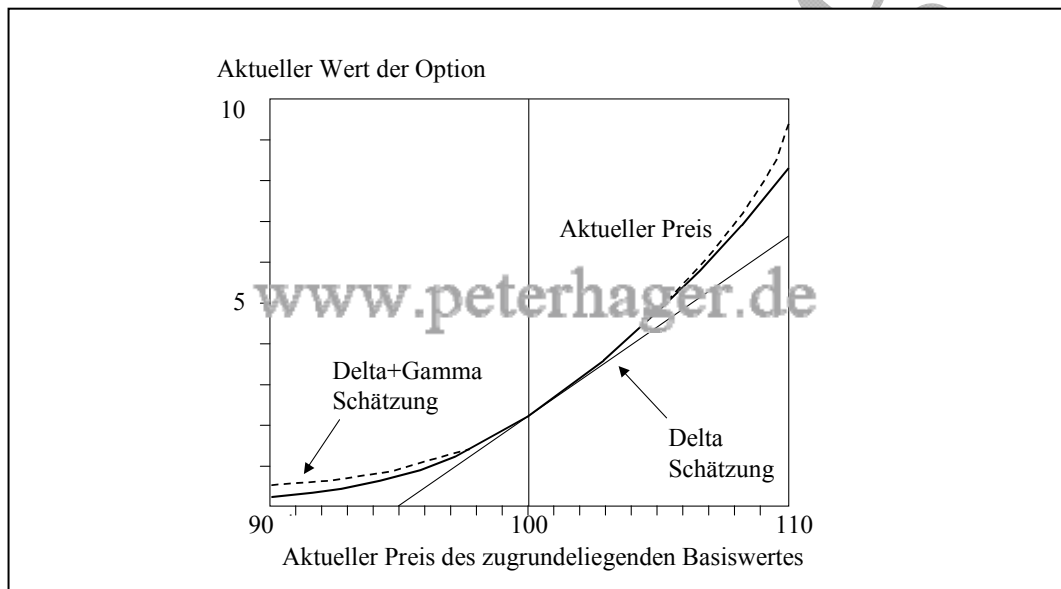


Abb. 9: Delta-Gamma Approximation für eine Kaufoption

Die allgemeine Darstellung der Delta-Gamma-Methode in Form einer Taylor-Approximation zeigt Gleichung 8. Für das Beispiel ergibt sich ein Value at Risk der Aktienoption von - 0,1116 mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %. Die Differenz zum Value at Risk mit der Delta-Normal-Methode beträgt 0,00032 und ist identisch mit dem Wert aus der zweiten Ableitung, die das  $\Gamma$  enthält.

Der Value at Risk mit Hilfe der Delta-Gamma-Methode fällt geringer aus, da durch das  $\Gamma$  der konvexe Verlauf der Optionspreiskurve besser berücksichtigt

wird. Wenn der Aktienkurs sinkt, fällt der Optionspreis langsamer als von der Delta-Normal-Methode angenommen wird (vgl. Abb. 9).<sup>48</sup> Der Käufer einer Kaufoption, im Englischen wird die Position kurz als long Call bezeichnet, profitiert von einem hohen  $\Gamma$  (long gamma). Je größer das  $\Gamma$ , desto höher ist die Konvexität und umso langsamer fällt der Optionswert bei sinkenden Aktienkursen. Ebenso positiv ist der Fall steigender Kurse, denn hier steigt der Optionswert schneller als dies bei einem linearen Verlauf angenommen wird.<sup>49</sup>

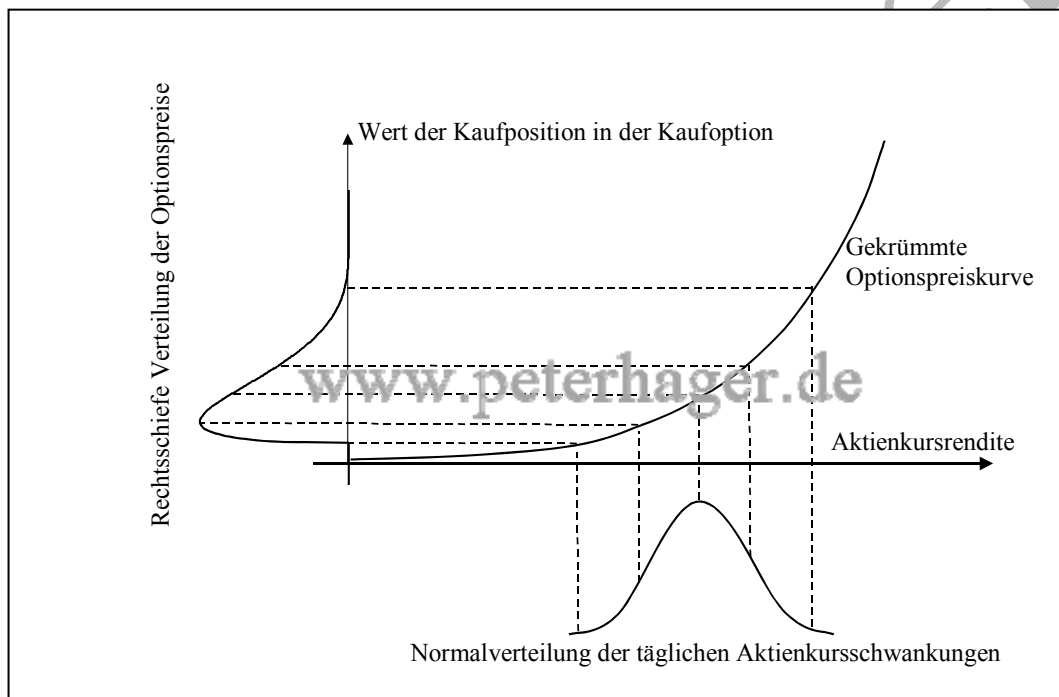


Abb. 10: Verteilung für den Optionspreis einer Kaufoption

Im Umkehrschluss bedeutet ein hohes  $\Gamma$  für den Stillhalter (Verkäufer, engl. short Call) der Option sowohl bei sinkenden als auch steigenden Aktienkursen ein höheres Risiko als von der Delta-Normal-Methode angenommen wird. Der Delta-Gamma-Methode hingegen gelingt es besser, den konvexen Verlauf der Optionspreiskurve nachzubilden. Jedoch entsteht durch die Konvexität ein neues Problem. Je größer das  $\Gamma$  ist, umso schiefere wird die Verteilung der Optionspreise. Für den

<sup>48</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 212.

<sup>49</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 110 f. Der gleiche Effekt gilt bei long Put Positionen und Anleihen mit einer hohen Konvexität.

Käufer einer Kaufoption ist das  $\Gamma$  positiv und es ergibt sich eine rechtsschiefe Verteilung der Optionspreise (vgl. Abb. 10).<sup>50</sup>

Eine rechtsschiefe Verteilung ist gekennzeichnet durch eine schmale Flanke am äußerst linken Ende. Für die Value at Risk Berechnung ist das linke Ende entscheidend. Da auch von der Delta-Gamma-Methode eine Normalverteilung angenommen wird, kommt es ohne Berücksichtigung der Schiefe zu einer **Überschätzung des Risikos**. Eine Korrektur unter Einbezug der gemessenen Schiefe ist mit Hilfe der Cornish-Fisher Erweiterung möglich, die den z-Wert um die Schiefe der Verteilung bereinigt.<sup>51</sup>

c) Kritische Analyse des Varianz-Kovarianz-Modells

Die Delta-Normal-Methode hat gegenüber allen anderen Methoden zur Risikomessung einen Vorteil: Die besonders schnelle und einfache Risikoschätzung.<sup>52</sup> Davon abgesehen benötigt das Modell eine Reihe von Annahmen, die in der Realität nicht vollständig erfüllt sind.<sup>53</sup> Am häufigsten wird die Annahme normalverteilter Veränderungen der Risikofaktoren kritisiert.<sup>54</sup>

Die Delta-Normal-Methode führt zu falschen Risikoprognosen, wenn in dem betrachteten Portfolio Optionen enthalten sind.<sup>55</sup> Das Ausmaß des Fehlers wächst mit dem Portfolioanteil asymmetrischer Produkte. Daher wurde in dem zweiten Abschnitt dieses Kapitels die Delta-Gamma-Methode zur Lösung des Problems vorgeschlagen. Die Anwendung der Delta-Gamma-Methode liefert für Portfolios

---

<sup>50</sup> Der Verkäufer einer Kaufoption hat die Gegenposition, folglich ein negatives Gamma und eine daraus resultierende linksschiefe Verteilung für den Optionswert. Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 500 f.

<sup>51</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 502 f.; RAU-BREDOW, H. (2001), S. 317.

<sup>52</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 214.

<sup>53</sup> Vgl. FRÖMMEL, M./ MENKHOFF, L./ TOLKSDORF, N. (1999), S. 508 ff.

<sup>54</sup> Vgl. WEGNER, O./ SIEVI, C./ SCHUMACHER, M. (2001), S. 140.

<sup>55</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 108. JORION, P. (2001), S. 209.

mit optionalen Produkten exaktere Value at Risk Schätzungen als die Delta-Normal-Methode. Dennoch kommt es auch bei der Delta-Gamma-Methode zu fehlerhaften Risikoeinschätzungen, wenn die Restlaufzeit der Optionen gegen Null strebt und/oder die Optionen im Geld sind.

Die Autoren KNÖCHLEIN und LIERMANN haben die Prognosegüte der Delta-Normal-Methode und der Delta-Gamma-Approximation für Aktienoptionen mit einer Restlaufzeit von 91 Tagen und 3 Tagen untersucht.<sup>56</sup> Dabei wurden die Value at Risk Schätzungen aus den beiden Methoden mit Referenzwerten aus einer Monte Carlo Simulation verglichen. Während die Delta-Normal-Methode und die Delta-Gamma-Approximation mit Hilfe von Sensitivitätskennzahlen eine Näherungslösung für die Veränderung des Optionspreises bei Änderung von Preisparametern liefern, wird bei der Monte Carlo Simulation die Option mit jedem simulierten Satz von Preisparametern bewertet. Statt die Wertänderung der Option approximativ zu schätzen, wird für jedes Szenario der neue Optionspreis berechnet (Vollbewertung). Auf diese Weise werden bei nichtlinearen Produkten Approximationsfehler vermieden.

Bei Restlaufzeiten von 91 Tagen entstehen aus den Approximationen erkennbare Abweichungen zum Optionspreis aus der Neubewertung, die bei 3 Tagen Restlaufzeit deutlich zunehmen. Für Optionen die am Geld sind und/oder eine sehr kurze Restlaufzeit haben, wird eine Vollbewertung als ebenso notwendig angesehen, wie bei exotischen Optionen oder sehr großen Risikofaktoränderungen. Weder die Delta-Normal-Methode noch die Delta-Gamma-Approximation liefern in den genannten Fällen zuverlässige Value at Risk Schätzungen. Die alleinige Präsenz von Optionen im Portfolio muss allerdings nicht zu einem falschen Value at Risk führen. Der Fehler hängt vielmehr von der Restlaufzeit und der Volatilität der Optionen und von der betrachteten Haltedauer für den Value at Risk ab.<sup>57</sup> Von

---

<sup>56</sup> Vgl. KNÖCHLEIN, G./ LIERMANN, V. (2000), S. 388 ff.

<sup>57</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 208 – 218.



JORION wird explizit darauf hingewiesen, dass auch das Wurzelgesetz nicht anwendbar ist, wenn im Portfolio Optionen vorhanden sind.<sup>58</sup>

Für die Praxis kann das Varianz-Kovarianz-Modell als erste schnelle Lösung dienen, um z.B. einen ersten Eindruck von den aktuell bestehenden Risiken zu erhalten. So könnte die tägliche Risikoüberwachung mit einem Varianz-Kovarianz-Modell erfolgen und in gewissen Abständen wären die Risikoschätzungen mit Hilfe von exakteren, aber komplexen und rechenaufwendigen Modellen zu prüfen. Ein Backtesting zu diesem Simulationsverfahren ist im Anhang zu finden.

---

<sup>58</sup> Begriff „Wurzelgesetz“: Vgl. DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 511, 532.

## 2 Die Historische Simulation

### a) Quotientenansatz

Die Historische Simulation verzichtet auf eine analytische Untersuchung der Risikofaktoren und arbeitet stattdessen mit ausgewählten Datensätzen aus der Vergangenheit.<sup>59</sup> Die Herausforderung besteht in der Auswahl eines optimalen Zeitfensters. Wenn die betrachteten Werte weit in die Vergangenheit zurückgehen, stellt sich die Frage, inwiefern sehr alte Beobachtungen für die aktuelle Risikomessung noch relevant sind. Wird die Historie jedoch zu kurz gewählt, stellt sich die Frage, ob die Anzahl der betrachteten Werte repräsentativ ist. Gleichzeitig vergrößert sich der Schätzfehler mit abnehmendem Stichprobenumfang.

Im Folgenden wird die Historische Simulation an einem Beispiel erläutert. Für den Wechselkurs EUR/USD soll am 28.11.2000 auf Basis von zunächst 250 historischen Wechselkursänderungen der Value at Risk mit einer Haltedauer von 1 Tag und einer Wahrscheinlichkeit von 95 % berechnet werden. Die Historische Simulation lässt sich mit der **Differenzenmethode**<sup>60</sup> oder mit der **Quotientenmethode** durchführen. In dieser Arbeit wird die Quotientenmethode präferiert.

Die **Quotientenmethode** erfüllt sowohl das Kriterium der Unabhängigkeit von dem absoluten Niveau, als auch das Kriterium der Stationarität. Für das Standardbeispiel einer Fremdwährungsposition werden die **logarithmierten Wechselkursänderungen** der vergangenen 250 Tage berechnet (vgl. Tab. 5). Im zweiten Schritt werden die 249 beobachteten Veränderungen mit dem Wechselkurs vom 28.11.2000 multipliziert und ergeben 249 mögliche Wechselkursänderungen für den nächsten Tag.

---

<sup>59</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 50 f.; JORION, P. (1997), S. 193 ff.; OEHLER, A./ UNSER M. (2001), S. 161.

<sup>60</sup> Vgl. HUSCHENS, S. (2000), S. 6 f., 12 ff.

Historie	Datum	EUR/USD	$\ln(K_t/K_{t-1})$	$0,857 \cdot e^{\ln(K_t/K_{t-1})}$
250	15.12.1999	1,007		
249	16.12.1999	1,015	0,007913	0,864
248	17.12.1999	1,008	-0,006920	0,851
247	20.12.1999	1,008	0,000000	0,857
246	21.12.1999	1,010	0,001982	0,859
245	22.12.1999	1,008	-0,001982	0,855
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
5	22.11.2000	0,845	0,002370	0,859
4	23.11.2000	0,840	-0,005935	0,852
3	24.11.2000	0,840	0,000000	0,857
2	27.11.2000	0,852	0,014185	0,869
1	28.11.2000	0,857	0,005851	0,862

Tab. 5: Datenaufbereitung für die Quotientenmethode

Für ein Unternehmen mit der Heimatwährung EUR und einer Vermögensposition von 100 Mio. in der Fremdwährung USD besteht das Risiko in einem steigenden Wechselkurs EUR/USD. Im nächsten Schritt wird das Portfolio von 100 Mio. USD mit den 249 simulierten Wechselkursen bewertet. Der simulierte Portfoliowert berechnet sich aus dem Quotienten von dem Volumen in USD und dem jeweiligen Wechselkurs. Die Ergebnisse für den Portfoliowert in EUR sind abschließend der Größe nach aufsteigend zu ordnen. Von jedem für den nächsten Tag simulierten Portfoliowert wird der Portfoliowert vom 28.11.2000 abgezogen, woraus 249 mögliche Wertänderungen resultieren. In Abb. 11 sind einige der simulierten Portfoliowerte und die sich daraus ergebenden Gewinne und Verluste der Größe nach geordnet abgebildet.

Auf der rechten Seite von Abb. 11 ist die Verteilung der Gewinne und Verluste zu sehen und in der Vergrößerung wird die für den Value at Risk relevante linke Flanke gezeigt. Für die im Beispiel gewählte Wahrscheinlichkeit von 95 % beträgt der Verlust am nächsten Tag höchstens 1,309 Mio. EUR.

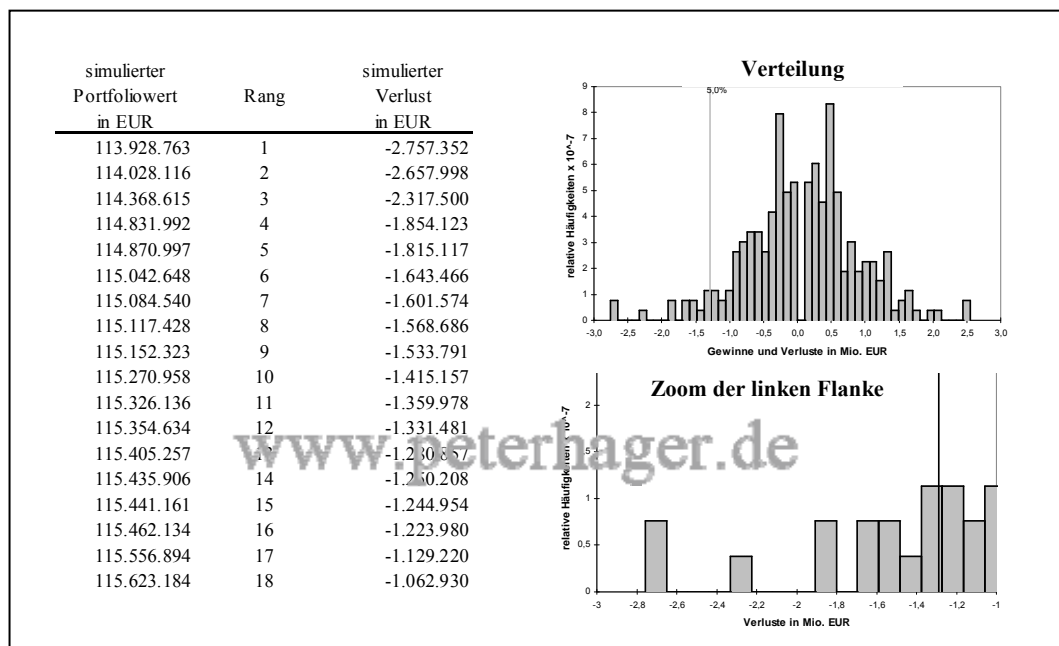


Abb. 11: Geordnete Ergebnisse der Historischen Simulation

## b) Faktor- versus Portfolioansatz

Nachdem die Risikomessung mit der Historischen Simulation für nur einen Risikofaktor dargestellt wurde, soll im folgenden ein **Portfolio mit mehreren Risikofaktoren** betrachtet werden. In Anlehnung an das Beispiel beim Varianz-Kovarianz-Ansatz werden die Kupfer-Vorräte eines deutschen Konzerns betrachtet. Das Portfolio beinhaltet ein Rohstoffpreisisiko und ein Wechselkursrisiko, weil Kupfer auf den Weltmärkten in US-Dollar gehandelt wird. Um die beiden Methoden Faktor- versus Portfolioansatz besser vergleichen zu können, wird in diesem Abschnitt die historische Simulation parallel mit der Quotienten- und der Differenzenmethode durchgeführt. Bei der Differenzenmethode werden die Differenzen zweier aufeinander folgender Marktpreise bestimmt (vgl. Tab. 6).

Die Risikoprognose erfolgt am 28.11.2000 auf Basis der Marktbeobachtungen der vergangenen 498 Tage. Im Gegensatz zu dem ersten Beispiel wird hier ein Zeitfenster der doppelten Länge gewählt. So lässt sich zum einen am Beispiel vom

Wechselkurs EUR/USD vergleichen, wie sich die Länge des Zeitfensters auf den Schätzwert für den Value at Risk auswirkt. Zum anderen wird der Vergleich mit den VaR-Schätzungen aus dem Varianz-Kovarianz-Ansatz ermöglicht.

Zeitpunkt	Kupferpreis USD/Tonne	Differenzenmethode	Quotientenmethode	Wechselkurs EUR/USD	Differenzenmethode	Quotientenmethode
t <sub>.498</sub>	1.465,50			1,167		
t <sub>.497</sub>	1.450,00	-15,50	-0,010633	1,167	0,000	0,000000
t <sub>.496</sub>	1.433,75	-16,25	-0,011270	1,182	0,015	0,012772
t <sub>.495</sub>	1.415,00	-18,75	-0,013164	1,177	-0,005	-0,004239
t <sub>.494</sub>	1.421,50	0,50	0,004533	1,167	-0,015	-0,012826
t <sub>.493</sub>	1.421,50	0,00	0,000000	1,168	0,006	0,005150
t <sub>.492</sub>	1.441,00	19,50	0,013625	1,157	-0,011	-0,009462
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

Tab. 6: Daten für den Kupferpreis und Wechselkurs EUR/USD

In dem Portfolio eines Unternehmens sind 54.690 Tonnen Kupfer enthalten, woraus am 28.11.2000 ein Marktwert von 100 Mio. USD respektive 116,69 Mio. EUR resultiert. Als Grundlage für die folgenden Risikoberechnungen werden zunächst die historischen Veränderungen der beiden Risikofaktoren mit Hilfe beider Methoden, der Differenzen- und der Quotientenmethode, bestimmt (vgl. Tab. 6).

Innerhalb der historischen Simulation können grundsätzlich zwei Ansätze zur Berechnung des Portfoliorisikos unterschieden werden, der Faktoransatz und der Portfolioansatz.<sup>61</sup> Bei dem **Faktoransatz** wird zunächst für die einzelnen Risikofaktoren der Value at Risk isoliert berechnet und dann unter Berücksichtigung der historischen Korrelation zu einem Value at Risk des Portfolios aggregiert (vgl. Gleichung 1). Im Beispiel ergibt sich der Value at Risk des Portfolios aus den Value at Risk Werten für das Wechselkursrisiko und das Rohstoffpreisrisiko unter

<sup>61</sup> Vgl. HUSCHENS, S. (2000), S. 6 ff.

Berücksichtigung einer Korrelation von 0,042152, die bereits aus dem vorangegangenen Varianz-Kovarianz-Ansatz bekannt ist.

Bei Anwendung der Differenzenmethode zur Messung des **Rohstoffpreissrisikos** aus dem Standardbeispiel beträgt das 95 % - Quantil für die absoluten Kupferpreisänderungen - 26,6125 USD und - 0,011 EUR/USD für die absoluten Wechselkursänderungen. Am Betrachtungszeitpunkt 28.11.2000 beträgt der Kupferpreis 1.828,50 USD / Tonne, woraus für die Risikoberechnung ein Kupferpreis von 1.801,89 USD folgt. Mit 95 % Wahrscheinlichkeit wird der Kupferpreis am nächsten Tag nicht unter 1.801,89 USD / Tonne fallen. Das Portfolio mit 54.690 Tonnen Kupfer wird daher mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht unter einen Wert von 98,545 Mio. USD sinken.

Die Differenz aus dem aktuellen Portfoliowert am 28.11.2000 und dem mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitenden Portfoliowert am nächsten Tag führt zu dem gesuchten Risikobetrag. Der Value at Risk für 54.690 Tonnen Kupfer beträgt mit 95 % Wahrscheinlichkeit - 1,455 Mio. USD. Der in Fremdwährung berechnete Value at Risk kann mit Hilfe des aktuellen Wechselkurses von 0,857 EUR/USD umgerechnet werden und beträgt in der Inlandswährung - 1,698 Mio. EUR. Bei Anwendung der Quotientenmethode beträgt der Value at Risk für das Rohstoffpreissrisiko bei gleicher Wahrscheinlichkeit - 1,820 Mio. EUR.

Bei der Kalkulation des Wechselkursrisikos ist darauf zu achten, dass statt der mit 95 % Wahrscheinlichkeit größten negativen Wechselkursänderung die positive Veränderung berücksichtigt wird. Das Risiko für den Konzern besteht in einer Aufwertung des Euro gegenüber dem US-Dollar, weil dann bei Umtausch von USD in EUR ein geringerer Wert verbleibt.

Für das **Wechselkursrisiko** ergibt sich mit jeweils 95 % Wahrscheinlichkeit bei Anwendung der Differenzenmethode ein Value at Risk von - 1,366 Mio. EUR und

- 1,220 Mio. EUR mit der Quotientenmethode.<sup>62</sup> Die Addition der beiden mit Hilfe der Differenzenmethode berechneten Value at Risk Werte für das Rohstoffpreisrisiko und Wechselkursrisiko führt unter Berücksichtigung der historischen Korrelation von 0,042152 zu einem Gesamtrisiko von - 2,224 Mio. EUR. Werden alternativ die mit der Quotientenmethode berechneten Value at Risk Werte beider Risikofaktoren aggregiert, resultiert daraus ein Portfolio Value at Risk von - 2,233 Mio. EUR.

Ebenso könnte auf Grund empirischer Beobachtungen für den Rohstoff Kupfer beispielsweise die Differenzenmethode und für den Wechselkurs EUR/USD die Quotientenmethode präferiert werden. Dann würde der Value at Risk beider Risikofaktoren - 2,132 Mio. EUR betragen. Auch die umgekehrte Kombination ist möglich. Alle denkbaren Kombinationen sind in Abb. 12 gezeigt.

Value at Risk je Risikofaktor in EUR		Differenzen		Quotienten	
Kupfer		-1.698.282		-1.820.307	
EUR/USD		-1.365.812		-1.219.699	

vier mögliche Kombinationen (bei einer Korrelation von 0,042152)

Value at Risk im Faktoransatz		Differenzen		Quotienten	
EUR/USD		-2.223.769		-2.321.326	
Kupfer		-2.132.242		-2.233.463	

Value at Risk im Portfolioansatz		Differenzen		Quotienten	
EUR/USD		-2.238.570			
Kupfer					-2.208.946

Abb. 12: Ansätze der Historischen Simulation

Der Vorteil des Faktoransatzes besteht darin, dass bei isolierter Betrachtung der einzelnen Risikofaktoren zwischen der Differenzenmethode und der Quotienten-

<sup>62</sup> Die Quotientenmethode lieferte zuvor bei einer Historie von 250 Tagen einen höheren Value at Risk - 1,309 Mio. EUR für das Wechselkursrisiko.

methode, die empirisch jeweils bessere Alternative gewählt werden kann.<sup>63</sup> Beim Faktoransatz werden erst die Quantile für die einzelnen Risikofaktoren bestimmt, um sie anschließend unter Berücksichtigung der historischen Korrelation zu aggregieren.

Die zweite Alternative zur Berücksichtigung mehrerer Risikofaktoren stellt der **Portfolioansatz** dar.<sup>64</sup> Hierbei wird nicht der bei einer bestimmten Wahrscheinlichkeit schlechteste Wert des einen Risikofaktors mit dem schlechtesten Wert des anderen verknüpft, sondern es erfolgt eine Neubewertung des Portfolios mit den Werten der Risikofaktoren von jeweils einem Tag in der Vergangenheit. Implizit wird dabei unterstellt, dass die Veränderungen mehrerer Risikofaktoren in der Zukunft in der gleichen Kombination auftreten werden, wie es in der Vergangenheit beobachtet wurde.

Das erste Szenario ergibt sich im Beispiel bei Anwendung der Differenzenmethode aus dem aktuellen Kupferpreis abzüglich der Differenz, die vor 498 Tagen gemessen wurde und dem aktuellen Wechselkurs zuzüglich der Differenz, die vor 498 Tagen gemessen wurde (vgl. Tab. 6). In der gleichen Weise werden mit Hilfe der historisch paarweise aufgetretenen Veränderungen 497 weitere Simulationsläufe generiert. Die simulierten Gewinne und Verluste sind der Größe nach zu ordnen, woraus das gesuchte 95 % - Quantil ablesbar ist. Der Portfolioansatz mit der Differenzenmethode führt zu einem Value at Risk von - 2,238 Mio. EUR.

Für die Anwendung der **Quotientenmethode** gilt das gleiche Prinzip der Neubewertung des Portfolios mit den historischen Wechselkurs- und Rohstoffpreiskombinationen der vergangenen 498 Handelstage. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % beträgt der Verlust des Portfolios nach dieser Methode binnen 1 Tages nicht mehr als 2,209 Mio. EUR.

---

<sup>63</sup> Vgl. HUSCHENS, S. (2000), S. 7.

<sup>64</sup> Häufig wird unter dem Begriff der historischen Simulation ausschließlich der Portfolioansatz gezeigt. Vgl. DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 410; HULL, J. C. (2001), S. 506; JORION, P. (1997), S. 193 ff.



## c) Kritische Analyse der Historischen Simulation

Für die Historische Simulation wird keine Verteilungsannahme benötigt und keine Annahme darüber, ob sich die Risikofaktoren wie ein Random Walk verhalten. Der Ansatz ist frei von Modellannahmen.<sup>65</sup> Der Faktoransatz benötigt eine historische Korrelation. Im Portfolioansatz werden in den Bewertungsdaten implizit die Korrelationen aus der Vergangenheit berücksichtigt. Durch Transformation der Bewertungsdaten aus der Vergangenheit werden Szenarien für die Risikofaktoren in der Zukunft generiert. Daraus ergeben sich zwei **Nachteile** der historischen Simulation. Zum einen muss ein großer Datenhaushalt verarbeitet werden und zum anderen lautet die **entscheidende Prämisse**: Was es in der Vergangenheit nicht gab, wird es auch in der Zukunft nicht geben, denn das Modell arbeitet mit historischen Beobachtungen und es lassen sich nur Dinge prognostizieren, die schon passiert sind. Zukunftsorientierte Marktdaten wie implizite Volatilitäten werden nicht berücksichtigt.

Zu einer falschen Value at Risk Berechnung kann es mit der Historischen Simulation insbesondere bei Derivaten kommen. Die Effekte aus einer Verkürzung der Restlaufzeit von Derivaten können nicht erfasst werden, denn im Gegensatz zu den analytischen Value at Risk Modellen besteht bei der Historischen Simulation nicht die Möglichkeit, das Theta-Risiko zu berücksichtigen. Das Theta ist die Rate, mit der sich der Wert des Portfolios im Zeitablauf ändert, wenn alle anderen Faktoren konstant bleiben.<sup>66</sup> Die Historische Simulation geht für ihre Risikoprognose ebenfalls davon aus, dass der dem Risiko ausgesetzte Betrag im Zeitablauf konstant bleibt.<sup>67</sup>

---

<sup>65</sup> Vgl. DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 410.

<sup>66</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 452 und HUSCHENS, S. (2000), S. 9. Allerdings wird auch bei dem Varianz-Kovarianz-Ansatz in der Regel kein Theta berücksichtigt. Es könnte aber jederzeit über eine Taylor-Approximation eingefügt werden.

<sup>67</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 223.

Die Historische Simulation ist wegen ihres geringen mathematischen Anspruchs einfach zu implementieren. Der Portfolioansatz in Verbindung mit der Differenzmethode erfordert nahezu keine statistischen und mathematischen Kenntnisse. Ein Backtesting zu diesem Simulationsverfahren ist im Anhang zu finden.

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

### 3 Die Monte Carlo Simulation

#### a) Die Generierung von Zufallszahlen

Die Monte Carlo Simulation wird häufig für die Lösung komplexer Aufgaben wie z.B. zur Messung finanzieller Risiken in Unternehmen vorgeschlagen.<sup>68</sup> Es handelt sich dabei um ein Simulationsverfahren auf Basis von Zufallszahlen.

Die **Generierung von Zufallszahlen** ist der wesentliche Unterschied zwischen der Monte Carlo Simulation und der Historischen Simulation. Die zukünftige Entwicklung von Risikofaktoren ist mit Unsicherheit behaftet. Statt der Verwendung von historischen Wertänderungen wird die Unsicherheit über das zukünftige Verhalten der Risikofaktoren mit Zufallszahlen angegangen. Für die benötigten Marktbeobachtungen werden Marktszenarien simuliert. Für jedes Marktszenario wird der Portfoliowert berechnet und gespeichert. Die Portfoliowerte aus allen Marktszenarien ergeben eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die zukünftigen Gewinne und Verluste. Damit findet die „Marktbeobachtung“ und die Einschätzung zukünftiger Marktentwicklungen per Simulation statt.

Die Anzahl der zu berücksichtigenden Marktszenarien kann beliebig groß vorgegeben werden. Deshalb ist die Simulation von beliebigen Verteilungen für Portfoliowertänderungen möglich. Die Monte Carlo Simulation wird am Beispiel des bereits bekannten Portfolios mit Kupfer im Wert von 100 Mio. USD vorgestellt. Vereinfachend wird zunächst angenommen, dass die logarithmierten Veränderungen des Kupferpreises und Wechselkurses EUR/USD jeweils normalverteilt sind. Die Risikoberechnung erfolgt am 28.11.2000 für eine Haltedauer von einem Tag und mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %.

---

<sup>68</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 368 ff.; PFENNIG, M. (2000), S. 1303.

Im ersten Schritt gilt es, **standardnormalverteilte Zufallszahlen** zu erzeugen. Diese Aufgabe wird in der Regel von einem Computer erfüllt. Weil die Zufallszahlen mit einer Funktion oder einem Algorithmus generiert werden, ist die Bezeichnung Pseudozufallszahlen gebräuchlich. Diese Zufallszahlen sind nicht wirklich absolut zufällig und können sich nach einer bestimmten Sequenz wiederholen. Je nach der Güte des Algorithmus ist diese Sequenz kurz oder lang. Echte Zufallszahlen können nicht von Programmen generiert werden. Dennoch kann die Qualität der Zufallszahlen bei Bedarf durch statistische Verfahren verbessert werden.<sup>69</sup>

In der Praxis sind Portfolios häufig mehreren Risikofaktoren ausgesetzt, so dass es einer **multivariaten Simulation** bedarf. Damit auch Korrelationen für die Value at Risk Berechnung berücksichtigt werden können, sind diese bei der Erzeugung von Zufallszahlen zu berücksichtigen. Die zunächst unkorrelierten Zufallszahlen sind in **korrelierte Zufallszahlen** zu überführen. In der Literatur wird für diesen Zweck häufig die Cholesky-Zerlegung vorgeschlagen.<sup>70</sup> Für eine detaillierte Darstellung wird auf die entsprechenden Quellen verwiesen.<sup>71</sup>

unkorrelierte Zufallszahlen					korrelierte Zufallszahlen	
X	Y				X	Y
0,0815	0,9516				0,0815	0,9542
0,6459	0,9685				0,6459	0,9949
0,0647	0,7717	·	$\begin{pmatrix} 1 & 0,042152 \\ 0 & 0,999111 \end{pmatrix}$	=	0,0647	0,7737
0,9556	0,1909				0,9556	0,2310
0,9635	0,7049				0,9635	0,7449
0,1481	0,9176				0,1481	0,9230
0,5199	0,5660				0,5199	0,5874
0,6729	0,6704				0,6729	0,6981
0,8774	0,0265	←	Korrelation		0,8774	0,0634
0,3371	0,4523		0,000		0,3371	0,4662
0,7396	0,1745				0,7396	0,2056

Abb. 13: Transformation von unkorrelierten in korrelierte Zufallszahlen

<sup>69</sup> Vgl. GENTLE, J.E. (1998), S. 1 ff.

<sup>70</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 165 f.; HULL, J. C. (2001), S. 581; OEHLER A./ UNSER M. (2001), S. 160.

<sup>71</sup> Vgl. ZANGARI, P. (1996a), S. 253. ff. Ebenso: DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 174 ff., 376 ff.

Zur Berechnung des Standardbeispiels mit einem aus Kupfervorräten bestehenden Portfolio werden zwei korrelierte Reihen von Zufallszahlen benötigt. Die zu berücksichtigende Korrelation zwischen den logarithmierten Wechselkursänderungen EUR/USD und den logarithmierten Kupferpreisänderungen beträgt auf Basis von 498 Beobachtungen 0,0421520.

Die in Abb. 13 gezeigten Reihen von Zufallszahlen X und Y dienen der Simulation der beiden Risikofaktoren. Dabei steht die Reihe X für die logarithmierten Veränderungen des Kupferpreises und Y steht für die logarithmierten Veränderungen des Wechselkurses EUR/USD. Es werden 10.000 Zufallszahlen pro Risikofaktor erzeugt, wovon jeweils die ersten 11 Zahlen in der Abb. 13 zur Illustration gezeigt sind. Im nächsten Schritt werden die beiden Reihen unkorrelierter normalverteilter Zufallszahlen mit Hilfe der Cholesky-Zerlegung in korrelierte Zufallszahlen überführt.

#### b) Das Simulations-Verfahren

Nachdem alle benötigten Daten aufbereitet sind, kann die Simulation der Wertveränderungen des betrachteten Portfolios beginnen. Für die Risikoberechnung wird der Portfolioansatz gewählt und es werden die logarithmierten Veränderungen der Vermögenspositionen simuliert. Die einzelnen Schritte sind identisch zum Vorgehen bei der Historischen Simulation im Portfolioansatz mit der Quotientenmethode (vgl. Abb. 14).

Das nachfolgende Beispiel enthält 10.000 Simulationsläufe. Im Anschluss werden die simulierten Wertänderungen der Größe nach geordnet. Der Value at Risk für einen Tag Haltedauer und 95 % Wahrscheinlichkeit beträgt - 2.424.325 EUR (bei 99 %: - 3.457.484 EUR).

Simulierte Änderungen		Simulierte Marktpreise		Marktwert Portfolio	Wertänderung Portfolio
Kupfer	Wechselkurs	Kupfer	Wechselkurs		
0,081472	0,954209	1830,23	0,862277	116.082.434	-604.456
0,645938	0,994888	1842,26	0,862503	116.814.681	127.790
0,064714	0,773729	1829,87	0,861277	116.194.703	-492.187
0,955603	0,231003	1848,89	0,858275	117.812.756	1.125.865
0,963496	0,744898	1849,06	0,861117	117.434.642	747.751
0,148122	0,922983	1831,65	0,862104	116.195.586	-491.304
0,519942	0,587391	1839,57	0,860245	116.950.225	263.335
0,672891	0,698134	1842,83	0,860858	117.074.526	387.635
0,877387	0,063447	1847,21	0,857350	117.832.832	1.145.941
0,337057	0,466155	1835,67	0,859574	116.793.364	106.474

$1.828,50 \cdot e^{(0,337057 * 0,0116037)}$ 
 $0,857 \cdot e^{(0,466155 * 0,0064336)}$

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

54.690 Tonnen · 1.835,67 USD/Tonne

0,859574 EUR/USD

= 116,79 Mio. EUR simulierter MW

- 116,69 Mio. EUR - aktueller MW

Beispiel: eine von 10.000 simulierten Wertänderungen des Portfolios + 0,10 Mio. EUR = Wertänderung

Abb. 14: Monte Carlo Simulation (mit Korrelationen)

In der Literatur werden häufig Kovarianzen für die Cholesky-Zerlegung verwendet.<sup>72</sup> Das Ziel, aus unabhängigen Zufallszahlen korrelierte Zufallszahlen zu erzeugen, kann auf beiden Wegen erreicht werden. Der übliche Weg besteht darin, zunächst standardnormalverteilte Zufallszahlen zu erzeugen. Im nächsten Schritt wird die Kovarianzmatrix mit der Cholesky-Zerlegung aufgespalten und die Zeilenvektoren der standardnormalverteilten Zufallszahlen werden mit der Choleskymatrix multipliziert.

Der zweite Weg besteht darin, normalverteilte Zufallszahlen zu generieren, deren Standardabweichung bereits den gewünschten Wert beinhaltet. Um beispielsweise die Zufallszahlen für die Simulation von logarithmierten Veränderungen des Kupferpreises zu generieren, ist bei der Erzeugung der Zufallszahlen die Standardabweichung der Log-Änderungen vorgegeben. Die noch fehlenden Korrelationen werden durch die Multiplikation mit einer Korrelationsmatrix aus der Cholesky-

<sup>72</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 166; DEUTSCH, H.P. (2001), S. 174 ff., 376; HULL, J. C. (2001), S. 581; JORION, P. (2001), S. 303; ZANGARI, P. (1996a), S. 254 f.;

Zerlegung eingefügt, woraus multivariat normalverteilte Zufallszahlen mit den gewünschten Eigenschaften entstehen. Wegen der **Summenstabilität der Normalverteilung** sind beide Wege möglich. Die Cholesky-Zerlegung wurde anhand der Korrelationsmatrix vorgeführt, weil Korrelationen gegenüber den sehr kleinen Kovarianzwerten übersichtlicher sind.

### c) Kritische Analyse der Monte Carlo Simulation

Die Monte Carlo Simulation gilt wegen ihrer Flexibilität gegenüber anderen Verfahren als überlegen, insbesondere bei der Risikomessung von komplexen Exposures wie sie z.B. aus Derivaten resultieren.<sup>73</sup> Das Verfahren kann Restlaufzeitverkürzungseffekte, Volatilitätsclustering, fat tails, nichtlineare Exposures und Extremszenarios in der Risikoberechnung berücksichtigen.<sup>74</sup> Bei Portfolios mit einem erhöhten Anteil an Optionen ist eine Monte Carlo Simulation die einzige praktikable Methode. In Abb. 15 ist die Verteilung der Gewinne und Verluste eines Hypothekenportfolios in USD mit komplexen Optionen gezeigt. Auf Grund des erhöhten Optionsanteils ist die Renditeverteilung so komplex, dass sie mit einem analytischen Ansatz nicht beschrieben werden kann.

---

<sup>73</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 156; DEUTSCH, H-P. (2001), S. 165; JORION, P. (2001), S. 291. KNÖCHLEIN, G./ LIERMANN, V. (2000), S. 386 ff.

<sup>74</sup> Vgl. DEUTSCH, H-P. (2001), S. 407 ff., 412 f.; JORION, P. (2001), S. 225.

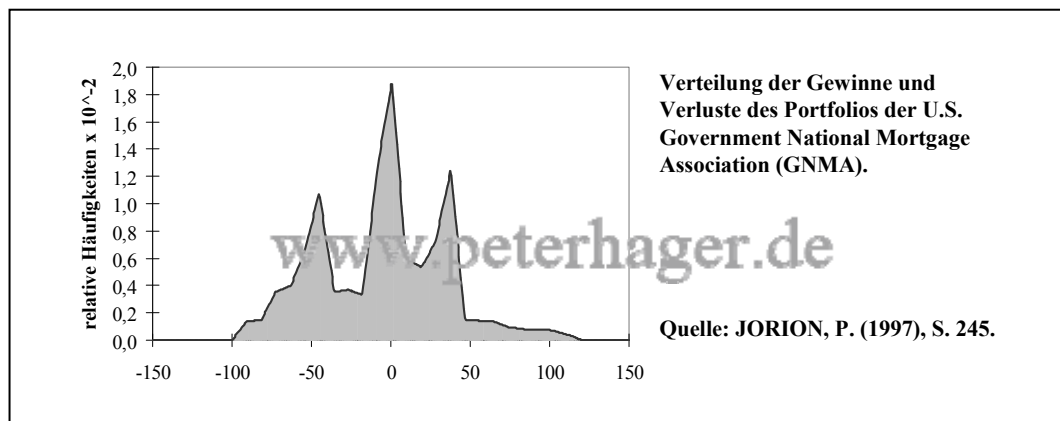


Abb. 15: Portfolio mit erhöhtem Optionsanteil

Ein Nachteil, den die Literatur speziell mit der Monte Carlo Simulation in Verbindung bringt, ist ihre **Rechenintensität**. Die Methode benötigt hohe Rechenkapazitäten und kann für große Portfolios viel Zeit in Anspruch nehmen.<sup>75</sup> Hier gilt es, zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit der Risikoprognose abzuwägen. Weniger Simulationen erhöhen grundsätzlich den Schätzfehler.

Bei JORION findet sich eine Übersicht von Untersuchungen der Zuverlässigkeit von Prognosen für alle hier gezeigten Value at Risk Modelle.<sup>76</sup> Während bei einem einfachen Portfolio ohne Optionen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Modellen in der Aussagekraft erkennbar sind, wird die Überlegenheit der Monte Carlo Simulation für ein Portfolio mit Optionen deutlich. Bei der Prognose des Value at Risk verschätzte sich die Delta-Normal-Methode bei Verwendung einer Wahrscheinlichkeit von 99 % im Durchschnitt um 5,34 %. Für die gleiche Wahrscheinlichkeitsaussage machte die Delta-Gamma-Methode im Durchschnitt einen Schätzfehler von 4,72 %, während der Fehler der Monte Carlo Simulation mit Vollbewertung 0 % betragen hat.<sup>77</sup> Gleichzeitig hat die Monte Carlo Simulation mit einer durchschnittlichen Rechenzeit von 66,27 Sekunden die

<sup>75</sup> Vgl. MATTEN, C. (1996), S. 85.

<sup>76</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 228.

<sup>77</sup> Die Schätzfehler beziehen sich auf die durchschnittliche Abweichung des geschätzten Value at Risk von dem tatsächlichen Verlust. Es sind folglich Fehler, die aus den vereinfachenden Annahmen der Modelle entstehen. Davon ist der Fehler zu unterscheiden, der bei einem Backtesting gemessen wird. Vgl. JORION, P. (2001), S. 228.



meiste Zeit benötigt, während die Delta-Normal-Methode mit 0,08 Sekunden am schnellsten war. In beiden Kennzahlen, dem Schätzfehler und der Rechenzeit kommen die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren zum Ausdruck.

Der Aufwand einer Monte Carlo Simulation ist bei den heute verfügbaren Rechenkapazitäten erst gerechtfertigt, wenn komplexe Risikostrukturen vorliegen oder eine nicht zu unterschätzende Anzahl von Derivaten im Portfolio gehalten wird. Für die „einfachen“ Risikostrukturen, bei denen ein linearer Zusammenhang zwischen Veränderungen der Risikofaktoren und Wertänderungen des Portfolios besteht, ist ein Varianz-Kovarianz-Ansatz ebenso ausreichend wie eine Historische Simulation.

www.peterhager.de

## B Erstellung von Risikoprognosen für lange Zeithorizonte

### 1 Deterministische Terminpreise

#### a) Forward-Zinssätze

Ein Ansatz zur Prognose zukünftiger Marktpreise basiert auf der Auswertung der aktuellen Marktpreise. Das Vorgehen wird am Beispiel des 1-jährigen EUR-Swapzinssatzes gezeigt. Der 1-Jahres-Swapzins vom 28.11.2000 beträgt 5,210 %, der 2-Jahres-Swapzins liegt zu diesem Zeitpunkt bei 5,255 %. Als faire Forward Rate  $FR(1,1)$  wird der Zinssatz für ein zinstragendes Geschäft bezeichnet, das in einem Jahr beginnt und eine Laufzeit von einem Jahr hat. Ein Unternehmen möge in 1 Jahr einen Zahlungsmittelzufluss von 1 Mio. EUR erwarten und möchte sich das aktuell hohe Zinsniveau sichern. Um den Betrag in einem Jahr für ein Jahr anzulegen, könnte das Unternehmen im Zeitpunkt  $t=0$  einen einjährigen Kredit von 1.000.450 EUR zu dem 1-Jahres-Zinssatz von 5,210 % aufnehmen und diesen Betrag sofort für zwei Jahre zu dem 2-Jahres-Zinssatz von 5,255 % anlegen. Damit hätte das Unternehmen in  $t=0$  per Saldo eine Vermögensänderung von Null. Das ist gerechtfertigt, da das Unternehmen im Zeitpunkt  $t=0$  noch keinen Zahlungsmittelzufluss hat, folglich auch keine eigenen Mittel anlegen kann.

Nach dem Ablauf von 1 Jahr ist der Kredit mit Zinsen für das abgelaufene Jahr zu tilgen. In der Summe hat das Unternehmen einen Betrag von 1.052.574 EUR zu bezahlen. Aus der 2-jährigen Geldanlage erhält es eine Zinszahlung von 52.574 EUR, per Saldo fehlen noch 1.000.000 EUR. Das ist genau der Betrag, den das Unternehmen von  $t=0$  aus für den Zeitraum von  $t=1$  bis  $t=2$  anlegen wollte und in  $t=1$  für den Saldenausgleich aufwenden muss. Nach Ablauf des zweiten Jahres erhält das Unternehmen aus der 2-jährigen Geldanlage Zins und Tilgung in Höhe von 1.053.024 EUR zurück.

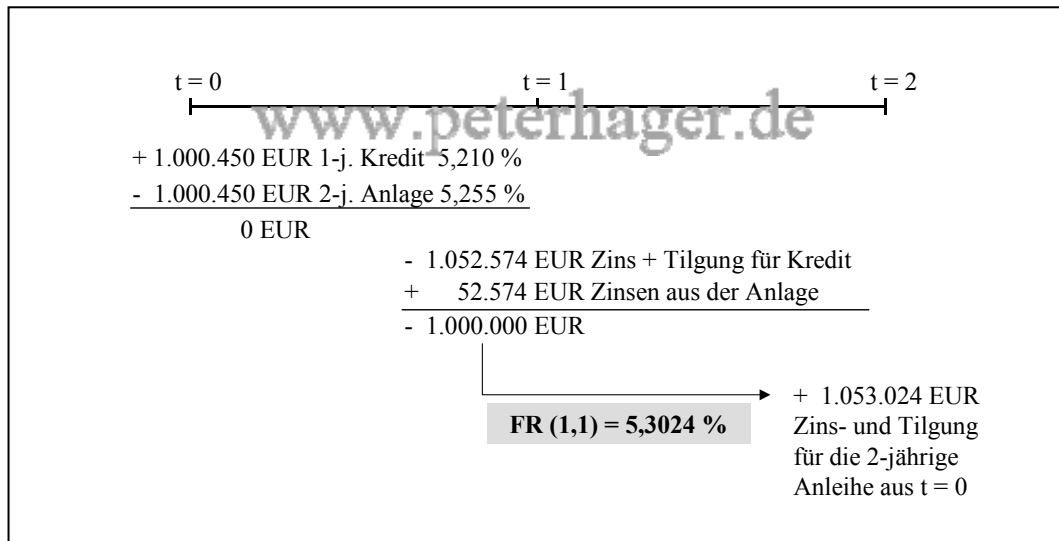


Abb. 16: Arbitragefreie Forward-Zinssätze

In Abb. 16 sind die Cash Flows der beiden Geschäfte über die Laufzeit von 2 Jahren dargestellt. Per Saldo hatte das Unternehmen einen Zahlungsmittelabfluss von - 1.000.000 EUR im Zeitpunkt  $t=1$  und einen Zahlungsmittelzufluss von + 1.053.024 EUR im Zeitpunkt  $t=2$ . Für den Zeitpunkt  $t=0$  ist der Saldo Null. Der saldierte Cash Flow aus beiden Geschäften entspricht aus Sicht von  $t=0$  einer Geldanlage in 1 Jahr für 1 Jahr. Der Zinssatz für dieses Geschäft berechnet sich aus dem Endvermögen in  $t=2$  und dem eingesetzten Kapital in  $t=1$ . Dieser Zins ist die gesuchte Forward Rate (1,1) und beträgt 5,3024 %.

Auf arbitragefreien Märkten muss die Kombination aus einer 2-jährigen Geldanlage mit einer 1-jährigen Refinanzierung im ersten Jahr der Laufzeit zu dem gleichen Ergebnis führen, wie der Abschluss einer 1-jährigen Geldanlage zum Forward-Zins mit Beginn in einem Jahr. Beide Varianten haben die gleiche Fristigkeit, den gleichen Zinsertrag und das gleiche Zinsrisiko. Der einzige Unterschied besteht darin, dass Variante 1 aus zwei Verträgen und Variante 2 aus nur einem Vertrag besteht. Folglich müssen beide Varianten zu dem gleichen Endvermögen in  $t=2$  führen.

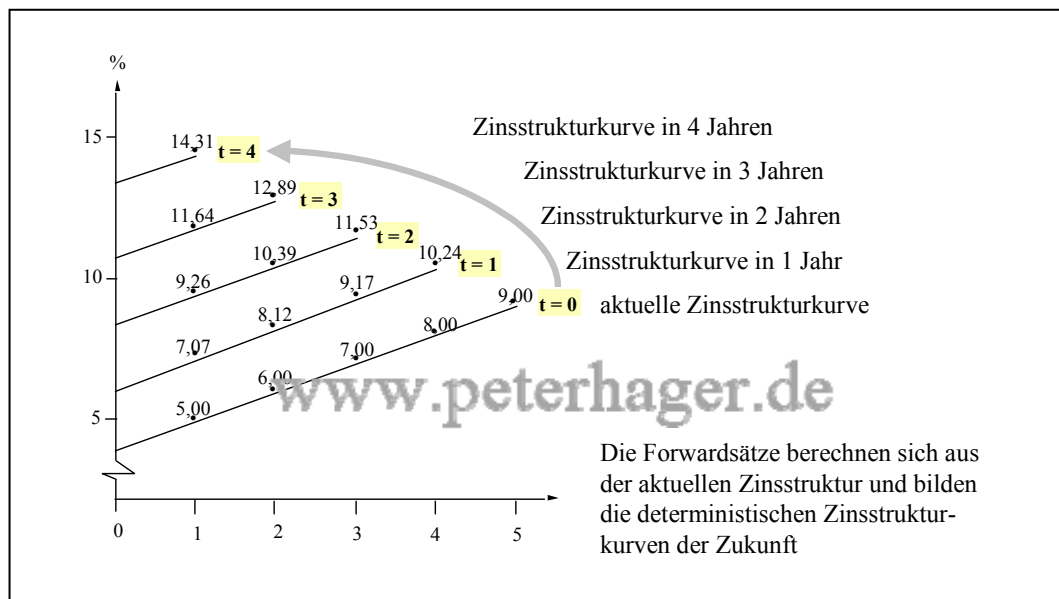


Abb. 17: Zukünftige, deterministische Zinsstrukturkurven

Die arbitragefreien Forwardsätze werden häufig als die **Zinsmeinung des Marktes** bezeichnet und als Substitut für Zinsprognosen verwendet.<sup>78</sup> Insbesondere für Risikoberechnungen erscheinen jedoch diese „Prognosen des Marktes“ wenig geeignet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich diese „Zukunftszinssätze“ mathematisch aus der aktuellen Zinsstrukturkurve ergeben. Auf eine Meinung der Marktteilnehmer kommt es hierbei nicht an. Bei einer normalen Zinsstrukturkurve, die für lange Laufzeiten höhere Zinssätze als für kurze Laufzeiten aufweist, werden sich stets über der aktuellen Zinsstrukturkurve liegende Forwardsätze ergeben.

In Abb. 17 ist beispielhaft gezeigt, wie sich auf Basis einer normalen Zinsstrukturkurve die Forwardkurven entwickeln.<sup>79</sup> Als Grundlage dient eine Zinsstrukturkurve mit Kassa-Zinssätzen von 5 % für 1 Jahr Laufzeit bis 9 % für 5 Jahre.<sup>80</sup> Da-

<sup>78</sup> ROLFES schlägt unter anderem die Verwendung von Forward Rates als Indikator für die Zinserwartung des Geld- und Kapitalmarktes vor. Vgl. ROLFES, B. (1999), S. 4, 60

<sup>79</sup> Vgl. SCHIERENBECK, H./ WIEDEMANN, A. (1996), S. 37.

<sup>80</sup> Das Beispiel von SCHIERENBECK und WIEDEMANN baut auf einer sehr steilen Zinsstrukturkurve auf. Damit lässt sich jedoch gut die Eigenschaft von Forwardkurven zeigen.

raus lassen sich Forwardsätze errechnen und die deterministischen Zinsstrukturkurven der Zukunft aufbauen. Die Prognose auf Basis der Forwardkurven würde bei einer normalen Zinsstrukturkurve folglich lauten: so weit der Blick in die Zukunft reicht, werden die Zinsen permanent steigen und zu keinem Zeitpunkt ist auch nur der Ansatz eines Zinsabstiegs erkennbar.

Umgekehrt liegen bei einer inversen Zinsstrukturkurve die Zinssätze für lange Laufzeiten unter den Zinssätzen für kurze Laufzeiten. Folglich werden die Forwardsätze hier stets unter den Kassa-Zinssätzen liegen und die Prognose würde lauten: die Zinsen werden permanent sinken. In beiden Fällen kann es sich nicht um eine zuverlässige Zinsprognose handeln, insbesondere nicht für die Berechnung von Risiken. Die wechselnden Phasen hoher und niedriger Volatilitäten, der im Zeitablauf schwankende Risikoappetit der Marktteilnehmer und andere Marktunvollkommenheiten werden bei diesem Ansatz nicht berücksichtigt.<sup>81</sup>

Es wird in der Literatur zum Teil die Meinung vertreten, dass auf Grund der Marktpflege durch die Zentralbanken die Forward-Zinssätze akzeptable Prognosen für sehr kurzfristige Zeiträume liefern.<sup>82</sup> In den Industriestaaten werden Änderungen der Leitzinsen nur in kleinen Schritten und zeitlich gestreckt von den Zentralbanken durchgeführt, daher ist das Gefüge von Kassa- und Terminkursen für kurze Zeiträume stabil. Die Aussagekraft verschlechtert sich jedoch deutlich für längere Zeiträume, weil ein Wechsel in der Zinspolitik der Zentralbanken nicht vorhergesehen werden kann. Für langfristige Zeiträume, und hier besteht Einigkeit, sind die Forwardsätze kein geeigneter Indikator.

Die kalkulatorischen Zukunftszinssätze können jedoch als ein Vergleichsmaßstab für die eigene Zinsmeinung dienen. Liegt die persönliche Zinserwartung unter dem Forwardsatz, wäre es beispielsweise sinnvoll, schon heute eine Geldanlage zu dem Forwardsatz abzuschließen. Das ist auch der Zweck von Forward-

<sup>81</sup> Vgl. MALZ, A. M. (2001), S. 4 ff.

<sup>82</sup> Vgl. KIM, J./MALZ, A. M./MINA, J. (1999), S. 30.

geschäften, einen arbitragefreien Zinssatz für Geschäfte mit Beginn in der Zukunft schon heute vertraglich zu vereinbaren.

b) Devisenterminkurse

Ebenso wie Forward-Zinssätze können auch zukünftige, **deterministische Wechselkurse** berechnet werden. Wenn beispielsweise der 6-Monats-Zins in Deutschland 3,46 % p.a. und in den USA 8,78 % p.a. beträgt und der Wechselkassakurs bei 0,857 EUR/USD liegt, dann muss auf arbitragefreien Märkten der Terminkurs für den Umtausch von USD in EUR in 6 Monaten 0,8794 EUR/USD betragen. In dieser Konstellation ist eine 6-monatige Geldanlage in den USA gleichwertig zu einer 6-monatigen Geldanlage in Deutschland, Arbitrage ist nicht möglich (vgl. Abb. 18).



Abb. 18: Zukünftige, deterministische Wechselkurs

Zur Ausnutzung des hohen Zinsniveaus in den USA könnte ein deutsches Unternehmen beispielsweise einen 6-monatigen Kredit in Höhe von 11,669 Mio. EUR zu 3,46 % aufnehmen, den Betrag zum aktuellen Kassakurs in 10 Mio. USD umtauschen und in den USA zu 8,78 % für 6 Monate anlegen. In 6 Monaten ist eine Zahlung in Höhe von 10,439 Mio. USD für Zins und Tilgung zu erwarten. Das

Risiko für das Unternehmen besteht in einer Abwertung des US-Dollar gegenüber dem EURO, wodurch ein Teil des höheren Zinsertrags auf dem amerikanischen Markt verzehrt werden kann. Es besteht die Möglichkeit, das Wechselkursrisiko bereits am Tag der Geldanlage durch die vertragliche Fixierung eines Terminkurses für den Fälligkeitstermin abzusichern.

Aus den Arbitragefreiheits-Überlegungen muss der Terminkurs am Tag der Geldanlage 0,8794 EUR/USD betragen. Wenn sich das Unternehmen diesen Wechselkurs sichert, hat es kein Wechselkursrisiko mehr und kann mit einem sicheren Cash Flow von 11,871 Mio. EUR in 6 Monaten rechnen. Das ist gleichzeitig genau der Betrag, den das Unternehmen in 6 Monaten zur Tilgung des aufgenommenen Kredits in EUR benötigt. Per Saldo ist keine Arbitrage durch die Geldanlage zum höheren Auslandszins bei gleichzeitiger Absicherung des Wechselkursrisikos möglich. Wie bei den Forward-Zinssätzen auch, handelt es sich bei den Terminkursen für Währungen um arbitragefreie Wechselkurse, die sich aus den aktuellen Kassakursen berechnen. Der gegenüber dem Kassakurs höhere Terminkurs ergibt sich auf Grund des in den USA gegenüber Deutschland höheren Zinsniveaus.

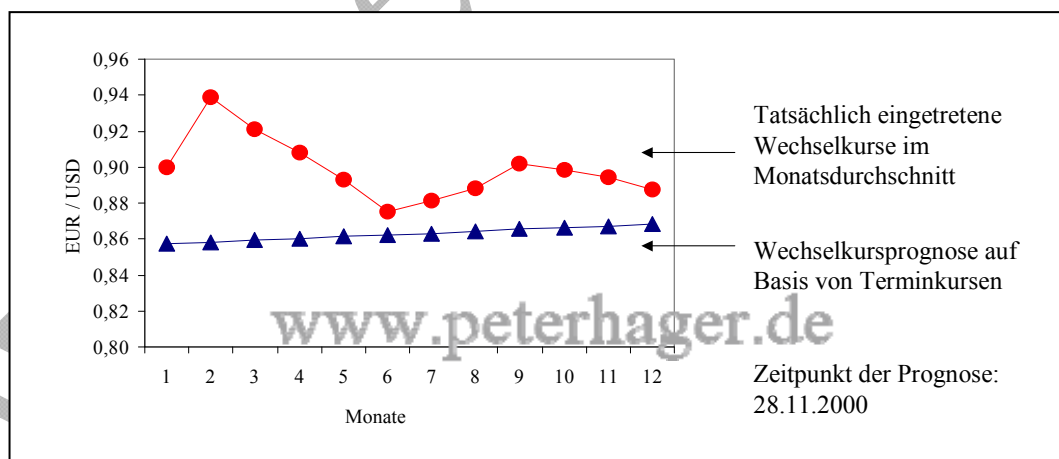


Abb. 19: Wechselkursprognosen auf Basis von Terminkursen im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf (EUR/USD)

Im Gegensatz zu den Zinssätzen werden Wechselkurse nur begrenzt von den Zentralbanken gestützt. In Abb. 19 ist gezeigt, dass kurzfristig die ursprünglichen Devisenterminkurse EUR/USD von den tatsächlich eingetretenen Wechselkursen abweichen. Hingegen kann mittelfristig eine Annäherung zwischen den ursprünglichen Terminkursen und den tatsächlichen Wechselkursen beobachtet werden. Die Terminkurse für 7, 8, 10 und 11 Monate wurden linear approximiert, da am Markt im Laufzeitbereich ab 6 Monaten Terminkurse nur quartalsweise gestellt werden. Das gilt auch für alle folgenden Darstellungen von Terminkursen.

In Abb. 19 sind die per 28.11.2000 gültigen Terminpreise abgetragen. Dem gegenübergestellt sind die nach Ablauf der jeweiligen Zeitspanne tatsächlich eingetretenen Wechselkurse. Bei den Terminpreisen für eine Zeitspanne von mehr als 5 Monaten kann eine gewisse Nähe zu den tatsächlichen Wechselkursen beobachtet werden.

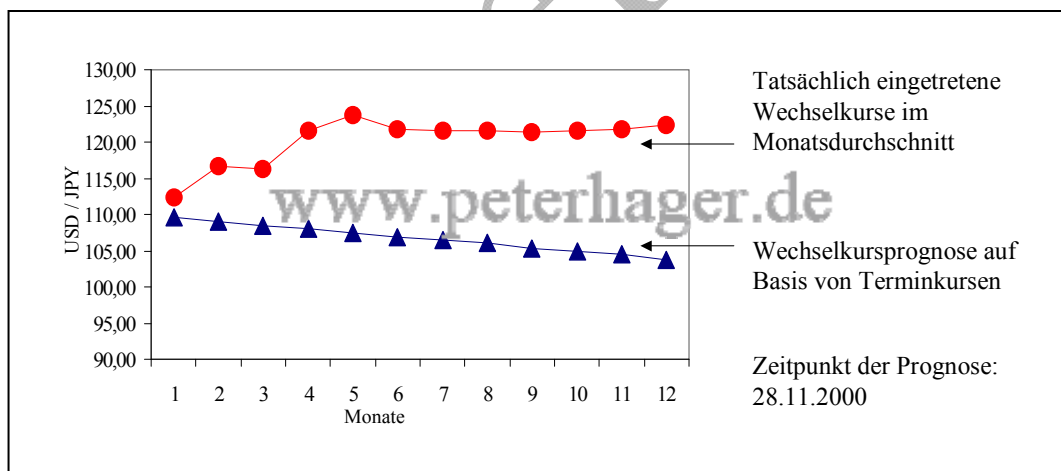


Abb. 20: Wechselkursprognosen auf Basis von Terminkursen im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf (USD/JPY)

Für den Wechselkurs USD/JPY wird in Abb. 20 derselbe Vergleich durchgeführt. Am 28.11.2000 wird auf Basis der aktuellen Devisenterminkurse eine Wechselkursprognose erstellt. Die Entwicklung des Abstands zwischen den prognostizierten und den tatsächlich eingetretenen Wechselkursen ist genau entgegengesetzt zu



dem Verlauf in Abb. 19. Kurzfristig liegen die Werte beisammen und mittelfristig entfernen sie sich voneinander.

Die Devisenterminkurse bilden wie zuvor die Forward-Zinssätze auch, eine Möglichkeit zur Marktbeobachtung. Für Risikoprognosen erscheinen sie ungeeignet. Auch die Devisenterminkurse ergeben sich aus rein kalkulatorischen Arbitrageüberlegungen.

c) Futurespreise von Rohstoffen

Die Preise von Rohstoffen haben im Vergleich zu Aktienkursen, Zinsen und Wechselkursen grundlegend unterschiedliche Eigenschaften. Im Gegensatz zu den Finanzinstrumenten werden Rohstoffe nur von wenigen Marktteilnehmern für Spekulationszwecke gehalten.<sup>83</sup> Die Spekulation mit Rohstoffen würde auch höhere Kosten als bei Finanzinstrumenten verursachen, denn die Depotgebühren für 10.000 Aktien sind nicht mit den Lagerkosten von 10.000 Tonnen Öl zu vergleichen. Davon werden die Futurepreise der Rohstoffe beeinflusst. Bei Finanzinstrumenten setzt sich der Futurepreis aus dem Kassakurs (Spotpreis) des zu Grunde liegenden Basisinstruments (Underlying) und den Cost of Carry zusammen (vgl. Gleichung 9).<sup>84</sup>

**Gleichung 9:**  $\text{Futurepreis}_{(F)} = \text{Spotpreis}_{(F)} + \text{Cost of Carry}_{(F)}$

Der Index (F) bezeichnet die Preise von Finanzinstrumenten. Die Cost of Carry bei Finanzinstrumenten sind abhängig von den Haltekosten des Underlyings. Durch den Kauf eines Zins-Futures spart der Käufer bis zum Erfüllungszeitpunkt die Finanzierungskosten für den Erwerb der gegenüber dem Future teureren Anleihe. Gleichzeitig entgehen ihm die Kuponzinsen, die er bei dem direkten Erwerb der Anleihe erhalten würde. Die ersparten Finanzierungskosten müssen den

<sup>83</sup> Vgl. HUMPHREYS, H. B. / SHIMKO, D. C. (1997), S. 109.

<sup>84</sup> Vgl. SCHIERENBECK, H./ WIEDEMANN, A. (1996), S. 301 ff.

Futurepreis erhöhen, die entgangenen Finanzierungserträge mindern den Preis. Beide Komponenten zusammen ergeben die Cost of Carry (Finanzierungskosten minus Finanzierungserträge bzw. Kreditzinsen minus Kuponzinsen).

Die Cost of Carry der Rohstoffpreis-Futures enthalten weitaus mehr Komponenten als es bei den Finanzinstrumenten der Fall ist. Bei dem Kauf und Verkauf von Rohstoffen entstehen Transport-, Lager- und Versicherungskosten. In den meisten Fällen dienen Rohstoffe daher nicht der Spekulation, sondern der Weiterverarbeitung, so dass sie gegenüber den Finanzinstrumenten zusätzlich zu ihrem Kaufpreis einen Konsumwert (Convenience Yield) besitzen.<sup>85</sup> Die Berücksichtigung der Convenience Yield kann bei Rohstoffpreisen zu einem Verlauf der Rohstoffpreise führen, der als „backwardation“ bezeichnet wird.<sup>86</sup>

Die backwardation ist in ihrem Verlauf mit einer inversen Zinsstrukturkurve vergleichbar und dadurch gekennzeichnet, dass die Spotpreise von Rohstoffen höher sind als die Futurepreise, d.h. ein Rohstoff ist heute mehr wert als zu einem Zeitpunkt in der Zukunft.<sup>87</sup> Insbesondere bei wichtigen Rohstoffen wie Öl lässt sich der Effekt dadurch erklären, dass es bei Produktionsengpässen oder Transportproblemen von Öl wie sie z.B. als Folge von politischen Krisen auftreten können, zu teuren Absatzschwankungen und sogar Produktionsstillstand in der weiterverarbeitenden Industrie kommen kann. Daher wird aus dem physikalischen Besitz der Rohstoffe ein zusätzlicher Konsumwert erzielt, wodurch der Spotpreis höher ist als der Futurepreis. Die „normale“ Marktsituation wird als „contango“ bezeichnet und ist in ihrem Verlauf vergleichbar mit einer normalen Zinsstrukturkurve.<sup>88</sup> Auf Grund der Cost of Carry sind höhere Rohstoffpreise für den Kauf zu einem Zeitpunkt in der Zukunft eine Folge der Lagerkosten des Verkäufers. Der Futurepreis für Rohstoffe setzt sich aus drei Komponenten zusammen (vgl. Gleichung 10). Der Index (R) bezeichnet die Preise von Realgütern wie z.B. Rohstoffen.

<sup>85</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 714 f.

<sup>86</sup> Vgl. HUMPHREYS, H. B. / SHIMKO, D. C. (1997), S. 112.

<sup>87</sup> Vgl. STEPHENS, J.J. (2001), S. 81 f.

<sup>88</sup> Vgl. HARRIS, C. (1997), S. 176.

**Gleichung 10:** 
$$\text{Futurepreis}_{(R)} = \text{Spotpreis}_{(R)} + \text{Cost of Carry}_{(R)} - \text{Convenience Yield}_{(R)}$$

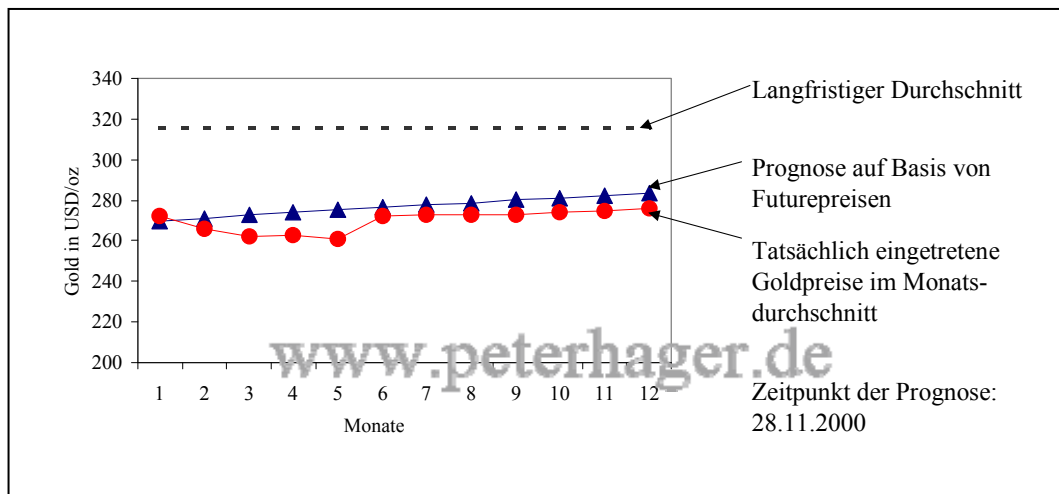


Abb. 21: Futurepreise für Gold im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf

Kurzfristig sind Angebot und Nachfrage festgeschrieben. Daher reagieren Rohstoffpreise schon auf geringe Marktturbulenzen sehr sensibel und der Konsumwert ist entsprechend hoch. Nur mittel- und langfristig können die Produktionskapazitäten der Rohstofflieferanten sowie der rohstoffverarbeitenden Industrie angepasst werden. Deshalb wird Rohstoffpreisen die Eigenschaft zugeschrieben, nach kurzfristig starken Schwankungen gegen einen Mittelwert zu konvergieren (Mean Reversion), der von ihren Produktionskosten abhängig ist. Die Mean Reversion vollzieht sich aber nur sehr langfristig. Der Effekt kann jedoch ausgesetzt werden, wenn z.B. ein Rohstoff durch einen anderen substituiert wird und somit auf Dauer einen Wertverlust erleidet.

Für die beiden Rohstoffe Gold und Kupfer werden beispielhaft die tatsächlich eingetretenen Rohstoffpreise den ursprünglichen Futurespreisen gegenübergestellt. Bei Gold kann ein paralleler Verlauf von Futurepreisen und eingetretenen Spotpreisen beobachtet werden (vgl. Abb. 21). Der Rohstoff Gold stellt dabei eine Besonderheit da, weil Gold auch für Vermögensanlagen verwendet wird und entsprechend zwei Gruppen von Käufern existieren, die den Preis beeinflussen. Im Vergleich zu dem langfristigen Durchschnitt auf Basis der Goldpreise im Zeit-

raum von 28.11.1995 bis zum 28.11.2000 bleibt der Goldpreis unter seinem 5-Jahres-Durchschnitt (= langfristiger Durchschnitt).

Das gleiche trifft auch für den Kupferpreis zu, der ebenfalls deutlich unter seinem 5-Jahres-Durchschnitt verläuft. Anders als bei Gold verläuft die tatsächliche Rohstoffpreisentwicklung von Kupfer entgegengesetzt zu den Futurespreisen (vgl. Abb. 22). Während am 28.11.2000 die Futurespreise für 1-12 Monate um 1.700 USD/Tonne Kupfer notieren, ist im Rückblick zu sehen, dass der Kupferpreis tatsächlich von 1.829 USD/Tonne am 28.11.2000 auf ein Tief von 1.341 USD/Tonne am 01.11.2001 fällt.

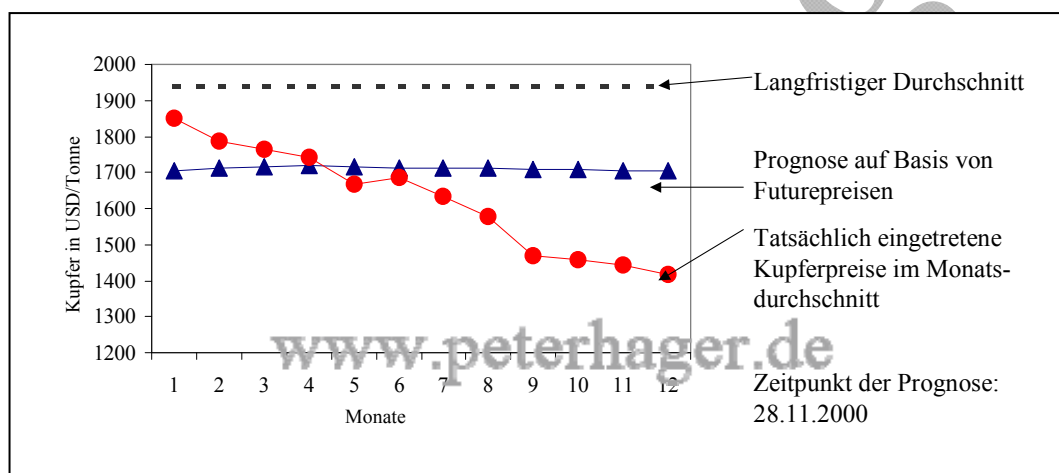


Abb. 22: Futurepreise für Kupfer im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf

Die Futurespreise scheinen, wie auch die Forward-Zinssätze und Devisenterminkurse zuvor, keine hohe Aussagefähigkeit bezüglich der zukünftigen Marktpreisentwicklung eines Rohstoffs zu besitzen. Für den Wechselkurs EUR/USD konnte zwar mittelfristig eine Annäherung zwischen den Devisenterminkursen und den tatsächlichen Wechselkursen beobachtet werden, bei dem Wechselkurs USD/JPY war jedoch genau das Gegenteil der Fall. Ähnlich ist die Erkenntnis bei den Futurespreisen von Rohstoffen. Für den Goldpreis hätte eine Prognose auf Basis der damaligen Futurespreise zu einem guten Ergebnis geführt, für Kupfer wäre das Gegenteil eingetreten.

Die Kurven von Rohstoff-Futurespreisen können einen geknickten Verlauf annehmen (Smile-Effekt), was bedeutet, dass z.B. die Futurepreise für 1-16 Monate einen stark sinkenden Verlauf haben und die längerfristigen Futurepreise wieder steigen.<sup>89</sup> Einige Rohstoffe wie Agrargüter und Öl können abhängig vom Wetter saisonalen Schwankungen unterliegen. Eine verregnete Ernte wird zu steigenden Getreidepreisen und ein kalter Winter zu steigenden Ölpreisen führen. Auch diese Eigenschaften unterscheiden Rohstoffe von Zinsen oder Wechselkursen, wo z.B. ein Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und dem Euribor nicht erkennbar ist. Es ist aber nicht möglich, eine 12-monatige Wetterprognose zu erstellen und im Öl-Futurespreis zu berücksichtigen. Trotzdem wird das Wetter in 12 Monaten den Ölpreis beeinflussen.

Zusammenfassend ist die Verwendung von Forward-Zinssätzen, Devisenterminkursen und Futurepreise für Risikoprognosen abzulehnen. Terminpreise treten vom Zufall abhängig ein oder nicht. Die Gefahr besteht darin, dass das Unternehmen in seiner Risikoeinschätzung auf das Eintreten der Terminpreise vertraut und tatsächlich die entgegengesetzte Entwicklung stattfindet (vgl. Abb. 20 und Abb. 22). Wünschenswert wäre im Risikocontrolling ein Konzept, das sowohl die Auswirkungen von steigenden als auch sinkenden Preisen quantifiziert und die daraus resultierenden Ergebniswirkungen mit Wahrscheinlichkeiten belegen kann.

---

<sup>89</sup> So ein Verlauf ist beispielsweise für Zinssätze nur in theoretischen Extremsituationen möglich. Bei Rohstoffen kann dieser Effekt hingegen häufiger auftreten. Vgl. HUMPHREYS, H. B. / SHIMKO, D. C. (1997), S. 116, 119.

## 2 Prognosen auf Basis von Vertrauensintervallen

### a) Die Modellierung der Unsicherheit zukünftiger Preise

Die Entwicklung von zukünftigen Zinssätzen, Wechselkursen und Rohstoffpreisen kann als ein Zufallsprozess aufgefasst werden. Zum Zeitpunkt der Risikoprognose ist es ungewiss, ob die tatsächliche Entwicklung eines Marktpreises gemäss den aktuellen Terminpreisen verlaufen wird oder ob sich eine entgegengesetzte Entwicklung einstellt. Das Beispiel des Wechselkurses USD/JPY zeigt, dass in einer Risikoprognose sowohl der Fall steigender als auch sinkender Wechselkurse simuliert werden muss.

Der Random Walk bildet einen Zufallsprozess und kann dazu verwendet werden, um logarithmierte Veränderungen eines Risikofaktors zu simulieren. Auf eine ausführliche Darstellung von Zufallsprozessen wird verzichtet, stattdessen sei hier auf entsprechende Literatur verwiesen.<sup>90</sup> In Gleichung 11 ist gezeigt, wie mit Hilfe eines einfachen Random Walks zukünftige Wechselkursentwicklungen simuliert werden können. Die Variable  $K_0$  kennzeichnet den aktuellen Wechselkurs zum Zeitpunkt der Simulation. Am 28.11.2000 notierte der Wechselkurs USD/JPY bei 110,14. Der zweite Faktor enthält im Exponenten eine standardnormalverteilte Zufallszahl, die empirische Standardabweichung der logarithmierten Wechselkursänderungen und die Wurzel aus der simulierten Zeitdauer. Dieses Produkt wird zur Basis  $e$  potenziert und simuliert den Zufallsprozess.

**Gleichung 11:** 
$$K_t = K_0 \cdot e^{(\text{standardnormalverteilte Zufallszahl} \cdot \sigma \cdot \sqrt{t})}$$

<sup>90</sup> Random Walk: Vgl. CREMERS, H. (1998), S. 297-299; DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 27-34; HULL, J. C. (2001), S. 313-337; FRANKE, J./HÄRDLE, W./HAFNER, C. (2001), S. 37-47.



Abb. 23: Die Berücksichtigung historischer Trends

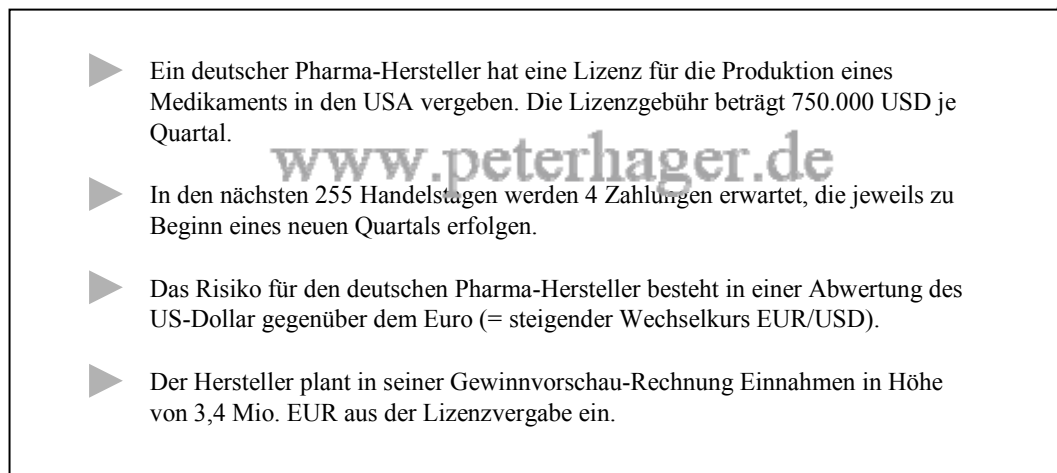
Zusätzlich zu diesem stochastischen Prozess kann eine deterministische Komponente im Sinne eines Trends berücksichtigt werden. Die Trendkomponente lässt sich entweder auf Grund von historischen Beobachtungen schätzen, oder sie wird aus dem Forward-/ Futurepreis abgeleitet.

Bei Betrachtung der historischen Entwicklung stellt sich die Frage, welche Historie der Trendbestimmung zu Grunde gelegt werden soll. So könnte sich aus den letzten 15 Monaten ein anderer Trend ergeben, als beispielsweise aus den letzten 30 Monaten (vgl. Abb. 23). Durch die Verwendung von Trends werden Prognoseverfahren aufwendiger. Wegen der Unsicherheit über die zukünftige Relevanz von historischen Trends, sind nach Möglichkeit Prognoseverfahren ohne Trendberücksichtigung zu verwenden.

#### b) Fallstudie 1: Einnahmen aus der Lizenzvergabe im Ausland

Fallstudie 1 zeigt, wie aus den mit Hilfe von Random Walks simulierten Preispfaden eine Risikoprognose mit einer Wahrscheinlichkeitsaussage abgeleitet werden kann. Während der ersten Fallstudie ein einfacher Sachverhalt zu Grunde liegt, wird die Komplexität der Risikostrukturen in den nachfolgenden Fallstudien schrittweise erhöht. Zunächst gilt es, das Prinzip der Risikoprognose mit Vertrau-

ensintervallen darzustellen und die Unterschiede gegenüber einer Prognose mit Value at Risk Modellen zu zeigen.



- ▶ Ein deutscher Pharma-Hersteller hat eine Lizenz für die Produktion eines Medikaments in den USA vergeben. Die Lizenzgebühr beträgt 750.000 USD je Quartal.
- ▶ In den nächsten 255 Handelstagen werden 4 Zahlungen erwartet, die jeweils zu Beginn eines neuen Quartals erfolgen.
- ▶ Das Risiko für den deutschen Pharma-Hersteller besteht in einer Abwertung des US-Dollar gegenüber dem Euro (= steigender Wechselkurs EUR/USD).
- ▶ Der Hersteller plant in seiner Gewinnvorschau-Rechnung Einnahmen in Höhe von 3,4 Mio. EUR aus der Lizenzvergabe ein.

Abb. 24: Fallstudie 1, Einnahmen aus der Lizenzvergabe im Ausland

In Fallstudie 1 wird das Wechselkursrisiko der Einnahmen eines deutschen Pharma-Herstellers aus einer Lizenzvergabe im Ausland untersucht (vgl. Abb. 24). Aus der Lizenzvergabe erhält der Pharma-Hersteller zu Beginn eines jeden Quartals 750.000 USD, die zu einem noch unbekanntem Wechselkurs in der Zukunft umgetauscht werden müssen. Die Analyse des Wechselkursrisikos erfolgt am 28.11.2000 für den Zeitraum der folgenden 4 Quartale.

Die Prognose der zukünftigen Wechselkursentwicklung erfolgt mit Hilfe eines Random Walks. Zwei Parameter gilt es zu berücksichtigen, die vom Anwender gewünschte Wahrscheinlichkeit für die Risikoprognose und die Volatilität der logarithmierten täglichen Wechselkursänderungen. Die Risikoaussage soll mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erfolgen. Bei der Schätzung der Volatilität wird auf historische Beobachtungen zurückgegriffen. Das Problem dabei ist die Auswahl der relevanten Historie. Im Gegensatz zu den Value at Risk Modellen, bei denen für Risikoprognosen von 1-10 Tagen insbesondere die aktuelle Marktentwicklung relevant ist, muss nun der wesentlich längere Prognosehorizont berücksichtigt werden.



Im Beispiel beträgt am 28.11.2000 die 30-Tage Volatilität der logarithmierten Wechselkursänderungen 0,00733, die 250-Tage Volatilität liegt bei 0,00710 und die 500-Tage Volatilität bei 0,00643. Wegen des häufig zu beobachtenden Volatilitätsclustering kann es bei Verwendung einer sehr kurzfristigen Volatilität zu falschen mittelfristigen Risikoprognosen kommen. In einer Phase hoher Volatilitäten würde es zu einer Überschätzung und in einer Phase niedriger Volatilitäten zu einer Unterschätzung der Volatilität für die nächsten 4 Quartale kommen. Bei der Auswahl einer langfristigen Volatilität könnte das Modell träge werden, so dass es zu falschen Risikoprognosen für kurzfristige Planungshorizonte kommen könnte. Bei Vergleich der drei zur Auswahl stehenden Volatilitäten ist erkennbar, dass der Wechselkurs stets volatil geworden ist. Zunächst wird untersucht, ob die 250-Tages Volatilität als Kompromiss geeignet ist. Im weiteren Verlauf der Arbeit wäre auch die 500-Tages Volatilität als Alternative zu überprüfen.

Mit Hilfe von Random Walks können zukünftige Wechselkurse simuliert werden. Um die simulierten Wechselkursverläufe lässt sich ein Vertrauensintervall legen. Das Vertrauensintervall wird mit Gleichung 11 berechnet, indem statt einer standardnormalverteilten Zufallszahl der Faktor  $z$  für das gewünschte Quantil eingesetzt wird (im Beispiel beträgt  $z = 1,6449$  für ein zweiseitiges 90% - Vertrauensintervall):

**Obere Intervallgrenze:**  $K_t^O = K_0 \cdot e^{(+z \cdot \sigma \cdot \sqrt{t})}$

**Untere Intervallgrenze:**  $K_t^U = K_0 \cdot e^{(-z \cdot \sigma \cdot \sqrt{t})}$

Die Abb. 25 zeigt zusammenfassend die obere und untere Intervallgrenze, der tatsächliche Verlauf des Wechselkurses und exemplarisch einer von 10.000 für die Wechselkursentwicklung simulierten Pfaden gezeigt. Die Verwendung der langfristigen Volatilität reicht nicht aus, um im vorliegenden Beispiel die kurzfristige Wechselkursentwicklung zu prognostizieren. In Abb. 25 ist zu erkennen, dass in den Monaten Dezember 2000 und Januar 2001 eine Phase hoher Volatilitäten vor-

lag, die von der 250-Tages Volatilität nicht hinreichend beschrieben werden kann. Dafür wird, wie auch gewollt, die mittelfristige Wechselkursentwicklung von dem Vertrauensintervall vollständig erfasst.

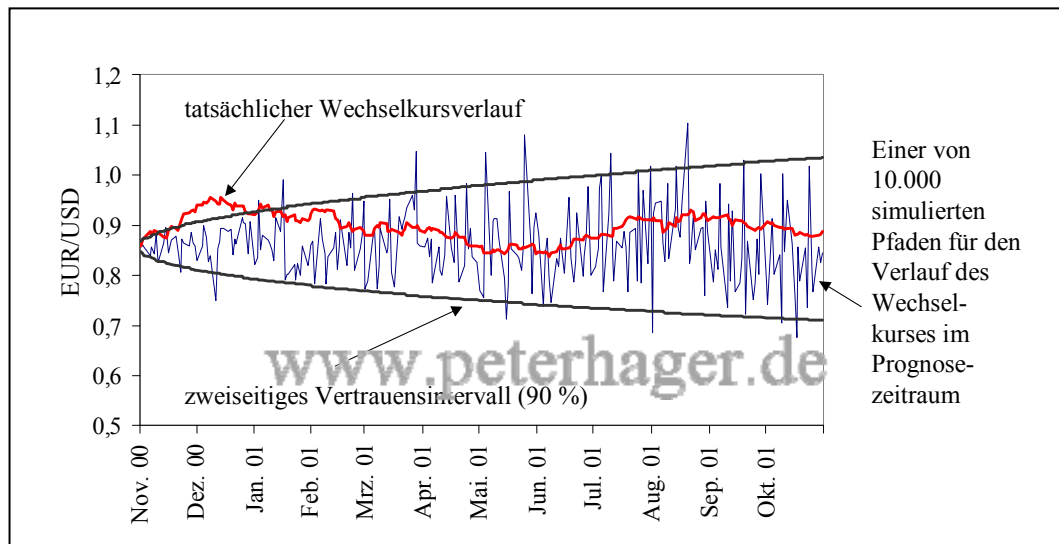


Abb. 25: Simulation für die zeitliche Entwicklung des Wechselkurses EUR/USD im Prognosezeitraum (ohne Trendkomponente)

In jedem Simulationslauf werden die Lizeinnahmen mit den generierten Wechselkursen bewertet. Aus der Addition der in EUR umgerechneten Lizeinnahmen ergibt sich der zu erwartende Cash Flow des Pharma-Herstellers. Für 10.000 simulierte Wechselkurspfade ergeben sich 10.000 mögliche Summen der vier Cash Flows, die in Abb. 26 als Häufigkeitsverteilung dargestellt werden. Aus der Häufigkeitsverteilung kann eine Aussage getroffen werden, welcher Summen Cash Flow mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % nicht unterschritten wird. Der gesuchte Wert entspricht dem empirischen 5 % - Quantil der Verteilung, da der zu 5 % geringste Summen Cash Flow gesucht wird. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % werden die Einnahmen aus der Lizenzvergabe nicht weniger als 3,29 Mio. EUR betragen. Die tatsächlichen Einnahmen hätten auf Grund der realen Wechselkursentwicklung 3,35 Mio. EUR betragen.

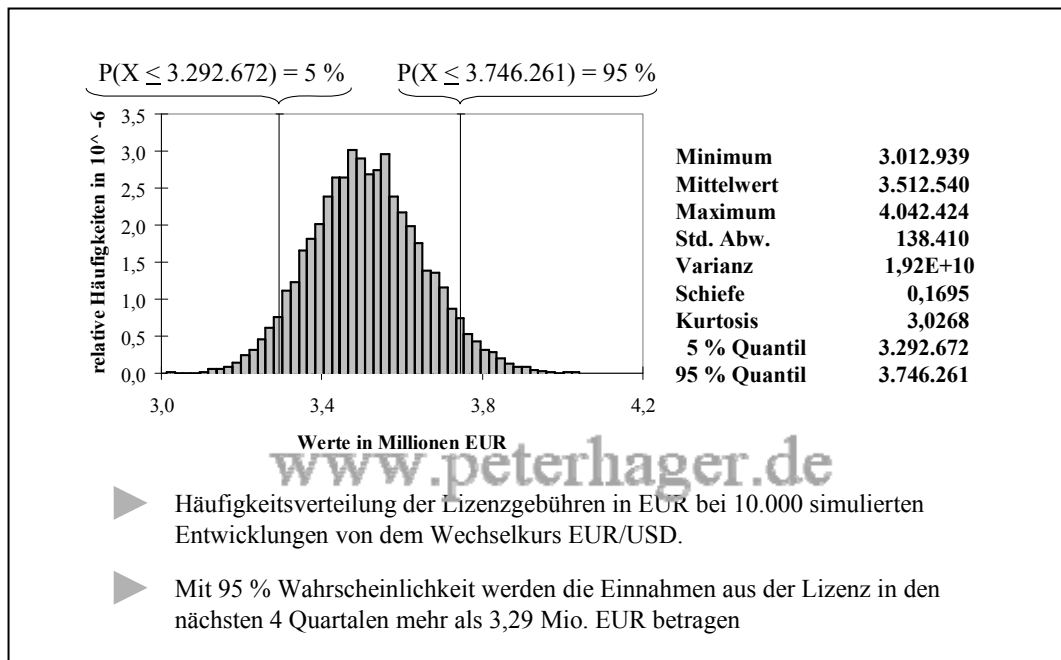


Abb. 26: Verteilung des Cash Flows in EUR für den Prognosezeitraum

In dieser Fallstudie wird alternativ zur Prognose ohne Trend eine Risikoschätzung unter Verwendung eines historischen Trends durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Risikoprognoze, am 28.11.2000, wird auf Basis der vergangenen 250 Tage für die logarithmierten Wechselkursänderungen ein Mittelwert von - 0,000645 gemessen.

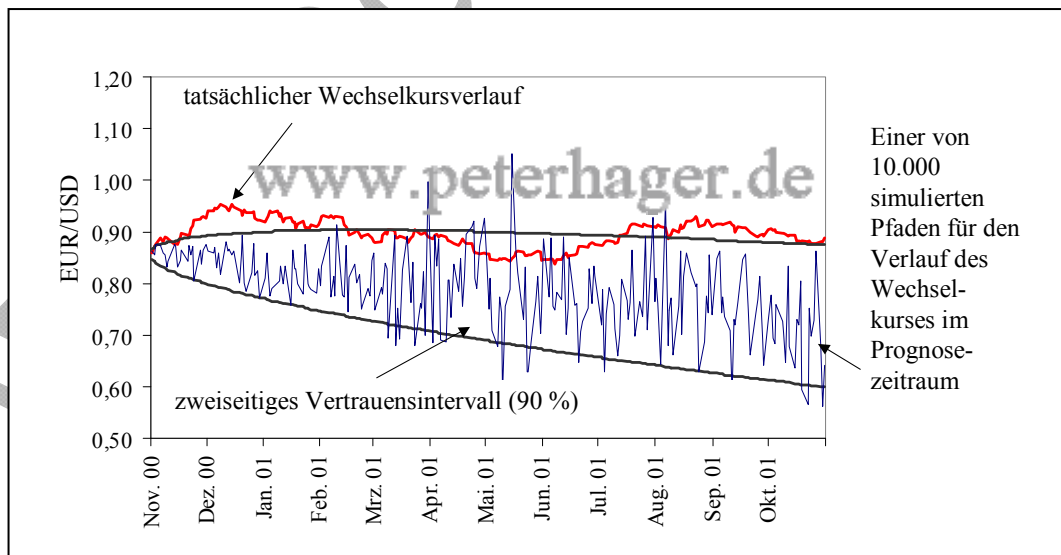


Abb. 27: Simulation für die zeitliche Entwicklung des Wechselkurses EUR/USD im Prognosezeitraum (mit historischen Trend)

In Abb. 27 ist die obere und untere Intervallgrenze, der tatsächliche Verlauf des Wechselkurses und exemplarisch einer von 10.000 für die Wechselkursentwicklung simulierten Pfaden gezeigt. Bei Berücksichtigung der langfristigen Trendkomponente kommt es zu einer Unterschätzung des Risikos, da auf Grund des negativen Trends sinkende Wechselkurse simuliert werden, tatsächlich jedoch eine Seitwärtsbewegung des Wechselkurses stattfindet. Mit Berücksichtigung der negativen Trendkomponente werden mit 95 % Wahrscheinlichkeit Einnahmen über 3,79 Mio. EUR prognostiziert. Die tatsächlichen Einnahmen hätten jedoch bei 3,35 Mio. EUR gelegen.

Fallstudie 1 verdeutlicht die Erkenntnis aus dem vorhergehenden Abschnitt. Die Frage, ob ein Random Walk mit oder ohne Trendkomponente zu verwenden ist, kann nicht allgemeingültig beantwortet werden. Bisher konnte weder bei Verwendung eines Trends auf Basis der Forward-Prämie noch bei Berücksichtigung eines historischen Trends eine bessere Prognose als bei den Modellen ohne Trendkomponente beobachtet werden.

### 3 Prognosen auf Basis ökonometrischer Modelle

Ökonometrische Modelle leiten aus einer Vielzahl von Marktpreisen und ökonomischen Kennzahlen Prognosen ab. Im Vergleich zu den Prognosen auf Basis von Terminpreisen oder Random Walks sind die ökonometrischen Modelle komplexer und benötigen einen großen Datenhaushalt. Der Einsatz von ökonometrischen Modellen ist nur dann sinnvoll, wenn mit den einfachen Random Walk Modellen keine zuverlässigen Risikoprognosen zu erzielen sind.

Den Vektor Autoregressiven Modellen (VARM) liegt die Annahme zu Grunde, dass jede zu prognostizierende Variable von ihrer eigenen Historie und von der Historie aller anderen im System betrachteten Variablen abhängig ist.<sup>91</sup> Die Error Correction Modelle unterstellen einen im Zeitablauf stabilen Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen. Selbst wenn sich eine Variable kurzfristig ohne einen Zusammenhang zu den anderen Größen verhält, kann langfristig eine stabile wechselseitige Abhängigkeit aller Variablen des betrachteten Systems unterstellt werden. Von dieser Co-Integration der Variablen lässt sich ein Korrekturmechanismus für Fehlentwicklungen einzelner Variablen herstellen, der als Error Correction Modell (ECM) bezeichnet wird.

Von J.P. Morgan wurde für mittelfristige Prognosen von Risikofaktoren ein Vektor Autoregressives Modell mit einem Error Correction Modell verknüpft, woraus ein Vector Error Correction Modell (VECM) entsteht.<sup>92</sup> Der Schwerpunkt liegt auf der Prognose des Mittelwerts eines jeden Risikofaktors, hingegen werden weder die Volatilität noch die Korrelationen mit den anderen Risikofaktoren explizit geschätzt. Als Basis der Prognose dient die Historie des jeweiligen Risikofaktors sowie die Historien von allen anderen im Modell erfassten Risikofaktoren und/oder makroökonomische Größen. Die gegenseitigen Abhängigkeiten werden

<sup>91</sup> Vgl. DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 506 ff; ROBERTSON, J. C./ TALLMAN, E. W. (1999), S. 4 ff.

<sup>92</sup> Vgl. KIM, J./ MALZ, A. M./ MINA, J. (1999), S. 9; 81 ff.

gleichzeitig für Fehlerkorrekturen verwendet. Das Vector Error Correction Modell kommt nicht ohne eine Normalverteilungsannahme für die logarithmierten Veränderungen der Risikofaktoren aus.

In der Literatur werden alternative Modelle angeboten, welche ohne eine Normalverteilungsannahme auskommen. Für die Prognose kurzfristiger Zinsen werden Gleichgewichtsmodelle wie z.B. das Modell von Vasicek und No-Arbitrage-Modelle wie z.B. das Modell von Ho und Lee oder Hull und White diskutiert.<sup>93</sup> Schon seit den 60er Jahren hat sich die Wissenschaft der Entwicklung von Zinsrisiko-Modellen gewidmet, die aber auf Grund ihrer stetig steigenden Komplexität zu hohen Implementierungskosten und Modellrisiken führen. Mit der schnell wachsenden Rechenleistung von Computern sind aber Kosteneinsparungen und eine weitere Verbreitung der Modelle zu erwarten.<sup>94</sup>

In der Praxis des Währungsmanagements überwiegt gemäss JOHNSON bei der Berücksichtigung makroökonomischer Variablen die Fundamental-Analyse, weil die Verwendung von ökonometrischen Modellen zu teuer und zu zeitaufwendig ist.<sup>95</sup> Für das Rohstoffpreismanagement schlagen Praktiker ebenfalls die Auswertung von fundamentalen Informationen und die Technische Chartanalyse vor.<sup>96</sup> Insbesondere die Chartanalyse wird in der Praxis gerne durchgeführt, da sie wenig Aufwand bereitet und keine Kenntnisse der komplexen ökonometrischen Modelle voraussetzt. Gleichzeitig erfordert die Chartanalyse im Vergleich zu den ökonometrischen Modellen keine hohen Rechenkapazitäten.

Vor diesem Hintergrund gilt es, einen Ansatz zu finden, der anders als z.B. die zinsrisikospezifischen Modelle auf möglichst viele Risikofaktoren wie Aktienkurse, Wechselkurse und Rohstoffpreise anwendbar ist. Der Ansatz muss in der Lage sein, sehr viele denkbare Marktsituationen abzubilden und statt einzelner Punkt-

<sup>93</sup> Vgl. HULL, J. C. (2001), S. 798 ff.; SANYAL, A. (1997), S. 53 ff.

<sup>94</sup> Vgl. McGUIRE, W. J. (1997), S. 15 ff.

<sup>95</sup> Vgl. JOHNSON, E. I. (1997), S. 69.

<sup>96</sup> Vgl. STEPHENS, J.J. (2001), S. 99 ff.

schätzungen einen Korridor für die zukünftige Entwicklung der Risikoparameter aufzuzeigen.

Sowohl ein Vector Error Correction Modell als auch ein Random Walk Modell können diesen Anforderungen gerecht werden. Im Gegensatz zu einem Vector Error Correction Modell benötigt ein Random Walk Modell weniger Dateninput und ist einfacher zu implementieren. Die Simulation mit einem Random Walk Modell kann, wenn ein Rechenkern für die Monte Carlo Methode vorhanden ist, mit Hilfe einer Tabellenkalkulation auf die individuellen Bedürfnisse des Unternehmens abgestimmt werden. Die Verwendung eines Vector Error Correction Modells ohne eine spezielle Software gestaltet sich dagegen schwieriger.

In Ermangelung einer geeigneten Software konnte für das Vector Error Correction Modell kein eigenes Backtesting durchgeführt werden. Stattdessen erfolgt der Verweis auf einen von der RiskMetrics Group erstellten Vergleich der Aussagekraft des gezeigten Vector Error Correction Modell, einem Random Walk mit Trend und einem Random Walk ohne Trend.<sup>97</sup> In dem Test wurden 65 Marktpreise aus den vier Assetklassen Währungen, Zinsen, Aktien und Rohstoffe über einen Zeithorizont von 12 Monaten prognostiziert. Die Wahrscheinlichkeit für das zweiseitige Vertrauensintervall beträgt 90 %, so dass nach unten und oben insgesamt 10 % Ausreißer zu erwarten wären.

<b>Modell</b>	<b>Anzahl der Ausreißer (erwartet: 10 %)</b>
Random Walk ohne Trendkomponente	3,23 % bis 8,60 %
Random Walk mit Trendkomponente	5,40 % bis 14,63 %
Vector Error Correction Model	6,64 % bis 10,48 %

Tab. 7: Backtesting der Modelle für Langzeitprognosen

<sup>97</sup> Für den Random Walk mit Trend wurden Forward-Prämien verwendet.

Die tatsächliche Anzahl der Ausreißer für die einzelnen Modelle ist in Tab. 7 gezeigt. Dabei werden in der Darstellung der RiskMetrics Group nur Intervalle angegeben, welche die Bandbreite der Ausreißer über alle Assetklassen angeben.<sup>98</sup> Das Backtesting des Vector Error Correction Modells der RiskMetrics Group lässt zwar eine höhere Aussagekraft für das hauseigene Modell erkennen, dennoch ist abzuwägen, ob der Unterschied zur Aussagekraft einfacher Random Walk Modelle den hohen Rechenaufwand und Datenbedarf eines komplexen Vector Error Correction Modells rechtfertigt. Der Random Walk mit Trendkomponente liefert in dem Backtesting mehr Abweichungen von den erwarteten 10 % nach unten und oben als das Vector Error Correction Modell. Der Random Walk ohne Trendkomponente erweist sich als konservativ und führt in dem vorliegende Backtesting stets zu weniger Ausreißern, als bei Anwendung eines 90 % Vertrauensintervalls zu erwarten wären.

Bei dem Testergebnis der RiskMetrics Group handelt es sich um eine Zusammenfassung der Prognosegenauigkeit für 65 einzelne Marktpreise. Im Anhang werden die Prognosen eines Random Walk Modells ohne Trendkomponente mit den über einen Zeitraum von 255 Tagen tatsächlich eingetretenen Marktpreisen für Aluminium, Gold, Kupfer, Öl, Silber, Swapzinsen und für die beiden Wechselkurse EUR/USD und USD/JPY verglichen. Es zeigt sich, dass für alle betrachteten Risikofaktoren die tatsächliche Marktentwicklung weitgehend von den Vertrauensintervallen des Prognosemodells erfasst wird. Das Random Walk Modell schafft den Kompromiss zwischen der notwendigen Kompatibilität, um viele unterschiedliche Risikofaktoren und damit die individuellen Anforderungen eines Unternehmens abbilden zu können, einer geringen Rechenzeit, zuverlässigen Prognosen und einer überschaubaren Komplexität (Modellrisiko). Daher erscheint zunächst die Beschränkung auf ein einfaches Modell wie den Random Walk ohne Trend sinnvoll.

---

<sup>98</sup> Vgl. KIM, J./MALZ, A. M./MINA, J. (1999), S. 87.



Auf die Berücksichtigung von Korrelationen zwischen den Risikofaktoren bei der Erstellung von mittel- und langfristigen Prognosen wird verzichtet. Zum einen hat die Diskussion im ersten Teil der Arbeit bereits die konzeptionellen Unzulänglichkeiten der Korrelation aufgezeigt. Insbesondere ist die fehlerhafte Abbildung nichtlinearer Zusammenhänge hier noch einmal zu nennen. Zum anderen können sich Korrelationen im Zeitablauf schnell ändern, im Extremfall kommt es zum correlation breakdown. Am Beispiel von Rohöl und Heizöl wird noch ein anderes Problem deutlich. Für die beiden Rohstoffpreise lässt sich empirisch eine starke positive Korrelation nachweisen. Wenn der Rohölpreis steigt, steigt auch der Heizölpreis. Umgekehrt ist bei sinkenden Rohölpreisen oft nur eine Seitwärtsbewegung des Heizölpreises zu beobachten. Zwischen den beiden Rohstoffpreisen existiert tatsächlich ein nichtlinearer Zusammenhang, der für Rohstoffpreise häufig beobachtet werden kann.<sup>99</sup> Daher ist die Korrelation kein geeignetes Maß zur Messung der Wechselbeziehungen von Risikofaktoren, insbesondere nicht für längere Prognosehorizonte.

Bei Bedarf ist es ohne die Berücksichtigung von Korrelationen möglich, für unterschiedliche Marktpreise auch unterschiedliche Prognosemodelle zu verwenden. Grundsätzlich sind Kombinationen wie z.B. die Verwendung eines ökonometrischen Modells für den Risikofaktor A, der Einsatz eines Random Walk mit Trend für den Risikofaktor B und die Prognose mit einem Random Walk ohne Trend für den Risikofaktor C denkbar. Eine Kombination von mehreren Prognosemodellen ist dann zu rechtfertigen, wenn sie zu insgesamt besseren Prognosen führt, weil für jeden Risikofaktor das Modell gewählt wurde, das dessen Verlauf am besten beschreiben kann. In dieser Arbeit wird für die Prognose aller Marktpreise ein Random Walk ohne Trend verwendet.

---

<sup>99</sup> Vgl. HUMPHREYS, H. B. / SHIMKO, D. C. (1997), S. 123.

## C Exposure-Mapping

### 1 Wechselbeziehungen zwischen den Risikofaktoren

Im Rahmen des Exposure Mappings werden die Zusammenhänge zwischen den Werten aus der betrieblichen Planung und den Risikofaktoren hergestellt. Die Beziehungen zwischen den Risikofaktoren und den finanziellen Ergebnissen der Unternehmung sind von den individuellen Gegebenheiten eines Unternehmens abhängig. Ein deutsches Unternehmen mit Exporten in die USA ist dem Wechselkursrisiko von EUR/USD ausgesetzt. Für einen amerikanischen Konkurrenten, der auf dem gleichen Absatzmarkt tätig ist, existiert dieses Risiko hingegen nicht.<sup>100</sup>

Die Komplexität des Exposure Mappings kann stufenweise erweitert werden. In der einfachsten Stufe erfolgt eine ausschließliche Betrachtung des Marktpreisrisikos. Fallstudie 1 ist ein Beispiel hierfür. Alle erwarteten Rückflüsse sind in ihrem Nominalbetrag in USD konstant und ein Risiko besteht nur in Änderungen des Wechselkurses EUR/USD. Die Exporterlöse in EUR sind eine Funktion des Wechselkurses.

In einer höheren Komplexitätsstufe können die Exporterlöse in EUR in Abhängigkeit des Wechselkurses und der Absatzmenge betrachtet werden, wobei die Absatzmenge vom Wechselkurs abhängig ist. Wird beispielsweise ein Fahrzeugtyp für 47.999 EUR pro Stück in die USA exportiert, beträgt der kalkulierte Verkaufspreis bei einem Wechselkurs von 0,857 EUR/USD 41.135 USD. Auf einem Wechselkursniveau von ca. 0,8 bis 0,9 EUR/USD plant das Unternehmen eine Absatzmenge von 12.000 Fahrzeugen pro Jahr. Wenn der Wechselkurs jedoch auf ca. 1 EUR/USD steigt, verteuert sich das Fahrzeug auf dem Absatzmarkt um

---

<sup>100</sup> Zunächst wird vereinfachend unterstellt, dass der amerikanische Konkurrent dieses Risiko nicht hat. Später wird diese vereinfachende Annahme aufgehoben.

6.864 USD auf 47.999 USD. Für den um ca. 17 % gestiegenen Preis ist mit einer geringeren Absatzmenge zu rechnen.

Das Unternehmen möge im Beispiel keinen verbindlichen Preis in USD anbieten und infolge des angehobenen Verkaufspreises 3.000 Fahrzeuge weniger absetzen, woraus sich geringere Exporterlöse ergeben. Im Gegensatz zu dem Beispiel aus der Fallstudie 1 kann bei dieser integrierten Betrachtung von Geschäfts- und Marktpreisrisiko nicht mehr von konstanten Cash Flows in USD ausgegangen werden. Der Zusammenhang zwischen der Absatzmenge und dem Wechselkurs lässt sich mit Hilfe von Preiselastizitäten abbilden.<sup>101</sup> Diese stellen einen praktikablen und einfachen Ansatz für die integrierte Messung beider Effekte dar.

In der dritten und höchsten Komplexitätsstufe können die geschäftspolitischen Risikofaktoren wie z.B. Absatzmengen und Marktpreisrisikofaktoren als zwei Random Walks betrachtet werden. Zwar ist auch hier eine Beziehung zwischen der Absatzmenge und dem Wechselkurs herstellbar, zusätzlich wird die Absatzmenge aber auch zufälligen Schwankungen unterliegen. Für diesen Ansatz wäre im Beispiel eines in die USA exportierenden Unternehmens die Kenntnis der Beziehung zwischen Wechselkurs und Absatzmenge sowie die Schätzung der Schwankungsbreite der Absatzmenge (Volatilität) notwendig. Wenn keine Volatilität für die Absatzmenge berücksichtigt wird, wird implizit unterstellt, dass kein Geschäftsrisiko existiert.

Sowohl in der zweiten als auch dritten Komplexitätsstufe wird die Unsicherheit zukünftiger Cash Flows aus dem operativen Geschäft berücksichtigt. Während in der zweiten Stufe die Schwankung der operativen Cash Flows noch eine Funktion der Marktpreisänderungen ist, gibt es in der dritten Stufe auch zufällige Schwankungen. Die Beziehung zwischen den Marktpreisrisiken und dem operativen Ergebnis ist unternehmensspezifisch und kann in den Fallstudien nur exemplarisch

---

<sup>101</sup> Vgl. SCHIERENBECK, H. (2000), S. 271.

dargestellt werden. Mit den gezeigten Ansätzen lassen sich grundsätzlich alle Cash Flows des Unternehmens in die Risikoberechnung integrieren.

Die Gleichungen zur Berechnung einzelner Risiken wie z.B. dem Wechselkursrisiko bei Exporten können zu einem Risikomodell für das gesamte Unternehmen zusammengefasst werden. Darin können beispielsweise auch Hedgingmaßnahmen und saisonale Ergebnisschwankungen Berücksichtigung finden.

www.peterhager.de

## 2 Value at Risk versus Cash Flow at Risk

### a) Kurzfristige versus mittelfristige Risikoprognosen

Die Prognose des Cash Flow at Risk ist im Gegensatz zum Value at Risk an einem mittel- bis langfristigen Zeithorizont von ca. 3-12 Monaten ausgerichtet. Bereits vor der Entwicklung der Cash Flow at Risk Modelle gab es strenggenommen Anwendungsgebiete für eine mittel- bis langfristige Betrachtung von Risikoparametern, z.B. die Messung von Kreditrisiken.

Der Vorteil des Value at Risk besteht darin, das gesamte Risiko in einer Kennzahl ausdrücken zu können.<sup>102</sup> Diese Eigenschaft kann aber auch als Nachteil ausgelegt werden, verbunden mit der Kritik, dass eine einzige Zahl nicht alles aussagen kann.<sup>103</sup> Insbesondere ist der Value at Risk nur für Risiken aus Finanzprodukten mit sicheren Cash Flows und kurze Zeithorizonte geeignet.<sup>104</sup> Der Value at Risk ist für die Betrachtung von dynamischen Entwicklungen über längere Zeiträume nicht geeignet.<sup>105</sup> Restlaufzeitverkürzungs- und pull-to-par-Effekte von Vermögenspositionen werden nicht berücksichtigt.<sup>106</sup> Vor einer Ausdehnung der Halte-dauer „mit Gewalt“ wird gewarnt.<sup>107</sup>

**Unternehmen orientieren sich an längeren Zeithorizonten.** Für das Wechselkursrisiko wurde empirisch ein durchschnittlicher Zeithorizont von 10-12 Monaten ermittelt.<sup>108</sup> Zusätzliche finanzielle Risiken können im Unternehmen aus den unsicheren operativen Cash Flows entstehen. Schon frühzeitig nach der Verbreitung des Value at Risk Konzeptes in der Bankenwelt wurde erkannt, dass eine **kurzfristige Steuerung auf der Basis von Marktwerten** nicht den Anfor-

<sup>102</sup> Vgl. HARRIS-JONES, J. (1998), S. 40-41.

<sup>103</sup> Vgl. FRÖMMEL, M./ MENKHOFF, L./ TOLKSDORF, N. (1999), S. 506 ff.

<sup>104</sup> Vgl. HARRIS-JONES, J. (1998), S. 41.

<sup>105</sup> Vgl. MOHR, R. (2001), S. 205; BURMESTER, C./ SIEGL, T. (2001), S. 105 ff.

<sup>106</sup> Vgl. FINGER, C. C. (1996), S. 4 ff.

<sup>107</sup> Vgl. WITTRICK, C./ JANSEN, S. (1996), S. 909.

<sup>108</sup> Vgl. BARTRAM, S. M. (1999), S. 76.

derungen von Unternehmen gerecht wird.<sup>109</sup> Für zahlreiche Vermögensgegenstände in Unternehmen sind Marktwerte nicht oder nur mit viel Aufwand ermittelbar. Insbesondere haben zukünftige, aber noch unsichere Cash Flows häufig einen bedeutenden Anteil am Unternehmenswert. Das Ziel des Cash Flow at Risk Konzeptes ist nicht nur die Berücksichtigung der an die Treasury übertragenen finanziellen Risiken, sondern auch die Einbeziehung zukünftiger (noch unsicherer) Umsätze in das Exposure.<sup>110</sup> Der Begriff Risiko wird nicht mehr als Bestands-, sondern als Stromgröße definiert, in der auch die operative Tätigkeit eines Unternehmens zu berücksichtigen ist.

Daraus resultiert ein grundlegender Unterschied zwischen beiden Modellkategorien. Bei den Value at Risk Modellen werden erst alle Cash Flows zu einem Barwert aggregiert und anschließend erfolgt eine Risikoschätzung bezüglich der maximalen Barwertänderung mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit innerhalb eines kurzen Zeitraums. In einem Cash Flow at Risk Modell werden zunächst die Risiken für die einzelnen Cash Flows kalkuliert und erst im letzten Schritt erfolgt eine Aggregation zu einem Nominalwert (vgl. Fallstudie 1).

Aus der Differenz zwischen dem Nominalwert und dem Planwert wird die maximale Cash Flow Veränderung berechnet, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit innerhalb des Prognosehorizonts nicht überschritten wird. Durch die erst im letzten Schritt erfolgende Aggregation ist der Ansatz besser geeignet, um beispielsweise im Zeitablauf eintretende Schwankungen der Absatzmengen zu simulieren. Der Cash Flow at Risk kann als ein **dynamischer Value at Risk** betrachtet werden, wengleich eine Überführung vom VaR zum CFaR auch im einfachsten Fall nicht gelingt. Am Beispiel der bereits präsentierten Fallstudie 1 werden die Unterschiede zwischen den beiden Konzepten aufgezeigt.

---

<sup>109</sup> Vgl. BARTRAM, S. M. (2000a), S. 1269; HARRIS-JONES, J. (1998), S. 41; JORION, P. (2001), S. 366 ff.; LEE, A. Y. (1999), S. 3 ff., 10 ff.; MEVAY, J./ TURNER, C. (1995), S. 84; PFENNIG, M. (2000), S. 1298; SCHIERENBECK, H. / LISTER, M. (2001), S. 342 f.;

<sup>110</sup> Vgl. PFENNIG, M. (2000), S. 1300, 1306.

In der Fallstudie 1 wird von sicheren, nominal konstanten Cash Flows ausgegangen. Damit sind noch am besten die Voraussetzungen für eine Value at Risk Berechnung gegeben. Der gewünschte Risikohorizont umfasst 12 Monate und die Wahrscheinlichkeit für die Risikoprognose beträgt 95 %. Um den Value at Risk auf die übliche Weise zu berechnen und anschließend mit dem Wurzelgesetz auf den gewünschten Prognosehorizont zu skalieren, ist zunächst eine Reihe von Annahmen und Vorbereitungen zu treffen.

Bevor ein Value at Risk berechnet werden kann, bedarf es der Diskontierung aller zu berücksichtigenden Cash Flows zu einem Barwert. Da es sich in Fallstudie 1 um Einnahmen in einer ausländischen Währung handelt, muss ein geeigneter ausländischer Zinssatz ausgewählt werden. Für jedes Laufzeitband steht eine Reihe von Zinssätzen zur Auswahl, begonnen von Zinssätzen für risikolose Staatspapiere über Swapzinssätze bis hin zu Pfandbriefsätzen. Die Zinssätze enthalten unterschiedlich hohe Risikoprämien und es stellt sich die Frage nach einem geeigneten Diskontierungszins. Die Entscheidung sollte sich am potenziellen Absicherungsinstrument orientieren. Wenn z.B. Zinsrisiken mit Swapgeschäften abgesichert werden, ist es sinnvoll, auch die Diskontierung mit Swapzinssätzen durchzuführen. Hat sich das Unternehmen für eine Kategorie von Zinssätzen entschieden, so ist in einem nächsten Schritt die historische Volatilität und bei Anwendung eines parametrischen Value at Risk Modells die Korrelation der Zinsen zu dem Wechselkurs zu bestimmen. Dann könnte aus diesen Daten der Value at Risk für einen Tag Haltedauer errechnet werden, der anschließend mit dem Wurzelgesetz auf die Dauer von 12 Monaten zu skalieren wäre.

In diesem Vorgehen steckt eine Reihe von **Annahmen**, die bei der Cash Flow at Risk Berechnung nicht benötigt werden. Zunächst ist keine Diskontierung der Cash Flows notwendig, folglich entfällt die Annahme über den hierfür adäquaten Zinssatz. Wäre das Unternehmen nur auf 12 ausländischen Märkten vertreten, hätte es für die Diskontierung und Risikoberechnung umfangreiche Vorbereitungen und Annahmen zu treffen. Durch den Verzicht auf diese Daten und Annah-

men wird die Risikoberechnung einfacher. Damit verbunden, entfällt auch der Bedarf zur Ermittlung einer Vielzahl von Korrelationen wie z.B. zwischen den 12 Zinskurven und den Währungen, sowie zwischen den Währungen selbst. Es stellt sich auch nicht mehr die Frage, welche Historie für die Ermittlung der Korrelation relevant ist. Insbesondere entfällt die empirisch nicht haltbare Annahme, dass eine Korrelation über den Zeitraum von 12 Monaten konstant bleibt.

Für die Überführung des Value at Risk in einen Cash Flow at Risk wird jeweils ein Value at Risk für die Quartalstage, an denen Cash Flows anfallen, berechnet. Das Verfahren ähnelt der Proxy Cash Flow Methode, da der Value at Risk nicht am Betrachtungszeitpunkt 28.11.2000, sondern für einen in der Zukunft liegenden Zeitpunkt berechnet wird.<sup>111</sup> Die erste Value at Risk Schätzung erfolgt für den 01.01.2001, der 24 Handelstage vom Betrachtungszeitpunkt 28.11.2000 entfernt ist.

Ausgehend von einer historischen Tagesvolatilität der logarithmierten Wechselkursänderungen in Höhe von 0,00710307 auf Basis von 250 gleichgewichteten Beobachtungen, beträgt die Volatilität für den Zeitraum von 24 Tagen 0,034798. Daraus folgt die Schätzung für den mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechtesten Wechselkurs in 24 Tagen zu 0,9075 EUR/USD. Dabei gilt es zu beachten, dass kein negatives Vorzeichen vor dem z-Wert steht, da das Risiko in einem steigenden Wechselkurs EUR/USD besteht.

Von den 750.000 USD, die am 01.01.2001 fällig werden, bleiben mit 95 % Wahrscheinlichkeit nach dem Umtausch 826.446 EUR übrig. In der gleichen Weise wird der mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitende Cash Flow für die restlichen drei Quartale bestimmt. In Abb. 28 ist die Berechnung der einzelnen Cash Flows analytisch auf Basis der Normalverteilung und alternativ mit der Monte Carlo Simulation auf Basis der Normalverteilung gezeigt. Für jeden der

---

<sup>111</sup> Vgl. FINGER, C. C. (1996), S. 4 ff.



vier Stichtage werden 10.000 Wechselkurse simuliert. Auf Grund der vielen Simulationsläufe sind die Unterschiede im Ergebnis zwischen dem analytischen Ansatz und der Simulation marginal. Nach 12 Monaten wird die Summe aller Cash Flows mit 95 % Wahrscheinlichkeit mindestens 3,1 Mio. EUR betragen.

Zeitpunkt	Tage ab dem 28.11.2000	Volatilität im Zeitraum	schlechtester Wechselkurs	analytisch	simuliert mit MC-Methode
01.01.2001	24 Tage	0,034798	0,9075	826.462	825.825
02.04.2001	89 Tage	0,067010	0,9569	783.812	784.363
02.07.2001	154 Tage	0,088147	0,9907	757.029	754.871
01.10.2001	219 Tage	0,105116	1,0188	736.192	740.497
Mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitender Summen Cash Flow in EUR				3.103.494	3.105.556

Abb. 28: Minimaler Summen Cash Flow

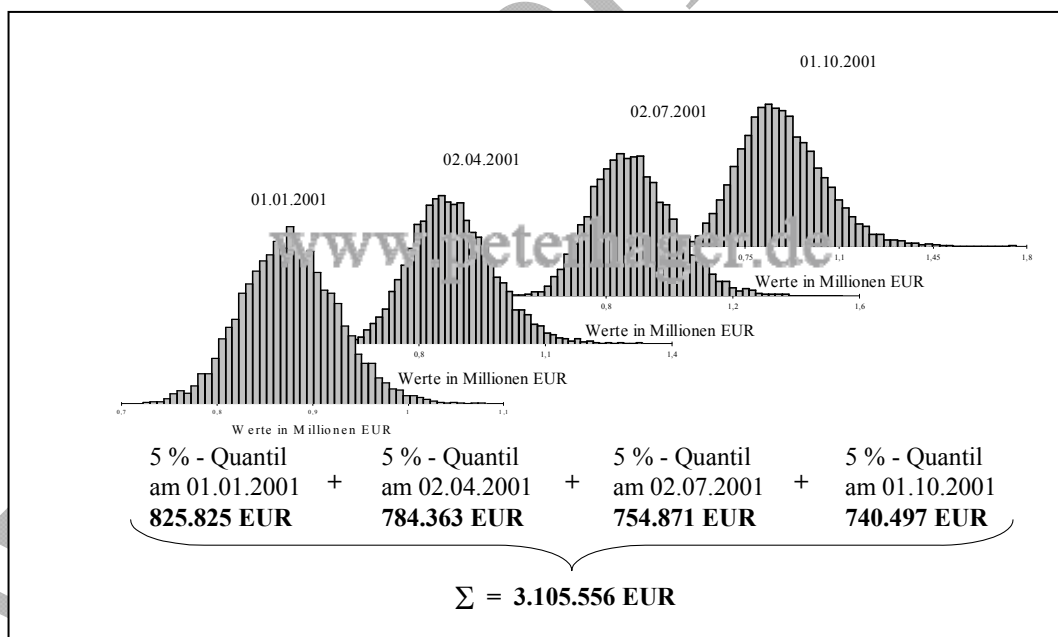


Abb. 29: Addition der einzelnen Value at Risk Schätzungen für vier Quartale

Bei der Schätzung der vier Value at Risk Werte wird für alle vier Zeitpunkte der mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechteste Wechselkurs unterstellt (vgl. Abb. 29).

Die Annahme, die dahinter steht, wird bei einem Vergleich des Vertrauensintervalls mit dem Random Walk noch deutlicher. Das Vertrauensintervall in Abb. 30 ergibt sich, indem für jeden der 250 betrachteten Handelstage der mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechteste Wechselkurs bestimmt wird.

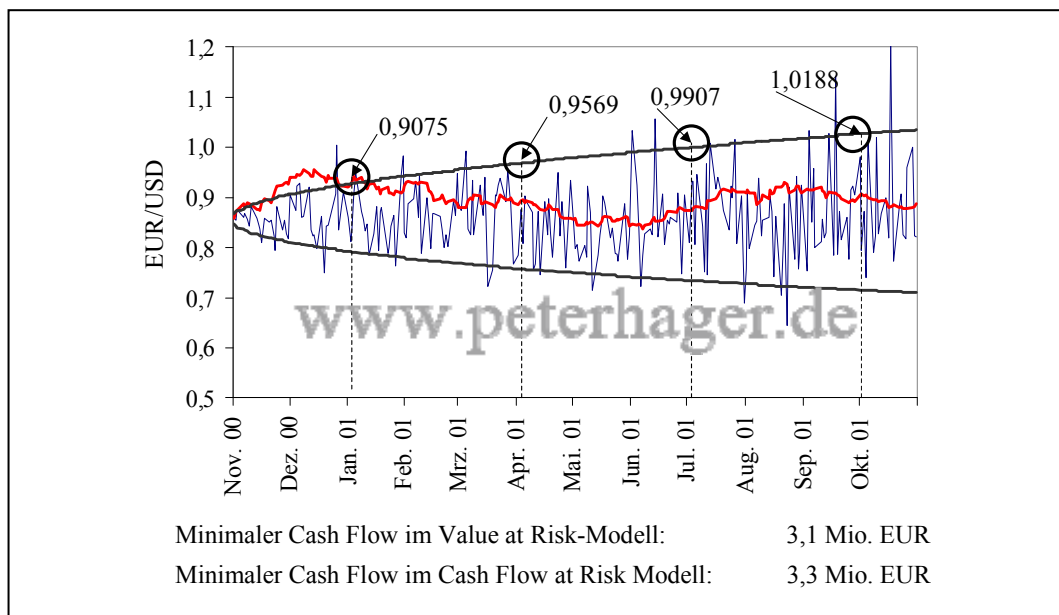


Abb. 30: Der Value at Risk ist für mittelfristige Prognosen zu konservativ

In Abb. 30 ist exemplarisch einer von 10.000 simulierten Random Walks gezeigt, wie sie in dem Cash Flow at Risk Modell verwendet werden. Durch die Vielzahl der simulierten Pfade wird sichergestellt, dass viele im Zeitablauf mögliche Wechselkursentwicklungen in der Risikoschätzung berücksichtigt werden. Es wird aber keinen simulierten Pfad geben, der genau am oberen Ast des Vertrauensintervalls entlang läuft und somit für jeden der 250 Tage den mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechtesten Wechselkurs generiert. Etwa 10 % der simulierten Pfade werden das Vertrauensintervall verlassen und damit sehr extreme Wechselkurse berücksichtigen.

t=0	Wechselkurs EUR/USD				Summen Cash Flow
	t=24	t=89	t=154	t=219	
0,8570	0,8556	0,8364	1,0195	0,9396	3.307.090
0,8570	0,8520	0,8046	0,9760	1,0388	3.302.918
0,8570	0,8818	0,9142	0,9107	0,9278	3.302.829
0,8570	0,8823	0,8655	0,9969	0,8995	3.302.827
0,8570	0,8864	0,8728	0,9294	0,9488	3.302.813
<b>0,8570</b>	<b>0,8979</b>	<b>0,8651</b>	<b>0,9470</b>	<b>0,9298</b>	<b>3.300.864</b>
<b>0,8570</b>	<b>0,8884</b>	<b>0,8911</b>	<b>0,8589</b>	<b>1,0127</b>	<b>3.299.779</b>
0,8570	0,8320	0,9947	0,9916	0,8487	3.295.474
0,8570	0,8526	0,9017	1,0035	0,8964	3.295.464
0,8570	0,8958	0,8869	0,9110	0,9505	3.295.231
0,8570	0,8640	1,0413	0,8823	0,8762	3.294.357
0,8570	0,8963	0,9592	0,8875	0,9065	3.291.025
0,8570	0,8865	0,8202	0,8772	1,1113	3.290.263
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
0,8570	0,8789	0,9400	0,9467	1,1306	3.106.798

Tab. 8: Pfade im Cash Flow at Risk Beispiel

Die Cash Flows werden mit allen 10.000 Pfaden bewertet, und das mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechteste Ergebnis daraus führt zu dem minimalen Cash Flow von 3,3 Mio. EUR für diese Wahrscheinlichkeit (vgl. Tab. 8). Weil aber nicht der 5 % schlechteste Pfad entlang der oberen Intervallgrenze verläuft, können Cash Flow at Risk und Value at Risk nicht identisch sein. Es handelt sich somit um eine andere Art der Risikoberechnung, obwohl beiden Ansätzen normalverteilte Risikofaktoren zu Grunde liegen.

Der **wesentliche Unterschied** zwischen einem Random Walk und einer langfristigen Risikoprognose mit dem Value at Risk Verfahren besteht darin, dass **der Random Walk einen vollständigen Pfad** für den betrachteten Risikofaktor abbildet. Eine Langzeitprognose mit dem Value at Risk Verfahren würde sich darauf beschränken, das 5 % - Quantil für jeden einzelnen Tag des betrachteten Zeitraums zu ermitteln und über alle Tage des betrachteten Risikozeitraums aufzuzudieren. Damit wird unterstellt, **dass an jedem einzelnen** von z.B. 255 Tagen der zu 95 % schlechteste Wert eintritt.

Für die Prognose von zukünftigen Marktentwicklungen sind aber Pfade von Marktpreisen notwendig.<sup>112</sup> Bei Verwendung von Random Walks werden viele mögliche Preispfade simuliert, die alle sowohl sinkende als auch steigende Risikofaktoren berücksichtigen. Das Ergebnis der Risikoschätzung ist das 5 % - Quantil aus der Wertentwicklung von 255 Tagen, das nicht übereinstimmt mit der Summe von 255 täglichen 5 % - Quantilen (vgl. Abb. 31).

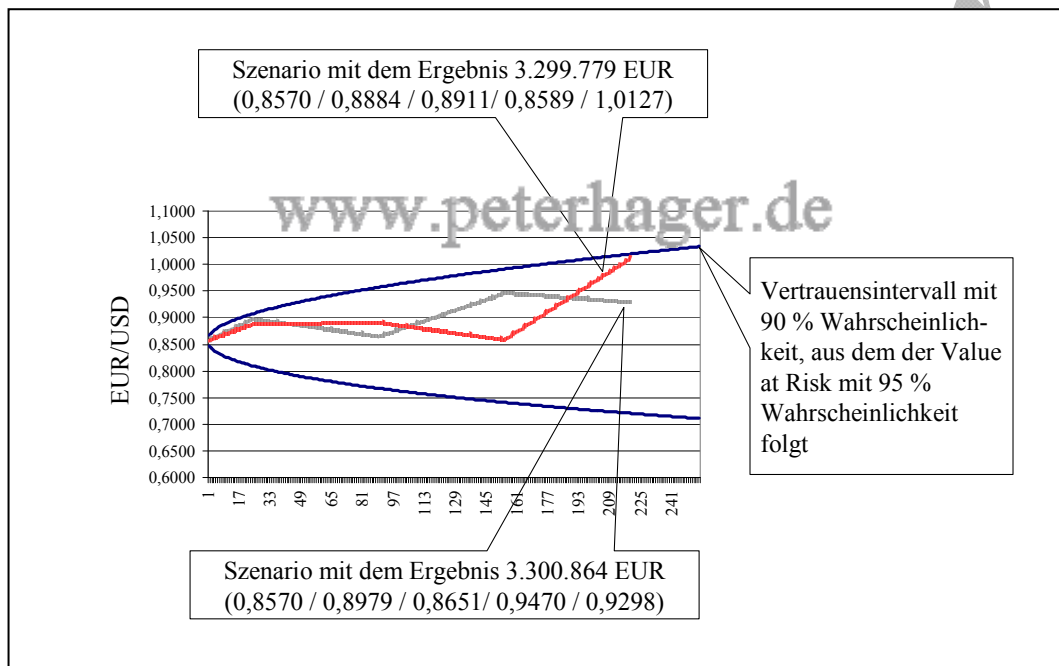


Abb. 31: Vergleich von CFaR- und VaR-Pfad

In Abb. 31 ergibt sich der mit 95 % Wahrscheinlichkeit geringste Cash Flow von 3,3 Mio. EUR z.B. dann, wenn der Wechselkurs EUR/USD, beginnend mit 0,8570 EUR/USD, nach 24 Tagen auf 0,8979 steigt, nach 89 Tagen wieder auf 0,8661 fällt, nach 154 Tagen auf 0,9470 steigt und am letzten Umtauschtag 0,9298 EUR/USD beträgt. Ein ähnliches Ergebnis von 3,2998 Mio. EUR folgt aus einem zunächst sinkenden Wechselkurs, der aber im letzten Quartal stark ansteigt.

Bei Betrachtung des Vertrauensintervalls, das sich aus dem Value at Risk Prinzip ergibt, wird auch deutlich, warum der Value at Risk für sehr kurzfristige Schät-

<sup>112</sup> BURMESTER, C./ SIEGL, T. (2001), S. 105 ff.

zungen zuverlässige Prognosen liefert. Im Bereich der ersten Tage der Risiko-  
prognose ist das Vertrauensintervall noch sehr eng, es weitet sich aber mit zuneh-  
mendem Prognosehorizont schnell aus und führt zu der oben beschriebenen pes-  
simistischen Überschätzung des Risikos.

Der in Abb. 30 gezeigte minimale Cash Flow stellt noch nicht den Cash Flow at  
Risk da. Ein weiterer Unterschied des Cash Flow at Risk zum Value at Risk be-  
steht darin, dass das Risiko als Abweichung von einem Referenzwert ungleich  
Null aufgefasst wird. Beim Value at Risk wäre das Risiko eine negative Barwert-  
veränderung in der Zukunft im Vergleich zu dem Barwert zum Zeitpunkt der Ri-  
sikoberechnung. Beim Cash Flow at Risk misst das Unternehmen die Abwei-  
chung von einem geplanten oder budgetierten Wert. Der Cash Flow at Risk hat  
somit einen **anderen Vergleichsmaßstab** als der Value at Risk.

Beim Value at Risk ist das Risiko die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit  
nicht zu überschreitende Barwertveränderung innerhalb einer kurzen Periode, die  
in bezug auf den Barwert in  $t = 0$  erfolgen kann. Der Cash Flow at Risk misst die  
mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht zu überschreitende Abweichung  
von dem geplanten oder budgetierten Cash Flow der Unternehmung.

Wenn in dem gezeigten Beispiel das Unternehmen für die nächsten 12 Monate  
einen Cash Flow von 3,5 Mio. EUR erwartet, dann beträgt der Cash Flow at Risk  
mit 95 % Wahrscheinlichkeit ca. 200.000 EUR. Dieser Betrag ergibt sich aus der  
Differenz des mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitenden Cash  
Flows und dem erwarteten Cash Flow. Bei Anwendung der Value at Risk Denk-  
weise würde der mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitende Cash  
Flow bei ca. 3,1 Mio. EUR liegen, woraus eine maximale Abweichung vom  
Planwert in Höhe von 400.000 EUR resultiert. Damit ist die Risikoschätzung bei  
Anwendung der Value at Risk Methode doppelt so hoch wie bei Anwendung der  
Cash Flow at Risk Methode. In einer ex post Analyse hätte der Cash Flow bei  
Berücksichtigung der tatsächlichen Marktentwicklung 3,35 Mio. EUR betragen,

was eine Abweichung von 150.000 EUR vom Planwert bedeutet. Damit hätten beide Modelle das Risiko nicht unterschätzt, nur wäre die Schätzung bei Verwendung der Value at Risk Methode zu konservativ gewesen. Für sehr kurzfristige Risikoprognosen ist die Value at Risk Methode aber geeignet.

Das Cash Flow at Risk Modell wurde entwickelt, um Risikoprognosen über einen längeren Zeithorizont zu erstellen. Damit soll der Bedarf der Unternehmen nach einem längeren Planungshorizont gedeckt werden. Im Gegensatz zum Value at Risk werden nicht Marktwerte von Portefeuilles betrachtet, sondern nominale Cash Flows. Statt einem berechneten Barwert werden Stromgrößen wie z.B. der Unternehmens Cash Flow oder der EBIT (earnings before interest and taxes) der Risikoberechnung zu Grunde gelegt. Daher ist es auch möglich, operative Cash Flows und die Abhängigkeiten zu Marktpreisänderungen zu berücksichtigen. Die Cash Flows können einer eigenen Volatilität unterworfen werden.

Zwar könnten die operativen Cash Flows auch diskontiert werden, um anschließend den daraus resultierenden Barwert mit einem Value at Risk Modell zu steuern, jedoch wären dafür eine Reihe von Annahmen notwendig. Insbesondere müsste unterstellt werden, dass die operativen Cash Flows exakt prognostiziert werden können und nominal konstant bleiben, völlig unabhängig von Änderungen der Marktpreise und Nachfragemengen. Nur dann ist die Annahme konstanter Cash Flows möglich, die vorhanden sein müssen, um eine Diskontierung durchführen zu können. Es ist nicht möglich, unsichere, von Marktpreisänderungen abhängige oder Nachfrageschwankungen ausgesetzte Cash Flows zu einem Barwert zu diskontieren. Für die Barwertrechnung bedarf es ausdrücklich sicherer und konstanter Cash Flows.

Bei dem Value at Risk werden stets alle bekannten Cash Flows einbezogen, da andernfalls keine korrekte Barwertermittlung möglich ist. Beispielsweise wären bei einem Wertpapier mit 10 Jahren Restlaufzeit die Cash Flows der nächsten 10 Jahre zu berücksichtigen. Für den Cash Flow at Risk hingegen werden nur die

Cash Flows innerhalb des Prognosezeitraums berücksichtigt, was für die Fokussierung auf operative Cash Flows zwar gerechtfertigt ist, aber bei einem 10-jährigen Wertpapier mit endfälliger Tilgung zur Unterschätzung des Zinsrisikos führen würde.

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

Kriterium	Value at Risk	Cash Flow at Risk
Exposurdefinition	portfolioorientiert	Cash Flow orientiert
Underlying	nur Finanzinstrumente	alles, auch operatives Geschäft
Verhalten des Underlyings	Nominalvolumen bleibt konstant (bestenfalls Ausfallrisiko), der Barwert ändert sich nur infolge von Zins- oder Währungsrisiken	Cash Flows sind variabel (z.B. Nachfrageschwankungen), der Summen Cash Flow hängt sowohl vom operativen Geschäft als auch von Zins-, Währungs- und Rohstoffpreisrisiken ab;  Wechselwirkungen zwischen Marktpreisrisiken und Cash Flow (z.B. Preiselastizität) werden berücksichtigt
einbezogene Vermögensgegenstände / Cash Flows	nur sichere Cash Flows werden erfasst	auch finanzielle Risiken aus zukünftigen Umsätzen und Bestellungen werden in die Exposure einbezogen (=> explizite Berücksichtigung der Unsicherheit zukünftiger Cash Flows);  => Einfluß der finanziellen Risikofaktoren über die gesamte Wertschöpfungskette wird berücksichtigt
betrachtete Laufzeit	komplett, alles was bekannt ist muss einbezogen werden (z.B. die nächsten 10-20 Jahre bei Bonds)	beliebige Zeitpunkte können berücksichtigt werden, z.B. Änderung des Jahresüberschusses in den nächsten 3-12 Monaten
Haltedauer	bei seriösen Berechnungen max. 1-10 Tage	beliebig, auch 3-12 Monate
einbezogene Risikofaktoren	nur Marktpreisrisiken	beliebig, auch strategische, operative Risiken
Zielgröße	Marktwert des Portfolios => Orientierung an Bestandsgrößen  => für fast alle Aktiva und Passiva sind Marktwerte erhältlich (mark to market)  => die Aktiva / Passiva sind objektiv zu bewerten (z.B. Bonds etc.), leicht liquidierbar und handelbar	Cash Flow, Jahresüberschuß (=Earnings), EBIT,  => Orientierung an Stromgrößen  => nur für einen geringen Teil der Aktiva und Passiva von Industrieunternehmen existieren Marktwerte  => die von Assets generierten Cash Flows sind vielfach subjektiv, von der spezifischen Marktposition abhängig und auch nicht oder nur schwer liquidierbar / handelbar

Tab. 9: Value at Risk versus Cash Flow at Risk



Beide Konzepte haben ihre Berechtigung. Das festverzinsliche Wertpapier wird als ein barwertiger Vermögensbestandteil betrachtet. Das Risiko besteht in einer negativen Barwertänderung (Value Exposure). Die Value at Risk Modelle wurden für die Messung genau dieser barwertigen Risiken entwickelt. Der operative Cash Flow ist hingegen eine Stromgröße, eine endfällige Tilgung wie bei einem Wertpapier gibt es hier nicht und das Risiko besteht in einer negativen Abweichung vom erwarteten Cash Flow (Cash Flow Exposure). In Tab. 9 werden die Unterschiede zwischen dem Value at Risk und Cash Flow at Risk systematisch gegenübergestellt.

Es stellt sich die Frage, warum nicht über die Interdependenzen zwischen den Marktpreisen und den operativen Cash Flows hinweggesehen wird, die Cash Flows einfach per Definition als konstant angenommen und zu einem Barwert diskontiert werden, um sie anschließend mit dem Value at Risk Konzept zu steuern. Die genannten Prämissen wären zwar **realitätsfremd**, aber Modelle stellen stets eine Vereinfachung der Realität dar und kommen nicht ohne Annahmen aus. Die Messung der finanziellen Risiken aus dem operativen Geschäft wäre oberflächlicher und gröber, aber dafür könnte eine einheitliche Risikomessmethode für alle Exposure Kategorien angewendet werden.

Stattdessen werden Value Exposures mit dem Value at Risk und Cash Flow Exposures mit dem Cash Flow at Risk Modell gemessen. Die Antwort auf diese Frage lässt sich aus dem bei Unternehmen gegenüber Banken wesentlich längeren Planungshorizont herleiten. Wenn eine Bank beispielsweise in ihrem Wertpapierportfolio ein zu hohes Risiko feststellt, kann sie entweder Absicherungsinstrumente kaufen oder Wertpapiere in sehr kurzer Zeit abstoßen, da die Finanzmärkte in der Regel liquide sind. Deshalb sind Risikoprognosen für sehr kurze Haltedauern zur Risikomessung in Finanzportfolios ausreichend. Wenn ein Unternehmen nur die Risiken seiner Fremdwährungsposition oder des eigenen Pensionsfonds messen will, ist ebenfalls ein Value at Risk Modell ausreichend. In diesen Fällen gibt es keinen Unterschied zwischen einer Bank und einem Unternehmen. Beide sind

auf liquiden Märkten tätig und können Risikopositionen schnell schließen. Für andere Einsatzzwecke in Unternehmen als zur Messung der Risiken von Portfolios mit Finanzprodukten ist das Value at Risk Modell kaum geeignet.<sup>113</sup>

Die finanziellen Risiken aus dem operativen Geschäft eines Unternehmens übersteigen in der Regel die finanziellen Risiken aus den Beständen an Wertpapieren und anderen Finanzprodukten. Das operative Geschäft kann aber nicht beliebig ge- und verkauft werden, wie es bei Wertpapieren der Fall ist. Insbesondere benötigt das Unternehmen eine gewisse Vorlaufzeit, um seine Unternehmenspolitik auf die am Horizont erkennbaren, jedoch nicht handelbaren Risiken abzustimmen.<sup>114</sup> Anhand von Fallstudien wird dieses Problem der Praxis im dritten Teil der Arbeit vorgeführt.

#### b) Ermittlung der Earnings at Risk

Grundsätzlich ist das unter dem Namen Cash Flow at Risk vorgestellte Konzept für alle Arten von Exposuredefinitionen anwendbar, sofern Stromgrößen statt Bestandsgrößen der Risikomessung zu Grunde liegen. In der Literatur werden alternative Exposuredefinitionen wie z.B. Earnings per Share at Risk, Shareholder Value at Risk oder Balance Sheet Translation Risk angedacht.<sup>115</sup> Alle weiterführenden Konzepte basieren jedoch entweder auf dem Cash Flow oder auf den handelsrechtlichen Erträgen und Aufwendungen (Earnings).

Während der Cash Flow at Risk aus den erwarteten Einnahmen und Ausgaben berechnet wird, gehen in die Earnings at Risk die erwarteten Erträge und Aufwendungen des Unternehmens ein. Im Earnings at Risk Ansatz werden die Auswirkungen von finanziellen Risiken auf den handelsrechtlichen Jahresgewinn simu-

---

<sup>113</sup> Vgl. STOCKS, M. E. (1997), S. 77.

<sup>114</sup> Vgl. SHIMKO, D. C. (1997), S. 94. STOCKS, M. E. (1997), S. 78.

<sup>115</sup> Vgl. LEE, A. Y. (1999), S. 36.

liert, aus dem externe Analysten und Investoren Kennzahlen zur Bewertung des Unternehmens wie z.B. die Price Earnings Ratio und den Return-on-Equity herleiten. Die Begrenzung der Volatilität von Erträgen kann zu einer Steigerung von Aktienkurs und Shareholder Value des Unternehmens führen. Die amerikanischen börsennotierten Aktiengesellschaften sind von der nationalen Aufsichtsbehörde SEC zur quartalsweisen Earnings-Berichterstattung verpflichtet, so dass ein Earnings at Risk Modell dazu dienen kann, um frühzeitig einer negativen Entwicklung von Unternehmenskennzahlen gegenzusteuern.

Zur Ermittlung der Earnings at Risk bedarf es eines Referenzwertes, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit innerhalb des Prognosehorizonts um nicht mehr als den Earnings at Risk Betrag marktrisikobedingt verfehlt wird. Denkbar ist auch die Ermittlung des Minimums bzw. Maximums der Earnings für eine bestimmte Wahrscheinlichkeit innerhalb des Prognosezeitraums, um zu prüfen, ob die Planwerte des Unternehmens realistisch sind. Für die Praxis ist es aber bedeutender, zu messen, wie groß das Risiko ist, die Planwerte zu verfehlen.<sup>116</sup>

Die **Unterschiede** zwischen Earnings at Risk und Cash Flow at Risk lassen sich aus den Unterschieden zwischen handelsrechtlicher und pagatorischer Erfassung der Zahlungsströme ableiten. Beispielsweise führt die Durchführung einer Investition pagatorisch zu einer sofortigen, aber einmaligen Auszahlung in Höhe des Anschaffungspreises, während in der handelsrechtlichen Gewinn- und Verlustrechnung der Kaufpreis in Form von Abschreibungen über die Nutzungsdauer verteilt wird. Es wird deutlich, dass es zwischen Earnings at risk und Cash Flow at Risk Unterschiede bezüglich Betrag und Zeitpunkt einer Zahlung geben kann.

Durch handelsrechtliche Vorschriften können sich in beiden Konzepten unterschiedliche Risikowirkungen für ein und dieselbe Position ergeben. Beispielsweise kann der Einsatz derivativer Instrumente die Earnings at Risk erhöhen, wäh-

---

<sup>116</sup> Vgl. LEE, A. Y. (1999), S. 32.

rend gleichzeitig der Cash Flow at Risk gesenkt wird. Der Fall wird regelmäßig dann eintreten, wenn auf Grund nationaler Rechnungslegungsvorschriften die Verwendung eines derivativen Instruments nicht als Hedginggeschäft anerkannt wird und somit als eine zusätzliche Risikoposition zu werten ist. In diesem Fall steigt der Earnings at Risk, gleichzeitig sinkt der Cash Flow at Risk durch die risikomindernde Wirkung des Derivats.

Das Cash Flow at Risk Konzept ist für die Zwecke der Risikosteuerung dem Earnings at Risk Konzept überlegen, da letzteres Konzept auf Grund von handelsrechtlichen Restriktionen zu falschen Steuerungsinformationen führen kann.<sup>117</sup> Zudem eröffnet sich ein großer Spielraum bei der Frage, welche Erträge der Messung zu Grunde gelegt werden sollen. Von den Bruttoerträgen beginnend bis hin zu dem Gewinn nach Steuern sind alle Facetten denkbar und kalkulierbar.<sup>118</sup> Das Konzept zur Kalkulation der Earnings at Risk ist vollkommen identisch mit dem Cash Flow at Risk, nur der Input ist ein anderer.

---

<sup>117</sup> Das Problem von teilweise unterschiedlichen Steuerungsimpulsen von Gewinn- und Verlustrechnung und tatsächlichen Cash Flows (Barwertsteuerung) ist in der Bankenwelt seit längerem bekannt. Vgl. ROLFES, B. (1999), S. 18 ff.; SCHIERENBECK, H./ WIEDEMANN, A. (1996), S. 385 ff.; Zur Verknüpfung des ökonomischen und handelsrechtlichen Ergebnisses von Unternehmen vgl. WIEDEMANN, A. (1998), S. 274 ff., 299 ff.;

<sup>118</sup> Vgl. MATTEN, C. (1996), S. 104.

## Dritter Teil: Steuerung finanzieller Risiken in Unternehmen

### A Berücksichtigung operativer Cash Flows (Fallstudie 2)

Die Verwendung der Cash Flow at Risk und Value at Risk Modelle in Unternehmen setzt die Kenntnis der Cash Flows voraus. Im Bereich der Finanzprodukte sind die Cash Flows häufig vertraglich festgeschrieben, so dass die Anwendung der Value at Risk Modelle für die Risikomessung von Finanzportefeuilles wenig Probleme bereitet. Schwierig zu erfassen sind hingegen die Cash Flows aus dem operativen Geschäft eines Unternehmens. In diesem Kapitel wird anhand von Fallstudien der Cash Flow at Risk (**CFaR**) für zunächst sichere operative Cash Flows und dann für volatile operative Cash Flows gezeigt. Abschließend werden Konzepte präsentiert, wie sich eine Aufteilung von Planungsverantwortung und Performance zwischen der Abteilung Risikocontrolling und den operativen Bereichen durchführen lässt.

- ▶ Ein deutscher Hersteller exportiert hochwertige Haushaltsgeräte und edle Bestecke in die USA.
- ▶ In den nächsten 255 Handelstagen werden monatlich konstante Absatzmengen erwartet, die jeweils zu Beginn des nächsten Monats von USD in EUR konvertiert werden.
- ▶ Gleichzeitig wird zu Beginn eines Monats der Bedarf an Rohstoffen für die laufende Produktion bis zum nächsten Monat eingekauft.
- ▶ Das Risiko für den deutschen Hersteller besteht in einem steigenden Wechselkurs EUR/USD und steigenden Rohstoffpreisen für Gold, Silber, Aluminium und Kupfer.
- ▶ Der Hersteller plant in seiner Unternehmensplanung einen Cash Flow aus Exporterlösen in Höhe von ca. 14 Mio. EUR ein (nach Abzug der Ausgaben für den Import von Rohstoffen).

Abb. 32: Fallstudie 2, Export von Haushaltswaren

In Fallstudie 2 wird das finanzielle Risiko eines deutschen Herstellers von Haushaltswaren berechnet (vgl. Abb. 32). Der Hersteller produziert in Deutschland Bestecke aus Gold und Silber und exportiert diese in die USA. Für ein im Geschenkkarton verpacktes Bestecksortiment werden 10 Troy Unzen (oz) Gold und 10 Troy Unzen (oz) Silber verarbeitet. Der Handel beider Rohstoffe erfolgt auf den Weltmärkten in USD. Der Verkaufspreis an die amerikanischen Großhändler beträgt 6.000 USD je Besteckkasten. Auf Grund des starken Wettbewerbs mit anderen Herstellern ist eine Preiserhöhung zur Kompensierung von Rohstoffpreissteigerungen oder ungünstigen Wechselkursen kurz- und mittelfristig nicht möglich.

Materialkosten Bestecke	=	$\frac{10 \text{ oz Gold} \cdot \text{Goldpreis in USD} + 10 \text{ oz Silber} \cdot \text{Silberpreis in USD}}{\text{Wechselkurs EUR/USD zu Beginn des Monats } n}$
Materialkosten Kupferkessel	=	$\frac{25 \text{ kg Kupfer} \cdot \text{Kupferpreis in USD} + 10 \text{ kg Alu.} \cdot \text{Alu.-preis in USD}}{\text{Wechselkurs EUR/USD zu Beginn des Monats } n}$
Umsatz pro Monat in USD	=	$250 \text{ Bestecke} \cdot 6.000 \text{ USD} + 1.000 \text{ Kupferkessel} \cdot 250 \text{ USD}$
Umsatz pro Monat in EUR	=	$\frac{\text{Umsatz in USD für den Monat } n}{\text{Wechselkurs EUR/USD zu Beginn des Monats } n+1}$

Abb. 33: Fallstudie 2, Exposure Mapping

Nachdem sich bei den amerikanischen Kunden der Trend durchgesetzt hat, im eigenen Keller Bier selbst zu brauen, werden nun auch Kupferkessel in die USA exportiert. Die Kupferkessel werden in einem mit Aluminium ummantelten Gehäuse ausgeliefert. Das Unternehmen erhofft sich durch die Vermarktung eines zweiten Produktes eine zusätzliche Risikodiversifikation. Zur Herstellung eines Kupferkessels werden 25 kg Kupfer und 10 kg Aluminium benötigt. Auch diese beiden Rohstoffe werden auf den Weltmärkten in USD gehandelt. Der Verkaufspreis an die amerikanischen Großhändler beträgt 250 USD je Kessel.

Zunächst wird dem operativen Bereich eine Planung der Cash Flows für die nächsten 12 Monate abverlangt. Die Vertriebsabteilung plant am 28.11.2000 auf Basis einer detaillierten Marktuntersuchung einen monatlichen Absatz von 250 Besteckkästen und 1.000 Kupferkesseln für die nächsten 12 Monate. Nach ersten Prognosen erwartet das Unternehmen daraus einen Cash Flow aus Exporterlösen nach Abzug der Materialkosten in Höhe von 14 Mio. EUR, der innerhalb der nächsten 12 Monaten zufließen soll. Die Abteilung Finanzmanagement wird beauftragt diese Schätzungen auf ihre Plausibilität zu prüfen und insbesondere den Cash Flow at Risk auf Grund von Marktpreisänderungen der Rohstoffe und Wechselkurse zu berechnen. Dazu ist in einem ersten Schritt die Erstellung einer Exposure Map notwendig, in der die Abhängigkeiten der Produktion und des Vertriebs von den Marktpreisen und Wechselkursen systematisch erfasst werden (vgl. Abb. 33).

28.11.2000	Prognosebeginn	Gold	Silber	Aluminium	Kupfer	Kosten Bestecke pro Stück in EUR	Kosten Kupferkessel pro Stück in EUR	Absatz- menge Bestecke	Absatz- menge Kupferk.	Material- Kosten gesamt in EUR	Umsatz in USD
02.01.2001	Abrechnung Dez. 2000	2.767,07	46,96	11,40	45,85	3.248,64	66,09	250	1.000	878.251	1.750.000
01.02.2001	Abrechnung Jan. 2001	2.654,94	46,77	11,41	44,91	3.118,93	65,03	250	1.000	844.758	1.750.000
01.03.2001	Abrechnung Feb. 2001	2.603,22	40,38	11,65	40,33	3.046,06	59,89	250	1.000	821.410	1.750.000
02.04.2001	Abrechnung Mär. 2001	3.032,05	42,16	11,18	46,72	3.441,39	64,81	250	1.000	925.159	1.750.000
01.05.2001	Abrechnung Apr. 2001	2.750,61	46,80	11,00	42,88	3.207,00	55,11	250	1.000	887.225	1.750.000
01.06.2001	Abrechnung Mai 2001	2.857,12	47,05	12,69	41,20	3.342,14	62,01	250	1.000	897.549	1.750.000
02.07.2001	Abrechnung Jun. 2001	2.959,71	45,66	12,72	49,18	3.573,29	73,60	250	1.000	966.922	1.750.000
01.08.2001	Abrechnung Jul. 2001	2.907,78	39,82	10,20	46,88	3.520,30	68,16	250	1.000	948.235	1.750.000
03.09.2001	Abrechnung Aug. 2001	3.322,78	47,39	11,04	40,60	3.769,07	57,75	250	1.000	1.000.019	1.750.000
01.10.2001	Abrechnung Sep. 2001	3.242,27	49,56	15,60	52,97	3.461,17	72,10	250	1.000	937.389	1.750.000
01.11.2001	Abrechnung Okt. 2001	2.699,95	38,67	10,94	57,70	3.250,56	81,48	250	1.000	894.120	1.750.000
20.11.2001	Abrechnung Nov. 2001	2.769,43	34,76	12,79	36,76	3.443,54	60,84	250	1.000	921.725	1.750.000

Tab. 10: Fallstudie 2, Cash Flow Planung

Die erste Gleichung dient zur Kalkulation der Materialkosten für einen Besteckkasten. Jeweils zu Beginn eines Monats erfolgt der Einkauf des Rohstoffbedarfs für den laufenden Monat nach dem „just in time“ Prinzip. Es wird vereinfachend unterstellt, dass nur die im Auftrag der Großhändler bestellte Menge produziert wird und keine Lagerhaltung erfolgt. So können die besonders günstigen Ver-

kaufpreise erzielt werden. Nach dem gleichen Muster werden die Materialkosten für Kupferkessel kalkuliert.

Am Beispiel des Monats Januar 2001 lässt sich die Wechselkurs-Exposure des Unternehmens darstellen: am 01. Dezember 2000 wurden die Rohstoffe für die Dezember-Produktion eingekauft. Die fertigen Produkte wurden darauf hin im Dezember ausgeliefert und am Monatsende bezahlen die Großhändler ihre Einkäufe an den Hersteller. Der Zahlungseingang beim Hersteller findet am 02.01.2001 statt. Zum Zeitpunkt des Zahlungseingangs wird der erhaltene USD-Betrag in EUR konvertiert. Durch die notwendigen Transportzeiten, das den Großhändlern eingeräumte Zahlungsziel und die Dauer der Banküberweisung gibt es stets einen time lag zwischen dem Einkauf der Rohstoffe und dem Verkauf der Fertigprodukte, so dass beide Zahlungen mit unterschiedlichen Wechselkursen zu konvertieren sind.

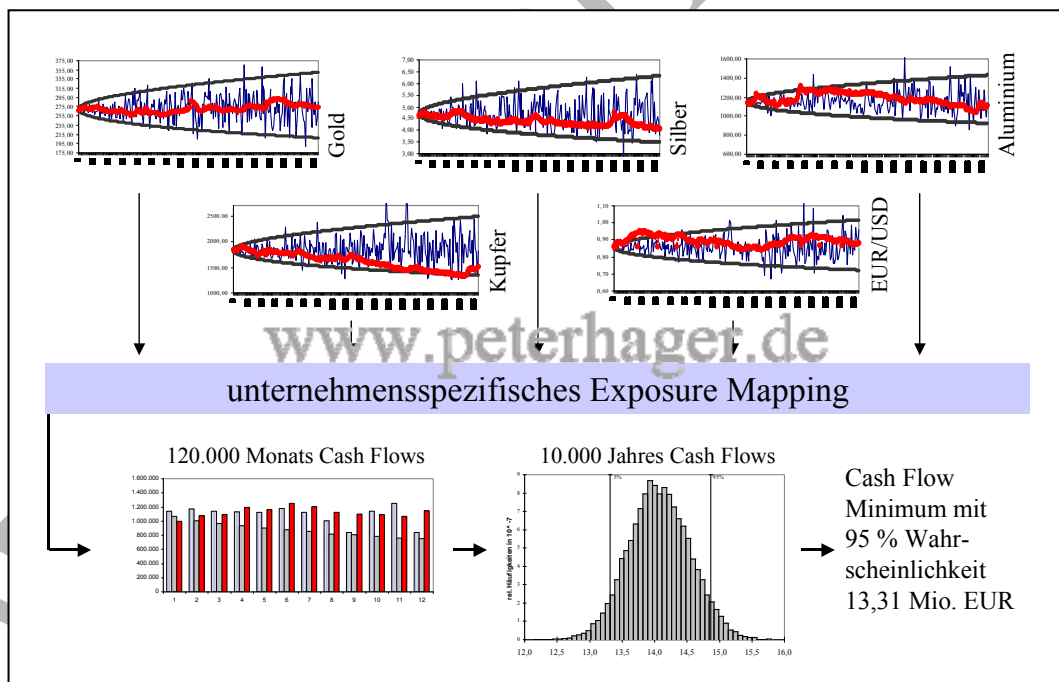


Abb. 34: Schema der Cash Flow at Risk Berechnung

Alle identifizierten Abhängigkeiten zwischen Rohstoffpreisen, Wechselkursen und Mengen werden in einem Tabellenkalkulationsprogramm verknüpft, um so



die Cash Flows der nächsten 12 Monate simulieren zu können. In Tab. 10 wird hierfür ein Beispiel mit zufälligen Zahlen aus einer laufenden Simulation gezeigt. Weil das Risiko des Unternehmens in einer negativen Entwicklung der Materialkosten besteht, wird der Cash Flow nach Abzug von Materialkosten berechnet. Beispielsweise werden von dem im Laufe des Monats Januar erzielten Umsatz die Kosten der hierfür benötigten Rohstoffe abgezogen.

Für die vier Rohstoffpreise und den Wechselkurs EUR/USD simuliert die Monte Carlo Methode im Rechenkern die in der Zukunft möglichen Preispfade. Als Prognosemodell zur Bestimmung der Preispfade dient ein Random Walk ohne Trendkomponente (vgl. schematische Darstellung in Abb. 34). Daraus ergeben sich mögliche zukünftige monatliche Cash Flows für den Prognosezeitraum, die zu einer Summe zusammengefasst werden.

Die 12 Monats Cash Flows werden zu einem Jahres Cash Flow aggregiert. Das 5 % - Quantil der Verteilung des Jahres Cash Flows ergibt im CFaR-Ansatz den Betrag, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % nicht durch Änderungen der Marktpreise unterschritten wird. Das Modell schätzt, dass mit 95 % Wahrscheinlichkeit der Cash Flow nach Abzug von Materialkosten mindestens 13,31 Mio. EUR betragen wird (5 % - Quantil der Verteilung der Jahres Cash Flows, vgl. Abb. 34).

In Abb. 35 erfolgt ein Vergleich des mit dem klassischen Value at Risk Verfahren prognostizierten Cash Flows mit dem ex post beobachteten Cash Flow und einem zufällig ausgewählten Cash Flow aus einer Monte Carlo Simulation für die 12 Monate des Prognosezeitraums. Während der Value at Risk im Zeitablauf nur sinkende Cash Flows prognostiziert, simuliert der Cash Flow at Risk sowohl sinkende als auch steigende Cash Flows. Letzteres entspricht der ex post beobachteten Cash Flow Entwicklung.

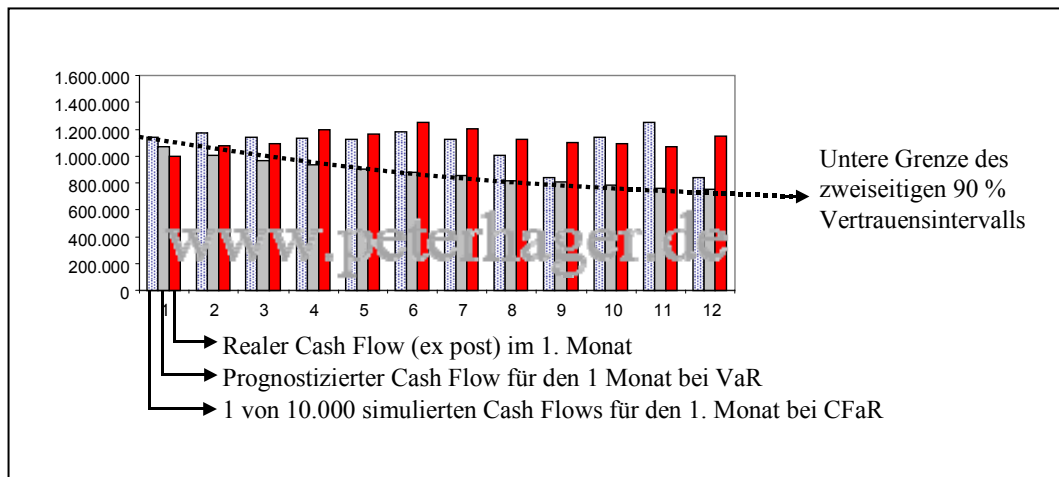


Abb. 35: Fallstudie 2, Vergleich der Cash Flow Prognosen

Im Rückblick hätte das Unternehmen auf Grund der tatsächlichen Entwicklung der Rohstoffpreise und des Wechselkurses einen Jahres Cash Flow nach Abzug von Materialkosten in Höhe von 13,52 Mio. EUR gehabt (Summe der 12 ex post beobachteten Cash Flows in Abb. 35). Zum Vergleich führt eine Risikoschätzung nach dem Rechenprinzip des Value at Risk mit 95 % Wahrscheinlichkeit zu einem Mindest Cash Flow von nur 10,47 Mio. EUR.

Bei dem VaR-Ansatz wird wieder unterstellt, dass alle Marktpreise und der Wechselkurs an jedem Tag des Prognosezeitraums den mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechtesten Wert annehmen (Verlauf entlang der unteren Grenze des Vertrauensintervalls). Mit dieser konservativen Prognose für jeden einzelnen der folgenden 255 Tage überschätzt der Value at Risk das tatsächliche Risiko und gelangt zu diesem sehr schlechten Wert für den Cash Flow. Theoretisch wäre es möglich, aus der Historie für jeden Planungshorizont (1 Tag, 2 Tage, ... 255 Tage) alternative Veränderungen eines Risikofaktors zu ermitteln, um diese analog zur historischen Simulation für die Messung des Value at Risk zu verwenden. Dann könnte der Value at Risk zu einem ähnlichen Ergebnis wie der Cash Flow at Risk kommen. Allerdings wäre der Rechenaufwand im Vergleich zu dem Ansatz im Cash Flow at Risk groß, da statt einer mit der Wurzel aus der Zeit wachsenden

Volatilität für jeden Tag des Simulationszeitraums eine Vielzahl von historischen Spreads zu ermitteln wäre.

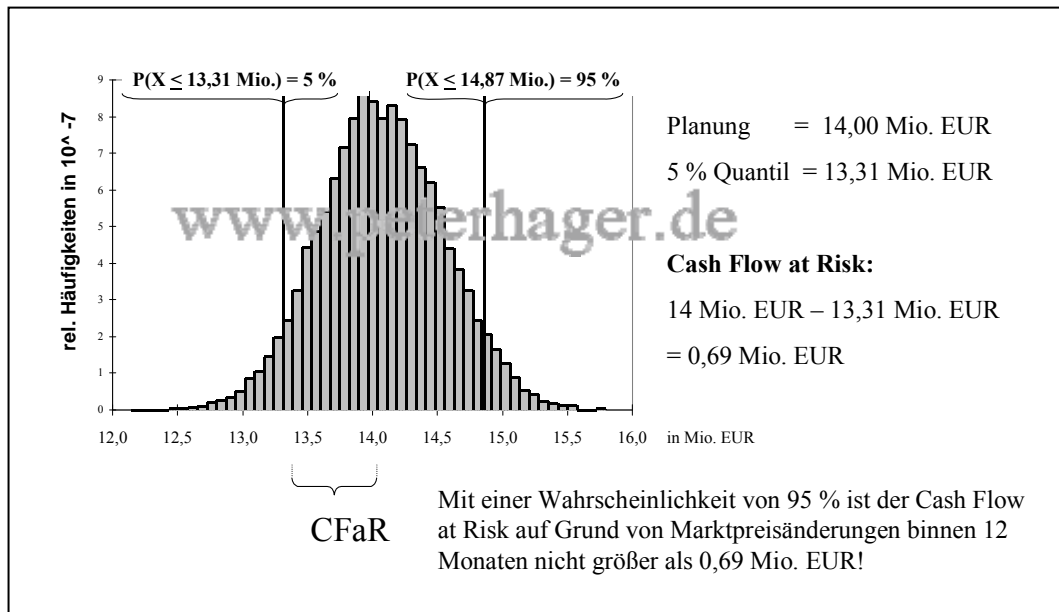


Abb. 36: Fallstudie 2, Cash Flow at Risk Verteilung

Zur Visualisierung zeigt Abb. 36 die Häufigkeitsverteilung für den simulierten Jahres Cash Flow. Der Cash Flow at Risk ergibt sich als Differenz aus dem geplanten Cash Flow in Höhe von 14 Mio. EUR und dem mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitenden Cash Flow von gerundet 13,3 Mio. EUR. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % wird in den nächsten 12 Monaten die Planabweichung infolge von Marktpreisänderungen und Wechselkursschwankungen, also der Cash Flow at Risk, nicht größer als 0,7 Mio. EUR ausfallen.

Mit dieser Risikoprognose kann das Unternehmen prüfen, ob der mit 95 % Wahrscheinlichkeit zu erwartende Mindest Cash Flow nach Abzug der Materialkosten ausreicht, um die darüber hinaus entstehenden Kosten zu decken. In Abb. 37 werden beispielhaft vier weitere Positionen mit Kosten von dem Cash Flow abgezogen, woraus ein Verlust von 1 Mio. EUR entsteht. Wenn der Cash Flow mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht unter 13,3 Mio. EUR fällt, dann wird der Verlust mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht höher als 1 Mio. EUR sein. Kann das Unterneh-

men diesen Verlust nicht verkraften, dann werden Absicherungsmaßnahmen gegen eine negative Entwicklung der Marktpreise und des Wechselkurses notwendig.

Position	Risikoadjustierte 12-Monats Planung	
0	Einnahmen nach Abzug der Materialkosten (mit 95 % Wahrscheinlichkeit)	13,3 Mio. EUR
1	./. Lohnkosten (fix)	-7,5 Mio. EUR
2	./. fixe Betriebskosten	-3,5 Mio. EUR
3	./. notwendige Reinvestitionen	-2,3 Mio. EUR
4	./. Fremdkapitalzinsen (fix)	-1,0 Mio. EUR
	<u>Gewinnerwartung</u>	<u>-1,0 Mio. EUR</u>

Abb. 37: Implementierung des CFaR in die betriebliche Planung

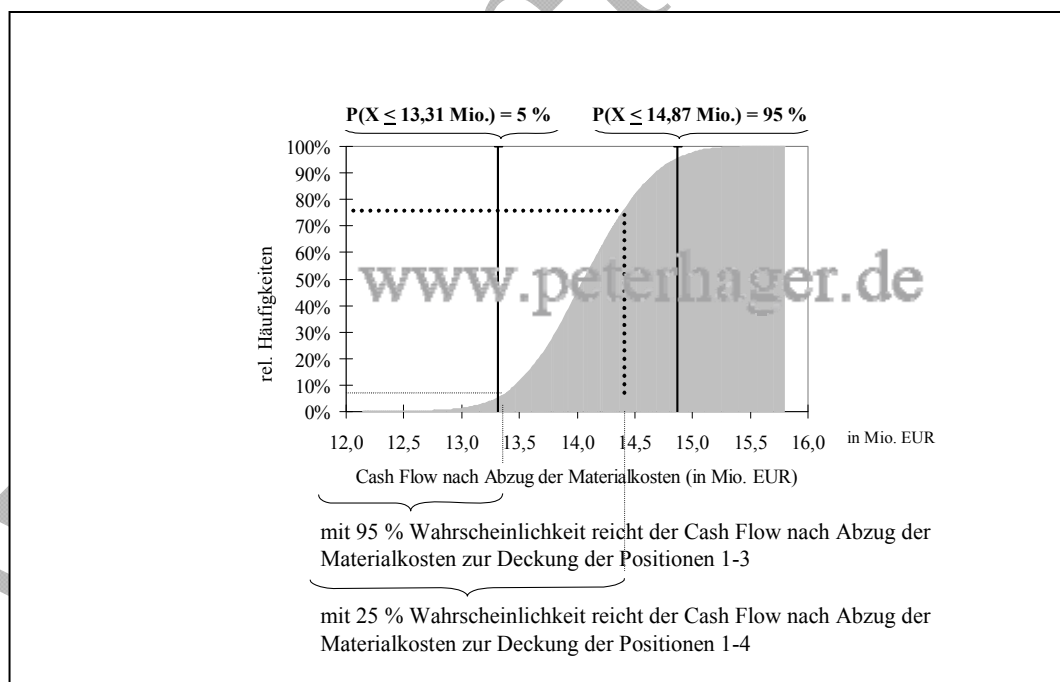


Abb. 38: Empirische Verteilungsfunktion der erwarteten Ausgaben und Einnahmen in der Fallstudie 2

Eine detaillierte Einschätzung des Risikos für das Unternehmen ergibt sich aus der Betrachtung der empirischen Verteilungsfunktion für den Cash Flow nach Abzug der Materialkosten (vgl. Abb. 38). Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % wird der Cash Flow mindestens zur Deckung der Kostenpositionen 1-3 ausreichen. Die Wahrscheinlichkeit für eine ausreichende Deckung aller Kosten (Positionen 1-4) aus dem Cash Flow beträgt 25 %. Mit 55 % Wahrscheinlichkeit wird der Cash Flow mindestens den geplanten Wert in Höhe von 14 Mio. EUR erreichen. Damit kann die Abteilung Finanzmanagement ihren Beitrag zur Prüfung der Plausibilität der Vertriebsplanung leisten.

Die isolierte Betrachtung der Rohstoff-Ausgaben hätte zu der Erkenntnis geführt, dass die Exposure von einem sinkenden Wechselkurs EUR/USD abhängt. Je geringer der Kurs, desto teurer werden die Rohstoffe im Einkauf. Auf Grund der integrierten Betrachtung von Rohstoff-Ausgaben und Exporterlösen ergibt sich eine entgegengesetzte Exposure. Das Risiko besteht in einem steigenden Wechselkurs EUR/USD, sofern die Exporterlöse die Ausgaben für Rohstoffimporte übersteigen. Je höher der Kurs, desto geringer ist der Umsatzerlös in EUR nach Umtausch der USD-Erlöse.

Die hohe Flexibilität der Cash Flow at Risk Modelle ermöglicht es, weitere Eigenschaften und Risiken des operativen Geschäfts zu simulieren. So können beispielsweise permanente Schwankungen der Absatzmenge, saisonale Schwankungen, geplante Wachstumsraten für die Absatzmenge oder ein Einbruch der Absatzmenge durch auftretende Konkurrenz berücksichtigt werden. In der nachfolgenden Fallstudie werden einige neue Risikoaspekte zu dem bisherigen Risikomodell hinzugefügt.

## B Berücksichtigung von Konkurrenten (Fallstudie 3)

Die Fallstudie 3 baut vollständig auf der Fallstudie 2 auf und berücksichtigt zusätzlich **Schwankungen der Absatzmenge** sowie Marktanteilsverluste durch **Abwanderung von Kunden zur Konkurrenz**. Zunächst darf die Absatzmenge für jedes der beiden Produkte durchschnittlich 10 % um den Erwartungswert schwanken. Dann wird die monatliche Absatzmenge von Besteckkästen zwischen 225 und 275 Stück schwanken.<sup>119</sup> In dem Risikomodell wird die Absatzmenge für Besteckkästen als eine Normalverteilung mit dem Erwartungswert 250 und der Standardabweichung 25 simuliert. Ebenso schwankt die monatliche Absatzmenge für Kupferkessel zwischen 900 und 1.100 Stück.

Hinzu kommt nun die Berücksichtigung des größten Konkurrenten, dem japanischen Hersteller von Bestecken und Kupferkesseln Yama Hatschi. Dieser Konkurrent bietet seine Produkte im Gegensatz zu dem deutschen Hersteller nicht zu einem fixen USD-Preis an, sondern in YEN, um das Wechselkursrisiko auszuschalten. Die Bestecke von Yama Hatschi kosten 720.000 YEN je Einheit. Die Kupferkessel werden zu 30.000 YEN pro Stück verkauft. Der Absatzmarkt in den USA ist hart umkämpft und die Kundenbindung an einen Hersteller ist gering. Zum Zeitpunkt der Risikoprognose vom 28.11.2000 liegt der Wechselkurs USD/YEN bei 110,14. Für die amerikanischen Großhändler rentiert es sich daher nicht, bei Yama Hatschi einzukaufen. Ein Besteckkasten würde sie dort 6.537 USD statt nur 6.000 USD bei dem deutschen Hersteller kosten. Der Preis für einen Kupferkessel würde entsprechend 272 USD statt nur 250 USD betragen.

Sobald aber der US-Dollar gegenüber dem YEN aufgewertet wird und ein Niveau von mehr als 120 USD/YEN erreicht, werden die Produkte von Yama Hatschi für amerikanische Großhändler günstiger sein als die des deutschen Herstellers. Bei einem Wechselkurs von z.B. 121 USD/YEN würde der Besteckkasten von Yama

---

<sup>119</sup> In jeweils ca. 15 % der Fälle kann die Absatzmenge unter 225 oder über 275 Stück liegen.

Hatschi nur noch 5.950 USD kosten und der Preis für einen Kupferkessel würde nur noch 248 USD betragen. In dem Risikomodell wird daher unterstellt, dass die Absatzmenge des deutschen Herstellers für beide Produkte sofort um ca. ein Drittel einbricht, sobald der Wechselkurs mehr als 120 USD/YEN beträgt. Die schematische Darstellung der Risikoberechnung ist in Abb. 39 zu sehen. Für eine ausführliche Darstellung des Verlaufs der einzelnen Risikofaktoren wird auf den Anhang verwiesen.

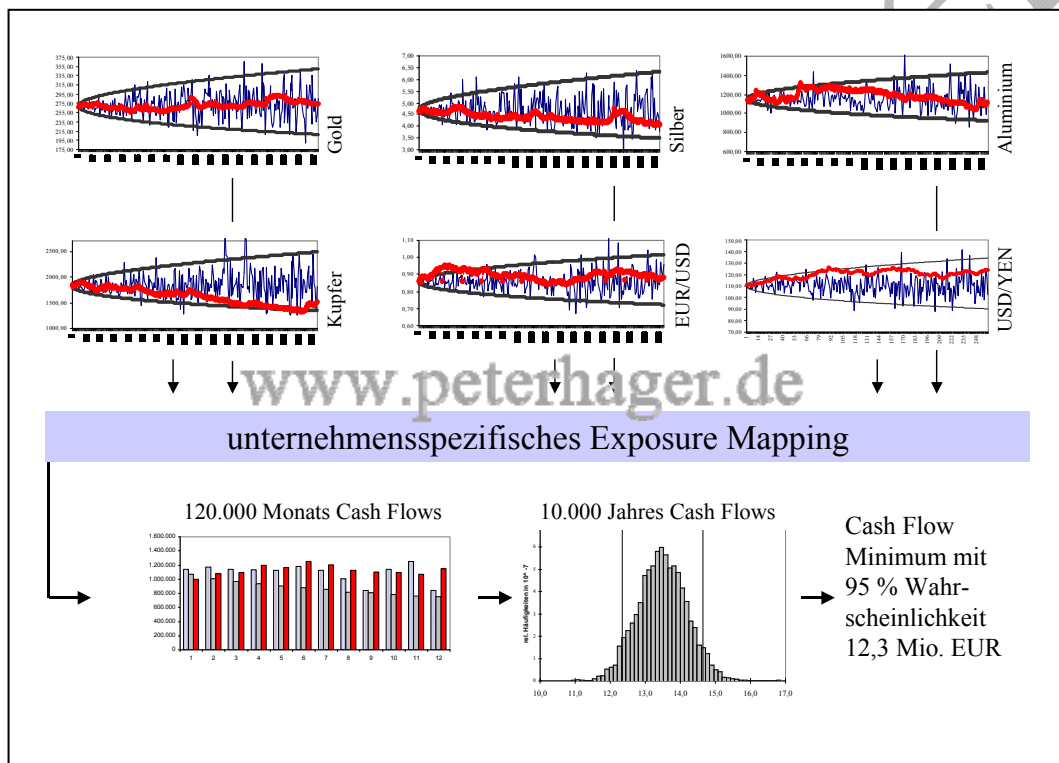


Abb. 39: Fallstudie 3, Schema der Cash Flow at Risk Berechnung

Die Berechnung des mit 95 % Wahrscheinlichkeit nicht zu unterschreitenden Mindest Cash Flows führt in Abb. 39 zu einem Wert von 12,3 Mio. EUR, der damit geringer ausfällt als bei Fallstudie 2 (13,3 Mio. EUR). Der mit 95 % Wahrscheinlichkeit minimale Cash Flow in der Value at Risk Denkweise fällt dagegen mit nur 8,8 Mio. EUR deutlich niedriger aus. Das ist darauf zurückzuführen, dass die mit 95 % Wahrscheinlichkeit schlechteste Marktpreisentwicklung für jeden der 255 Tage angenommen wird, was bedeuten würde, dass der Wechselkurs

USD/YEN permanent über 120 notiert und folglich stets die geringste Absatzmenge realisiert wird. Je mehr Risikofaktoren berücksichtigt werden, umso schlechter ist die Value at Risk Prognose geeignet.

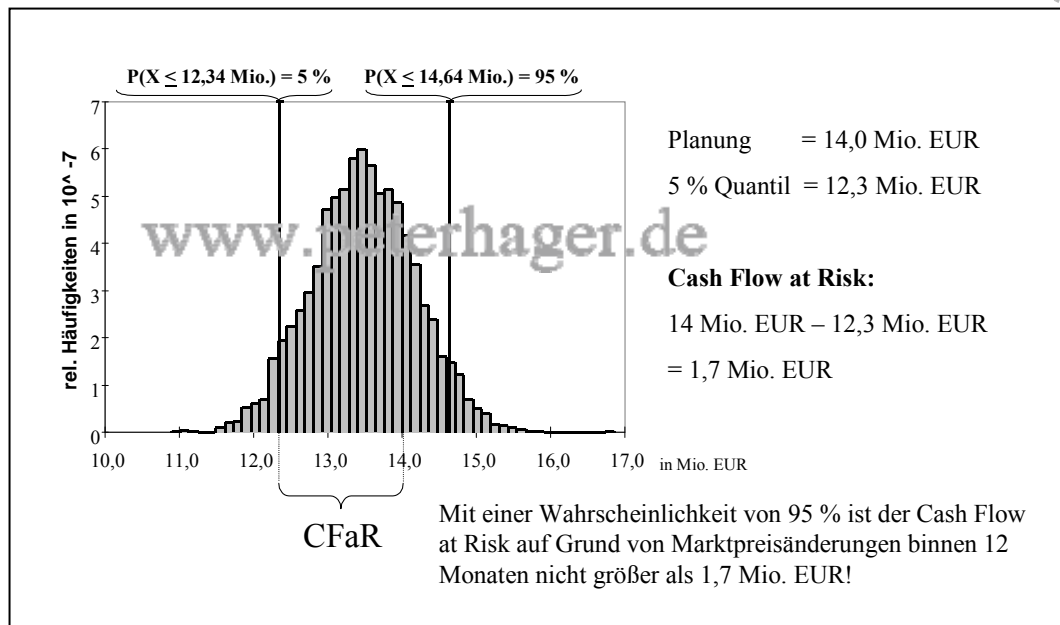


Abb. 40: Fallstudie 3, Cash Flow at Risk Verteilung

Das erhöhte Risiko durch die mögliche Abwanderung von Kunden zur Konkurrenz schlägt sich auch in einem höheren Cash Flow at Risk nieder (vgl. Abb. 40). Am 28.11.2000 hätte die Risikoprognose gelautet: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % wird in den nächsten 12 Monaten die Planabweichung infolge von Marktpreisänderungen, Wechselkursschwankungen und Marktanteilsverlusten, also der Cash Flow at Risk (CFaR), nicht größer als 1,7 Mio. EUR sein. Der geplante Cash Flow von 14 Mio. EUR ist gegenüber der Situation in Fallstudie 2 noch weiter von dem mit 95 % Wahrscheinlichkeit erzielbaren Mindest Cash Flow abgerückt, was bereits darauf hindeutet, dass sich die Wahrscheinlichkeit für die Erreichung des Cash Flow Ziels deutlich verringert hat.

Gravierender als die Erhöhung des Cash Flow at Risk gegenüber dem Wert von 0,69 Mio. EUR in Fallstudie 2, sind die Erkenntnisse aus der Betrachtung der empirischen Verteilungsfunktion. Der Cash Flow nach Abzug von Materialkosten



wird mit 60 % statt zuvor 95 % Wahrscheinlichkeit zur Deckung der Kostenpositionen 1-3 (vgl. Abb. 41) ausreichen. Die Deckung aller Positionen ist nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 12 % statt zuvor 25 % gewährleistet. Während in der Fallstudie 2 die Wahrscheinlichkeit zur Erreichung eines Cash Flow mindestens in Höhe des Planwertes von 14 Mio. EUR noch 55 % betragen hatte, sinkt sie in Fallstudie 3 auf nur noch 22 %.

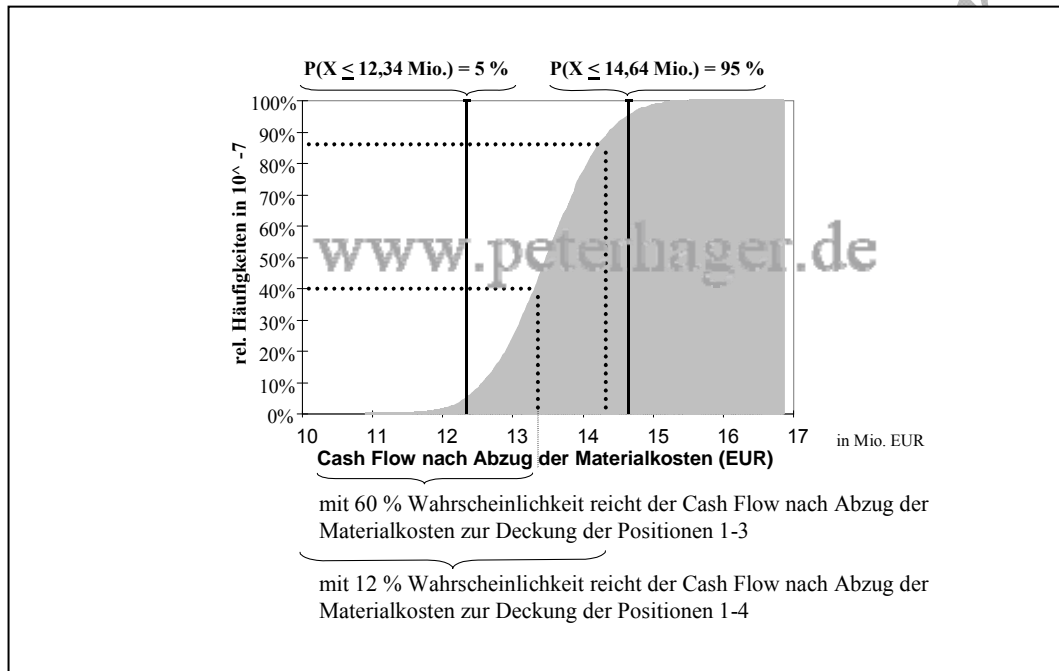


Abb. 41: Empirische Verteilungsfunktion der erwarteten Ausgaben und Einnahmen in der Fallstudie 3

Eine Prüfung der Risikoprognose anhand der tatsächlichen Entwicklung von Rohstoffpreisen und Wechselkursen ergibt einen Cash Flow von 10,9 Mio. EUR. Bei der tatsächlichen Entwicklung der Risikofaktoren wäre in immerhin 6 von 12 Monaten der Exportabsatz des deutschen Herstellers auf Grund einer nachteiligen Wechselkursentwicklung von USD/YEN um ein Drittel eingebrochen. Trotz der extrem schlechten Entwicklung ist der realisierte Cash Flow noch weit von der Value at Risk Schätzung entfernt (2,1 Mio. / bzw. 20 %). Der mit 95 % Wahrscheinlichkeit prognostizierte Cash Flow at Risk wurde dennoch überschritten.

Fallstudie 3 zeigt eine interessante Risikoposition auf. Der deutsche Hersteller kauft weder Vorprodukte in Japan ein noch exportiert er in diesen Markt. In dem deutschen Unternehmen wird auch kein einziger YEN als Vermögensposition gehalten. Dennoch hat der deutsche Hersteller ein Risikoexposure in der Währung YEN. Die Erkenntnis hieraus für das Risikomanagement in Unternehmen geht aber noch viel weiter. Es wird ein neuer, wichtiger Unterschied zwischen dem Value at Risk Ansatz und einem Cash Flow at Risk Modell deutlich. Angenommen, der deutsche Hersteller würde Vorräte an Rohstoffen lagern und auf seinen Konten Devisenpositionen vorhalten. Der Value at Risk wäre dann die richtige Antwort auf eine der nachfolgenden Fragen:

- Wie groß kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit der Wertverlust der Rohstoffvorräte auf Grund von Rohstoffpreisänderungen innerhalb von 1 (10) Tag(en) ausfallen?
- Wie groß kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit der Wertverlust der Devisenbestände auf Grund von Wechselkursänderungen innerhalb von 1 (10) Tag(en) ausfallen?

In diesen Fällen handelt es sich um das Marktpreisrisiko für Bestände an Rohstoffen und Devisen. Was der Value at Risk nicht beantworten kann, sind die Fragestellungen der drei bisher gezeigten Fallstudien. Dafür wurde das Value at Risk Konzept aber auch nicht entwickelt. Der Versuch es trotzdem zur Lösung dieser Probleme einzusetzen, führt zu übertrieben konservativen Risikoprognosen. In einem institutionalisierten Controllingzyklus müssten solche Risikoprognosen in der Konsequenz zu Steuerungsmaßnahmen führen, die mit entsprechenden Ausgaben verbunden sind. Wenn sich jedoch ex post zeigt, dass die Prognosen häufig zu konservativ waren und damit unnötige Absicherungskosten verursacht haben, führt das bei entsprechend engen Margen zu Wettbewerbsnachteilen für das betroffene Unternehmen.

## C Integrierte Risikomessung

Die Risiken des operativen Geschäfts können mit dem Value at Risk Ansatz nicht adäquat erfasst werden. Dann würde es sich anbieten, neben den rein finanziellen Risiken aus Vermögenspositionen nur die Marktpreisrisiken der Rohstoffbeschaffung mit dem Value at Risk Konzept zu steuern. Dieser Gedanke wäre insbesondere dann reizvoll, wenn die Produktionsmenge über einen längeren Prognosezeitraum als nahezu konstant erachtet werden kann, weil z.B. nicht abgesetzte Waren eingelagert werden.<sup>120</sup> Die Produktionsmenge wäre in diesem Fall weitgehend frei von zufälligen Schwankungen oder Schwankungen durch unerwartete Änderungen der Absatzmenge. Die im Prognosezeitraum benötigten Rohstoffmengen könnten mit Terminpreisen bewertet und zu einem Barwert diskontiert werden. Darauf aufbauend wäre es möglich, mit einem Value at Risk Konzept Risiken kurzfristig zu steuern, da Rohstoffpreisrisiken mit Derivaten und Termingeschäften schnell abgesichert werden können.

Das Problem besteht darin, dass durch eine solche Methode unbewusst höhere Risiken aufgebaut werden, als sie ohne Risikosteuerung existieren würden. Diese Erfahrung mussten Banken in früheren Jahren machen und in der Industrie bedarf es keiner Wiederholung. Eine Bank führt ein separates Depot zur Steuerung der Eigenanlagen, in dem sie auf eigene Rechnung Wertpapiere kauft, um damit zusätzliche Erträge zu erwirtschaften. Wird nun das Risiko isoliert für das Eigendepot (Depot A) ermittelt und gesteuert, so kann es zu den unerwünschten risik erhöhenden Geschäften kommen. Hat die Bank beispielsweise für das Laufzeitband von 5 Jahren einen besonders hohen Cash Flow aus der Zinszahlung und Tilgung von festverzinslichen Wertpapieren ermittelt, besteht ihr Risiko in einem steigenden 5-Jahres Zins. Dann würde der Cash Flow durch die stärkere Diskontierung mit einem höheren Zinssatz zu einem niedrigeren Barwert führen. Folglich

---

<sup>120</sup> Bei saisonalen Schwankungen wäre der Value at Risk dann anwendbar, wenn deren Verlauf auf der Basis der vergangenen Jahre eingeschätzt werden kann. Es muss nur sichergestellt sein, dass die Mengen keinen zufälligen Schwankungen unterliegen.

könnte die Bank dieses Zinsrisiko mit einem Derivat beseitigen, das einen Cash Flow in gleicher Höhe mit entgegengesetztem Vorzeichen aufbaut.

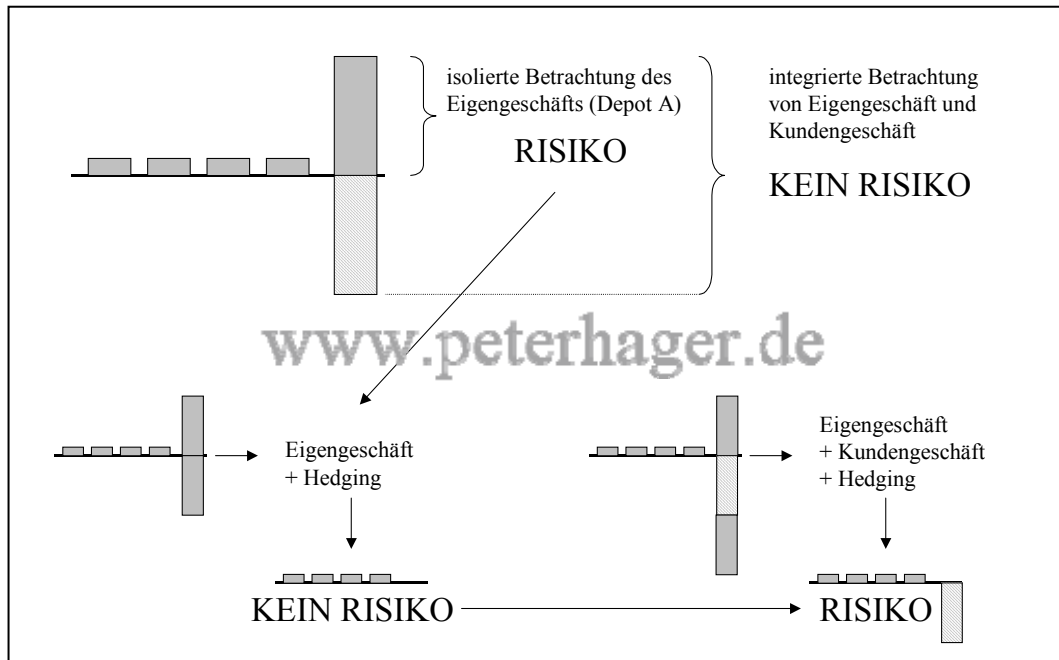


Abb. 42: Risiken der partiellen Steuerung von Exposures

In diesem Fall wäre der Saldo im Laufzeitband von 5 Jahren Null und ein Zinsrisiko würde nicht mehr existieren. Bei diesem Vorgehen fehlt allerdings die Betrachtung des Kundengeschäfts, denn wenn die Bank gleichzeitig 5-jährige festverzinsliche Einlagen von Kunden besitzt, heben sich positiver und negativer Cash Flow auf und es existiert kein abzusicherndes Zinsrisiko in diesem Laufzeitband. Ignoriert die Bank jedoch das Kundengeschäft und beschränkt ihre Risikobetrachtung auf das Eigengeschäft im Depot, führt der Abschluss eines vermeintlich risikomindernden Derivats als Gegengeschäft zum Aufbau eines Risikos, das es vorher nicht gab. Denn tatsächlich heben sich die Cash Flows von Eigengeschäft und Kundengeschäft mit ihren entgegengesetzten Vorzeichen per Saldo auf, das Derivat baut nun aber einen negativen Cash Flow auf und es entsteht ein Zinsrisiko, das entgegen der Erwartung der Bank in sinkenden Zinsen besteht (vgl. Abb. 42). Wenn der 5 Jahres Zins sinkt, wird der negative Cash Flow schwächer diskontiert und es entsteht ein höherer negativer Barwert für die Bank.

Bei den Banken hat sich zwischenzeitlich die Erkenntnis durchgesetzt, dass Risiken auf der Gesamtbankebene unter Berücksichtigung der Kundengeschäfte zu ermitteln sind und die isolierte Steuerung von Teilpositionen zu unerwünschten, der ursprünglichen Intention entgegengesetzten Effekten und Risiken führt. Das Beispiel lässt sich auch auf die Industrie übertragen. Wenn in Fallstudie 2 nur das Wechselkursrisiko für den im Prognosezeitraum exakt planbaren Rohstoffbedarf berücksichtigt würde, dann wäre die Diskontierung der Cash Flows zu einem Barwert möglich und das Value at Risk Modell könnte zur Steuerung des Wechselkursrisikos für diese Teilposition verwendet werden. Ein deutsches Unternehmen, das Rohstoffe in der Fremdwährung USD einkauft, hat ein Risiko in der Aufwertung von USD gegenüber EUR. Steigt der US-Dollar, dann werden die Rohstoffimporte teurer und die Materialkosten steigen. Erwartet das Unternehmen einen steigenden US-Dollar, wird es Derivate zur Absicherung des ermittelten Risikos kaufen.

In diesem Ansatz wird aber nicht berücksichtigt, dass das Unternehmen gleichzeitig seine Produkte in die USA exportiert und dafür USD erhält. Unter der Prämisse, dass in einem rentablen Unternehmen die Umsatzerlöse höher als die Materialkosten sind, wird das Unternehmen mehr US-Dollar erhalten als für den Rohstoffeinkauf benötigt. Dann besteht das Risiko aber nicht mehr in einem sinkenden, sondern genau entgegengesetzt in einem steigenden Wechselkurs EUR/USD. Die Maßnahmen zur Absicherung gegen einen sinkenden Wechselkurs würden statt zu einer Verringerung tatsächlich zu einer Erhöhung des Risikos führen. Die Missachtung der Cash Flows aus dem operativen Geschäft kann zu einer grundlegend falschen Einschätzung des tatsächlich vorhandenen Risikos mit allen unerwünschten Folgen führen.

Ein letzter Ansatz zum Einsatz des Value at Risk für die integrierte Steuerung von Risiken aus operativen Geschäften könnte darin bestehen, die Cash Flows des operativen Geschäfts per Definition festzulegen und zu diskontieren. Dann lauten

bei korrekter Würdigung der Voraussetzungen zur Anwendung des Value at Risk Modells die impliziten Annahmen:

- Die Cash Flows aus dem operativen Geschäft lassen sich genau schätzen und es gibt keine zufälligen Schwankungen der Absatzmenge. Sonst können keine Barwerte ermittelt werden, hierzu bedarf es sicherer und konstanter Cash Flows für den Prognosezeitraum (wäre bei Fallstudie 3 nicht erfüllt);
- Risiken aus anderen unerwarteten Entwicklungen, wie z.B. der Verlust von Marktanteilen an Konkurrenten bei bestimmten Wechselkursentwicklungen, existieren nicht (wäre bei Fallstudie 3 nicht erfüllt);
- Eine Prognose der Risiken für die nächsten 1-30 Tage ist auch zur Risiko- steuerung in den operativen Bereichen vollkommen ausreichend.

Alle Modelle sind eine Abstraktion von der Realität, sie müssen Annahmen und Vereinfachungen vornehmen, um funktionieren zu können. Wenn das Unternehmen mit den oben genannten Annahmen zurecht kommt, ist die Anwendung eines Value at Risk Modells auch zur Steuerung der noch verbleibenden Risiken aus dem operativen Geschäft vorstellbar. Am Beispiel von Wechselkursrisiken präsentieren DEARDS und GIL die Messung der Risikoexposure mit Hilfe eines Value at Risk Modells.<sup>121</sup> Auf Basis des Free Cash Flows für ein bestimmtes Zeitintervall wird unter der Annahme einer Cash Flow Volatilität von Null der Barwert berechnet. Danach kann die Risikomessung mit einem Value at Risk Modell durchgeführt werden. Das gleiche Konzept wird von den Autoren auch für die Messung von Zinsrisiken und Aktienrisiken vorgeschlagen. An dem Ansatz ist zu kritisieren, dass keine integrierte Messung aller finanziellen Risiken und der daraus resultierenden Risiken für das operative Geschäft erfolgt. Insbesondere ist die implizite Annahme einer Cash Flow Volatilität von Null in Frage zu stellen.

---

<sup>121</sup> DEARDS, P./ GIL, A. (2001), S. 15 ff.

Eine exaktere Risikomessung ist aber möglich. Nach einer grundlegenden Risikoinventur im Unternehmen ist zu prüfen, für welche Risiken eine Quantifizierung mit Hilfe existierender Kennzahlen und Instrumente wie z.B. Volatilitäten, Korrelationen, Regressionsrechnungen oder auch Realoptionen möglich ist. Anschließend ist gemäß der in Kapitel I.B. vorgestellten Definitionen eine Unterteilung der quantifizierbaren Risiken in die beiden Hauptkategorien Value Exposures und Cash Flow Exposures vorzunehmen. Bei den Value Exposures werden die Risiken aus Vermögenspositionen mit Hilfe eines Value at Risk Modells gemessen. Die Cash Flow Exposures bauen hingegen auf Stromgrößen wie z.B. den Cash Flows, den handelsrechtlichen Gewinnen und Verlusten oder dem EBIT auf. In Abhängigkeit der gewünschten Betrachtungsweise können die hierin enthaltenen Risiken mit einem Cash Flow at Risk oder einem Earnings at Risk Modell gemessen werden.

Für beide Arten von Modellen, sowohl das Cash Flow at Risk als auch das Value at Risk Modell, existieren in Unternehmen optimale Einsatzzwecke. Die Frage lautet daher nicht, welches Modell besser ist, sondern welche Art von Risiken womit gemessen werden kann. Für die Messung des Zinsrisikos eines 10-jährigen festverzinslichen Wertpapiers ist der Cash Flow at Risk ebenso wenig geeignet wie der Value at Risk zur integrierten Messung von Marktpreisrisiken über einen Prognosezeitraum von 12 Monaten.

## Zusammenfassung

Die Zukunft ist unsicher und daraus entsteht der Bedarf nach zusätzlichen Informationen zur Entscheidungsfindung. Statistische Methoden stellen ein Instrument zur Unterstützung von Entscheidungen unter Unsicherheit dar. Es konnte gezeigt werden, dass für beide Modelle, Value at Risk und Cash Flow at Risk, in Unternehmen Bedarf besteht. Die Erwartungen der Risikomanager können erfüllt werden, wenn die Modelle für die Zwecke eingesetzt werden, für die sie auch entwickelt wurden.

Kritisiert wird häufig, dass die Risikomodelle manchmal zu falschen Risikoeinschätzungen führen. Die komplexen Verfahren suggerieren dem Anwender eine Genauigkeit der Risikomessungen, die nicht immer gewährleistet ist. Bei JORION findet sich ein Beispiel eines Kritikers der Value at Risk Modelle.<sup>122</sup> Demnach stürzt ein Pilot mit einem manchmal ungenauen Höhenmesser ab, aber ohne Höhenmesser würde er ab und an aus dem Fenster schauen. Das Beispiel zeugt von einer falsch verstandenen Idee, wofür der Value at Risk berechnet wird. Die Modelle sollen den Verantwortlichen nicht eine Entscheidung abnehmen, sondern zusätzliche Informationen für die Entscheidungsfindung liefern. Die persönliche Urteilsfähigkeit von erfahrenen Anwendern sollte stets korrigierend berücksichtigt werden. Insofern fliegt ein Pilot bei Nacht und Nebel sicherer, wenn er zusätzlich zu dem Blick aus dem Fenster ab und an auf den Höhenmesser schaut.

Die Modelle können für den erfahrenen Anwender von großem Nutzen sein, aber bei falschem Umgang auch Schaden anrichten. Die Kunst besteht darin, zu verstehen, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um mit den Modellen zuverlässige Risikoprognosen zu erhalten und in welchen Situationen die Gefahr einer fehlerhaften Prognose entsteht.

---

<sup>122</sup> JORION, P. (2001), S. 499



Alle präsentierten Value at Risk Modelle eignen sich nur für die Messung der Risiken von Vermögenspositionen über eine sehr kurze Haltedauer. Optimal ist die Haltedauer von 1 Tag, da die Konzepte sehr kurzfristig orientiert sind und für diese Anwendung entwickelt wurden. Die Ausdehnung der Haltedauer auf längere Zeiträume wird für alle Value at Risk Modelle abgelehnt. In Unternehmen stehen aber nicht kurzfristige Marktwertänderungen von Portfolios, sondern Cash Flow Änderungen auf Grund von Marktpreisänderungen über längere Zeiträume im Vordergrund.<sup>123</sup> Damit haben Unternehmen im Gegensatz zu Banken sowohl eine andere Exposure-Definition als auch eine wesentlich längere Haltedauer. Es bedarf eines neuen Ansatzes, der Risiken Cash Flow orientiert über 3 – 12 Monate messen kann.

Die Schwierigkeit von Risikoschätzungen über lange Zeiträume besteht in der Prognose der möglichen Risikofaktoränderungen. Es zeigt sich, dass die Auswertung von Terminpreisen nicht zielführend ist. Ökonometrische Modelle wie z.B. das Vector Error Correction Modell können akzeptable Prognosen liefern, sind jedoch komplex und aufwendig. Als Lösung wird die Verwendung von Random Walks vorgeschlagen. Im Vergleich zu dem komplizierten Vector Error Correction Modell liefern Random Walks ähnlich gute Risikoprognosen. Eigene Berechnungen für die Rohstoffpreise von Gold, Silber, Kupfer, Aluminium und für die Wechselkurse EUR/USD und JPY/USD bestätigen diese Erkenntnis.

Es ist hervorzuheben, dass die Modelle nicht für Spekulationen, sondern für Risikoprognosen konzipiert sind. Denn die Random Walks simulieren sowohl steigende als auch sinkende Preise. Es wird aber nicht gesagt, ob der Verlauf des Risikofaktors nach unten oder oben erfolgen wird, was die Voraussetzung für Spekulationsgeschäfte ist. Die Risikoprognose beschränkt sich im Gegensatz darauf, dass der Verlauf des Risikofaktors mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in

---

<sup>123</sup> Vgl. BARTRAM, S. M. (2000a), S. 1269; HARRIS-JONES, J. (1998), S. 41; JORION, P. (2001), S. 366 ff.; LEE, A. Y. (1999), S. 3 ff., 10 ff.; MEVAY, J./ TURNER, C. (1995), S. 84.; PFENNIG, M. (2000), S. 1298; SCHIERENBECK, H. / LISTER, M. (2001), S. 342 f.;

dem Vertrauensintervall liegen wird. Mehr Informationen werden für eine Risikoanalyse aber nicht benötigt, denn das Unternehmen muss lediglich prüfen, ob das vorhandene Risikodeckungspotenzial den möglichen Realisationen aus dem Vertrauensintervall Stand hält.

Der Unterschied zwischen einem Random Walk und einer langfristigen Risikoanalyse mit dem Value at Risk Verfahren besteht, neben der möglichen Berücksichtigung von Restlaufzeitverkürzungseffekten und Leistungsstörungen wie z.B. Umsatzeinbrüchen, darin, dass der Random Walk einen vollständigen Pfad für den betrachteten Risikofaktor abbildet. Eine Langzeitprognose mit dem Value at Risk Verfahren würde sich darauf beschränken, das 5 % - Quantil für jeden einzelnen Tag des betrachteten Zeitraums zu ermitteln. Damit wird unterstellt, dass an jedem einzelnen von z.B. 255 Tagen der zu 95 % schlechteste Wert eintritt. Die implizite Prämisse ist eine über 255 Tage permanent ungünstige Entwicklung des betrachteten Risikofaktors.

Für die Prognose von zukünftigen Marktentwicklungen sind aber nicht statistische Verteilungen ausreichend, sondern Pfade von Marktpreisen notwendig.<sup>124</sup> Bei Verwendung von Random Walks werden z.B. 10.000 mögliche Preispfade simuliert, die alle sowohl sinkende als auch steigende Risikofaktoren berücksichtigen. Das Ergebnis der Risikoschätzung ist das 5 % - Quantil aus der Wertentwicklung von 255 Tagen, das nicht übereinstimmt mit der Summe von 255 täglichen 5 % - Quantilen. Der 500. schlechteste von 10.000 Pfaden verläuft nicht entlang der vom Value at Risk Verfahren prognostizierten Vertrauensintervallgrenze. Das Backtesting von J.P. Morgan zeigt, dass auch die Verwendung von Random Walks ohne Trend konservative Risikoschätzungen liefert.<sup>125</sup> Die Langzeitprognosen auf Basis des Value at Risk Verfahrens sind in den präsentierten Fallstudien jedoch deutlich konservativer als die Risikoschätzungen auf Basis von Random Walks, so dass der Value at Risk das Risiko maßlos überschätzt.

<sup>124</sup> BURMESTER, C./ SIEGL, T. (2001), S. 105 ff.

<sup>125</sup> Vgl. KIM, J./ MALZ, A. M./ MINA, J. (1999), S. 87.

Für die Risikoprognosen mit Random Walks wurden keine Korrelationen berücksichtigt. Die Ursache dafür liegt in der ständigen Veränderung von Korrelationen. Nichtlineare Zusammenhänge, wie sie in der Praxis insbesondere bei Rohstoffen zu beobachten sind, werden von Korrelationen falsch abgebildet. Beides verhindert die Berücksichtigung von Korrelationen für Langzeitprognosen.

Das Fazit der Arbeit ist, dass bei der Risikomessung zwischen Vermögenspositionen mit kurzen Haltedauern und an Stromgrößen orientierten Exposures mit langen Haltedauern unterschieden werden muss. Für beide Exposurearten kann das Risiko mit unterschiedlichen Modellen gemessen werden. Die für Cash Flow Exposures verwendeten Random Walks sind ein erster Ansatz, der verhältnismäßig einfach zu implementieren ist. Im Gegensatz zu risikofaktorspezifischen Modellen, wie z.B. volkswirtschaftlichen Zinsprognosemodellen, sind Random Walks auf die gesamte Bandbreite von Risikofaktoren anwendbar. Dadurch wird die Komplexität von Modellen mit vielen zu berücksichtigenden Risikofaktoren gering gehalten.

Der Random Walk ist ebenso wenig neu, wie es die Normalverteilung bei dem Aufkommen der Value at Risk Modelle zu Beginn der 80er Jahre war. Lediglich die Anwendung der Normalverteilung zur Schätzung der Wahrscheinlichkeit für drohende Verluste aus Vermögenspositionen war damals neu. Die Entwicklung von Cash Flow at Risk Modellen steht noch am Anfang und die zu Grunde liegenden Prognosemodelle können im Zeitablauf weiter verfeinert werden.<sup>126</sup>

Die präsentierten Konzepte für die Risikomessung beider Exposures, sowohl von Value Exposures als auch Cash Flow Exposures, werden so detailliert dargestellt,

---

<sup>126</sup> Parallel zu der Entwicklung in Unternehmen werden in der Bankenwelt auf Random Walks basierte Modelle zur integrierten Messung von Zins- und Kreditrisiken entwickelt. Vgl. BURMESTER, C./ SIEGL, T. (2001), S. 105 ff.

dass sie direkt in die Praxis überführbar sind. Die Aussagekraft der Modelle kann anhand externer und eigener Backtestings bestätigt werden.

In den Fallstudien wurde gezeigt, dass eine ex ante auf Basis von Risikoanalysen getroffene Entscheidung sich nicht zwingend auch ex post als die beste Alternative erweisen muss. Im Nachhinein und mit vollständigen Informationen ist die Urteilsfindung stets einfacher.

[www.peterhager.de](http://www.peterhager.de)

## Anhang

### 1 Backtesting der Value at Risk Modelle

Dem Backtesting werden die in Tab. 11 gezeigten Vertrauensintervalle zu Grunde gelegt. Die Vertrauensintervalle wurden von KUPIEC berechnet und dienen der Prüfung, ob die beobachtete Anzahl von Überschreitungen des prognostizierten Value at Risk zur Ablehnung des Modells führen muss.<sup>127</sup> Beträgt die Wahrscheinlichkeit in einem Risiko-Modell beispielsweise 99 %, so wird eine Überschreitung des Value at Risk in etwa 1 % der Fälle erwartet.

In der ersten Zeile ist die Gegenwahrscheinlichkeit  $p = 1 \%$  abgetragen und in der ersten Spalte stehen die Vertrauensintervalle für einen Beobachtungszeitraum von  $T = 255$  Handelstagen. Die Variable  $N$  steht für die Anzahl der beobachteten Überschreitungen des für den Zeitraum von 1 Tag prognostizierten Value at Risk. Kommt es in einen Zeitraum von 255 Handelstagen an 7 oder mehr Tagen zu einer Überschreitung des Value at Risk, wird das Risikomodell verworfen.

Im folgenden wird für alle drei Value at Risk Modelle ein Backtesting durchgeführt. Das Vorgehen besteht darin, die zur Überprüfung ausgewählten Modelle zu einem Zeitpunkt in der Vergangenheit zu parametrisieren und dann die Risikoprognosen mit den tatsächlich eingetretenen Werten zu vergleichen. Der Prüfungszeitraum beträgt 255 Handelstage und läuft vom 30.11.2000 bis zum 28.11.2001. Die Modelle werden am 28.11.2000 für die kurzfristige Schätzung des Value at Risk für einen Tag auf Basis der vergangenen 250 Handelstage (Zeitraum 16.12.1999 bis 28.11.2000) parametrisiert. Vom 30.11.2000 beginnend wird über 255 Tage hinweg täglich die Value at Risk Prognose der einzelnen Modelle mit den tatsächlich eingetretenen Verlusten verglichen. Der Value at Risk wird bei

---

<sup>127</sup> Zur Gleichung von KUPIEC für die Berechnung der Vertrauensintervalle vgl. JORION, P. (1997), S. 95 f. Der Fehler 1. Art beträgt 5 %.

allen Modellen für die Haltedauer von einem Tag mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % berechnet.

Anzahl der Fehler (Überschreitungen) bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,5$

Wahrscheinlichkeitsgrad	Nichtablehnungsbereich für die Anzahl der Fehler N		
P	T = 255 Tage	T = 510 Tage	T = 1000 Tage
0,01	$N < 7$	$1 < N < 11$	$4 < N < 17$
0,025	$2 < N < 12$	$6 < N < 21$	$15 < N < 36$
0,05	$6 < N < 21$	$16 < N < 36$	$37 < N < 65$
0,075	$11 < N < 28$	$27 < N < 51$	$59 < N < 92$
0,10	$16 < N < 36$	$38 < N < 65$	$81 < N < 120$

**Anmerkung:** N steht für die Anzahl der Fehler (Überschreitungen), die mit der Stichprobengröße T beobachtet werden könnte, ohne die Nullhypothese, laut der p mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit die korrekte Wahrscheinlichkeit ist, abzulehnen.

Tab. 11: Prüfungskennzahlen für das Backtesting von Modellen

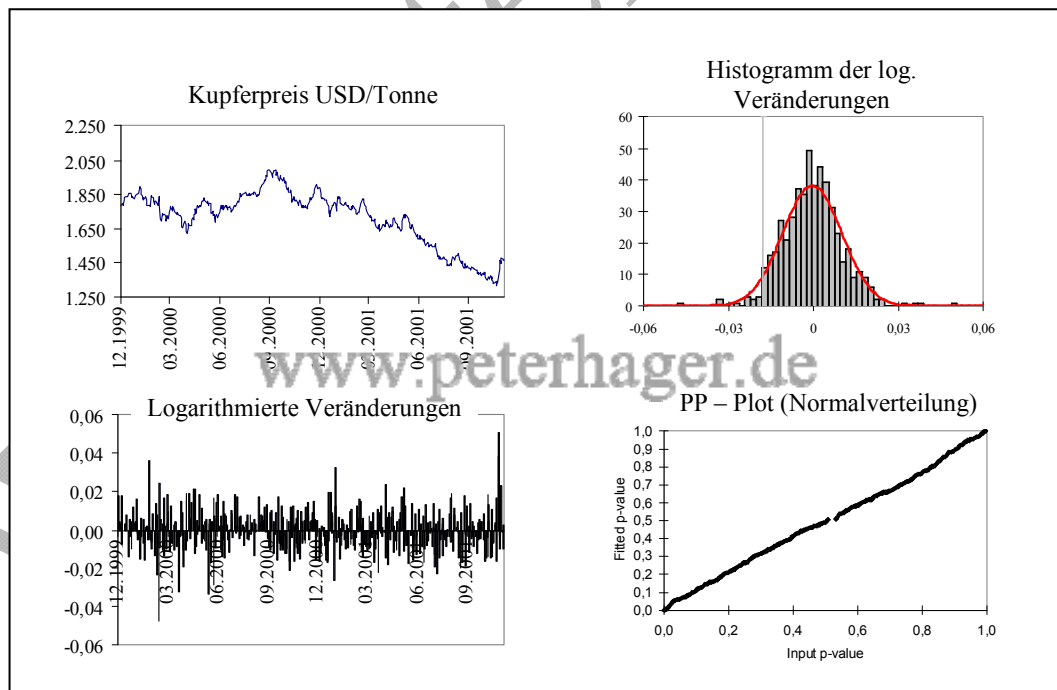


Abb. 43: Eigenschaften der im Portfolio enthaltenen Risikofaktoren, Kupferpreis im Zeitraum 16.12.1999 bis 28.11.2001

Die Risikoprognoze für mehrere Risikofaktoren ist anspruchsvoller als bei Betrachtung von nur einem Risikofaktor. Daher soll die Prüfung der Modelle anhand eines Musterportfolios, bestehend aus zwei Risikofaktoren erfolgen. In Fortführung der Beispiele zu den drei Value at Risk Methoden werden die Kupfervorräte eines deutschen Konzerns betrachtet. Somit enthält das Portfolio zwei Risikofaktoren, den Kupferpreis USD/Tonne und den Wechselkurs EUR/USD. In Abb. 43 sind die Eigenschaften des Kupferpreises im Zeitraum vom 16.12.1999 bis zum 28.11.2001 gezeigt.

In dem betrachteten Zeitraum erreicht der Kupferpreis ein Maximum von 1.999 USD/Tonne und unterschreitet nicht das Minimum von 1.318 USD/Tonne. Der Durchschnittspreis liegt bei 1.712 USD/Tonne. Für die logarithmierten Veränderungen lässt sich ein Clustering beobachten. Es wechseln sich Phasen positiver Schwankungen mit Phasen negativer Veränderungen ab. Die logarithmierten Veränderungen lassen sich nur grob mit Hilfe einer Normalverteilung beschreiben. Der Chi-Quadrat-Test führt zu einem p-Wert von 0,7078. Der Kolmogorov-Schmirnov-Test ergibt den p-Wert von  $\leq 0,025$ . Im PP-Plot sind fat tails erkennbar.

In gleicher Weise werden die Eigenschaften des Wechselkurses EUR/USD im Zeitraum vom 16.12.1999 bis zum 28.11.2001 untersucht (vgl. Abb. 44). Der Wechselkurs schwankt zwischen einem Maximum von 1,034 EUR/USD und 0,826 EUR/USD. Der Mittelwert liegt bei 0,913 EUR/USD. Der Chi-Quadrat-Test führt zu einem p-Wert von 0,0031. Der Kolmogorov-Schmirnov-Test ergibt einen p-Wert  $< 0,01$ . Im PP-Plot sind wieder fat tails erkennbar.

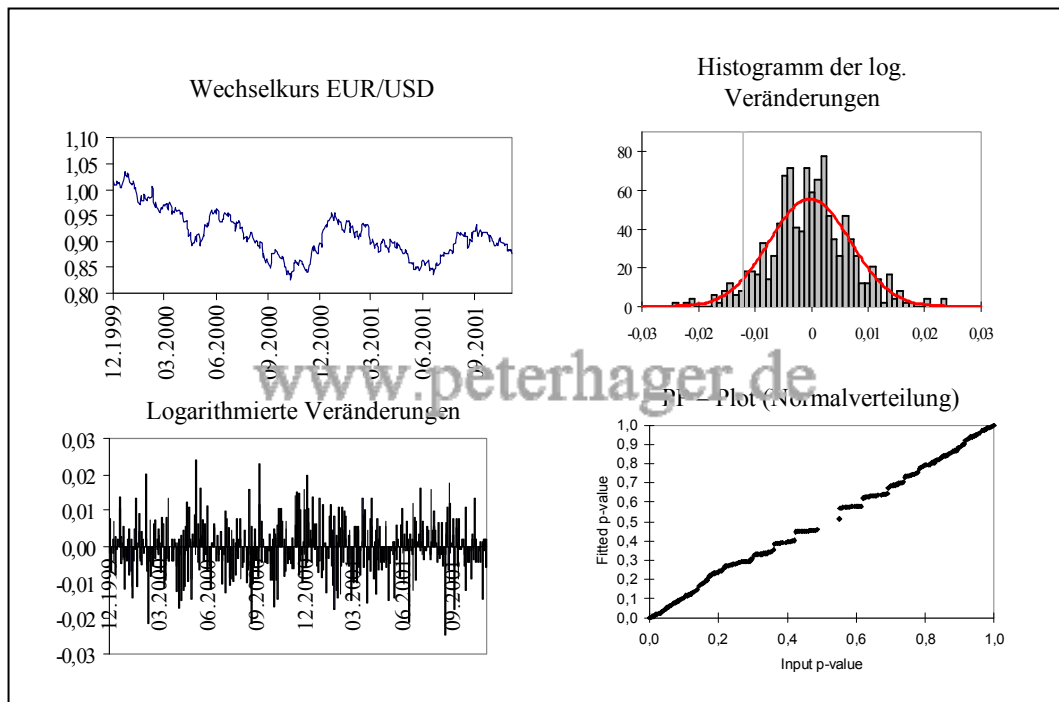


Abb. 44: Eigenschaften der im Portfolio enthaltenen Risikofaktoren, Wechselkurs EUR/USD im Zeitraum 16.12.1999 bis 28.11.2001

Parameterfreie Modelle	Parametrische Modelle
<p><b>Historie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Länge des Zeitfensters</li> <li>- kompletter Zyklus?</li> </ul> <p><b>Messung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Differenzenmethode</li> <li>- Quotientenmethode</li> </ul> <p><b>Risikoaggregation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faktoransatz</li> <li>- Portfolioansatz</li> </ul>	<p><b>Volatilität:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gleichgewichtete Beobachtungen</li> <li>- EWMA</li> <li>- GARCH</li> </ul> <p><b>Korrelationen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gleichgewichtete Beobachtungen</li> <li>- EWMA</li> <li>- GARCH</li> </ul> <p><b>Dateninput:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normalverteilung</li> <li>- sonstige Verteilung</li> <li>- Anzahl der Szenarien bei MCS</li> </ul>

Abb. 45: „Stellschrauben“ von Value at Risk Modellen



Im nächsten Schritt werden die zu verifizierenden Value at Risk Modelle bestimmt. In Abb. 45 ist gezeigt, welche Wahlmöglichkeiten innerhalb der einzelnen Modelle existieren. Bei den sogenannten parameterfreien Modellen gilt es dennoch, bei der Modellauswahl eine Reihe von Entscheidungen zu treffen. In der hier verwendeten Historischen Simulation werden rollierend die Marktdaten der vergangenen 250 Handelstage zu Grunde gelegt. Getestet wird der Faktoransatz in Verbindung mit der Differenzenmethode sowie der Portfolioansatz, alternativ in Verbindung mit der Differenzenmethode und der Quotientenmethode. Insgesamt werden drei Alternativen der Historischen Simulation aus der Gruppe der parameterfreien Modelle dem Backtesting unterzogen. Für die parametrischen Modelle können die benötigten Volatilitäten und Korrelationen entweder auf Basis gleichgewichteter historischer Beobachtungen, mit EWMA-Modellen oder mit GARCH-Modellen geschätzt werden.<sup>128</sup>

Bei dem **Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)** werden die historischen Werte exponentiell gewichtet, so dass in der nahen Vergangenheit liegende Werte gegenüber älteren Werten ein höheres Gewicht erhalten.<sup>129</sup> Als eine Erweiterung des EWMA-Modells können die GARCH-Modelle betrachtet werden. Die Abkürzung **GARCH** bedeutet "generalized autoregressive conditional heteroscedasticity", übersetzt generalisierte autoregressive bedingte Heteroskedastizität.<sup>130</sup> Diese Modelle dienen zur Berücksichtigung von Clusterbildung bei der Prognose von Volatilitäten, also der Eigenschaft von Volatilitäten im Zeitablauf einem bestimmten Muster zu folgen.

Aus der Gruppe der parametrischen Modelle wird der Varianz-Kovarianz-Ansatz und die Monte Carlo Simulation mit normalverteilten Zufallsvariablen getestet. Beide Modelle werden mit jeweils zwei unterschiedlichen Verfahren für die Schätzung der Volatilität verwendet. Zunächst wird die Volatilität rollierend auf

<sup>128</sup> Vgl. OEHLER A./ UNSER M. (2001), S. 97 f.

<sup>129</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 199 ff.; DEUTSCH, H.-P. (2001), S. 531 ff.; ZANGARI, P. (1996b), S. 77 ff.

<sup>130</sup> Vgl. BUTLER, C. (1999), S. 204 ff.; OEHLER A./ UNSER M. (2001), S. 97 f.

Basis der vergangenen, gleichgewichteten 250 Handelstage geschätzt. Als Alternative werden exponentiell gewichtete Volatilitäten aus einem EWMA-Modell mit  $\lambda=0,8$  verwendet. Bei einem EWMA-Modell bestimmt der Parameter  $\lambda$  (Lambda) die Gewichtung der historischen Beobachtungen. Bei einer exponentiellen Gewichtung mit  $\lambda=0,8$  werden die jeweils vergangenen 31 Beobachtungen zu 99,92 % berücksichtigt.

Im Varianz-Kovarianz-Ansatz wird zunächst auf Korrekturmaßnahmen wie z.B. die Cornish-Fisher-Erweiterung verzichtet. Das Verfahren erfordert nur 1 Berechnung für jeden der 250 Tage und ist somit am schnellsten. Für die Monte Carlo Simulation werden je Risikofaktor 10.000 normalverteilte Zufallszahlen simuliert. Aus den 10.000 Zufallszahlen wird das empirische 5%-Quantil ( $z = -1,6449$ ) ermittelt. Die Schätzung der Tages-Volatilität erfolgt für beide Modelle jeweils auf Basis der letzten 250 Tage (GLD250) und mit Hilfe des oben genannten EWMA-Modells. Die Modelle werden zur Schätzung des Value at Risk für 1 Tag Halte-dauer und ein Konfidenzniveau von 95 % verwendet.

	Ausreißer absolut		Ausreißer relativ	
Varianz-Kovarianz-Ansatz (Volatilität GLD 250)	6	⊖	2,35%	<b>Backtesting Zeitraum:</b> 30.11.2000 bis 27.11.2001 (= 255 Handelstage)  <b>Bestätigung des Modells</b> mit 95 % Sicherheit wenn die Anzahl N der Ausreißer  <b>6 &lt; N abs. &lt; 21</b>  <b>2,35 % &lt; N rel. &lt; 8,24 %</b>
Varianz-Kovarianz-Ansatz (Volatilität GLD 31)	11	⊕	4,31%	
Varianz-Kovarianz-Ansatz (Volatilität EWMA $\lambda=0,8$ )	13	⊕	5,10%	
Historische Simulation (Faktoransatz, Differenzen)	13	⊕	5,10%	
Historische Simulation (Portfolioansatz, Differenzen)	11	⊕	4,31%	
Historische Simulation (Portfolioansatz, Quotienten)	14	⊕	5,49%	
Monte Carlo Simulation (Volatilität GLD 250)	6	⊖	2,35%	
Monte Carlo Simulation (Volatilität EWMA $\lambda=0,8$ )	13	⊕	5,10%	

Abb. 46: Backtesting von alternativen Value at Risk Modellen

Eine Übersicht der Erkenntnisse aus dem Backtesting liefert Abb. 46. Wie auch in anderen Studien zeigt sich, dass grundsätzlich alle drei Methoden der Value at Risk Berechnung für 1 Tag Haltedauer geeignet sind.<sup>131</sup> Ein Modell wird bei der verwendeten Wahrscheinlichkeit von 95 %, einer Haltedauer von 1 Tag und bei einem Testzeitraum von 255 Handelstagen abgelehnt, wenn es weniger als 7 Ausreißer oder mehr als 20 Ausreißer hat.

Bei der klassischen Schätzung der Volatilität auf Basis der letzten 250 gleichgewichteten Handelstage (GLD 250) werden sowohl der Varianz-Kovarianz-Ansatz als auch die Monte Carlo Simulation abgelehnt. In beiden Fällen sind die Risikoprognosen zu konservativ und liegen mit 6 Ausreißern (= 2,35 %) außerhalb des Nichtablehnungsbereichs. Hingegen liefern beide VaR-Modelle bei Verwendung des EWMA-Modells zur Schätzung der Volatilitäten gute Risikoprognosen. Der Varianz-Kovarianz-Ansatz führt in diesem Fall zu 13 Ausreißern (= 5,10 %) und die Monte Carlo Simulation zu 12 Ausreißern (= 4,71 %).<sup>132</sup>

Zwischen dem Varianz-Kovarianz-Ansatz und der Monte Carlo Simulation sind zunächst keine großen Unterschiede in der Anzahl der Ausreißer erkennbar. Das ist auch zu erwarten, denn beide Modelle werden mit der gleichen Verteilungsannahme verwendet und das Portfolio enthält keine Derivate. Unterschiede in der Aussagekraft würden sich erst dann ergeben, wenn Optionen und andere Derivate in das Portfolio integriert werden.

Die Historische Simulation liefert bei Anwendung des Faktoransatzes die schlechtesten Ergebnisse von allen Modellen und Varianten. Von den 13 erwarteten Ausreißern sind nur 2 aufgetreten (= 0,78 %). Daher kann das Modell abgelehnt werden. Bei Anwendung des Portfolioansatzes können mit der Historischen Simula-

<sup>131</sup> Vgl. JORION, P. (2001), S. 227 ff.

<sup>132</sup> Es wurden mehrere Testläufe mit der Monte Carlo Simulation durchgeführt. Der Wert für die Ausreißer schwankte stets zwischen 12 und 13. Hingegen kamen 11 oder 14 Ausreißer in keinem Testlauf vor. Daher kann ein Ergebnis von 12 oder 13 Ausreißern als zuverlässig angesehen werden.

tion akzeptable Risikoprognozen erstellt werden, wenngleich diese ungenauer ausfallen als bei den parametrischen Modellen. Der Portfolioansatz in Verbindung mit der Differenzenmethode führt zu 11 Ausreißern (= 4,31 %) und bei Anwendung der Quotientenmethode zu 14 Ausreißern (= 5,49 %). Im folgenden werden die Value at Risk Schätzungen der einzelnen Modelle ausführlich analysiert.

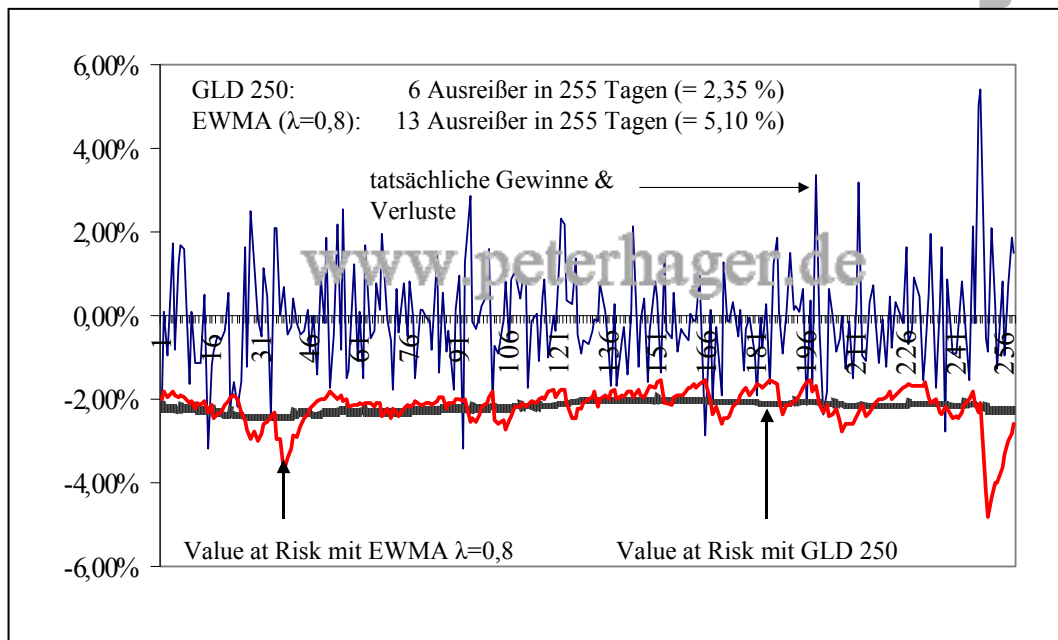


Abb. 47: Varianz-Kovarianz-Modell: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit

In Abb. 47 werden die im Backtesting-Zeitraum tatsächlich eingetretenen Gewinne und Verluste den vom Varianz-Kovarianz-Modell prognostizierten Verlusten gegenüber gestellt. Die Verwendung von Volatilitätsschätzungen auf Basis der gleichgewichteten Beobachtungen der jeweils 250 vergangenen Handelstage führt zu sehr konservativen Risikoprognozen. Zum einen erfolgt durch den langen der Volatilität zu Grunde liegenden Zeitraum eine starke Glättung, so dass sich die Value at Risk Prognosen nur geringfügig bei steigenden und sinkenden Volatilitäten ändern. Der Value at Risk mit Volatilitätsschätzungen auf Basis von gleichgewichteten Beobachtungen ähnelt einer Geraden, die sich bei häufigem Auftreten von hohen Volatilitäten parallel nach unten verschiebt. Daher kann es zu sehr

konservativen Risikoprognosen kommen, die in der Folge zur Ablehnung des Modells führen.

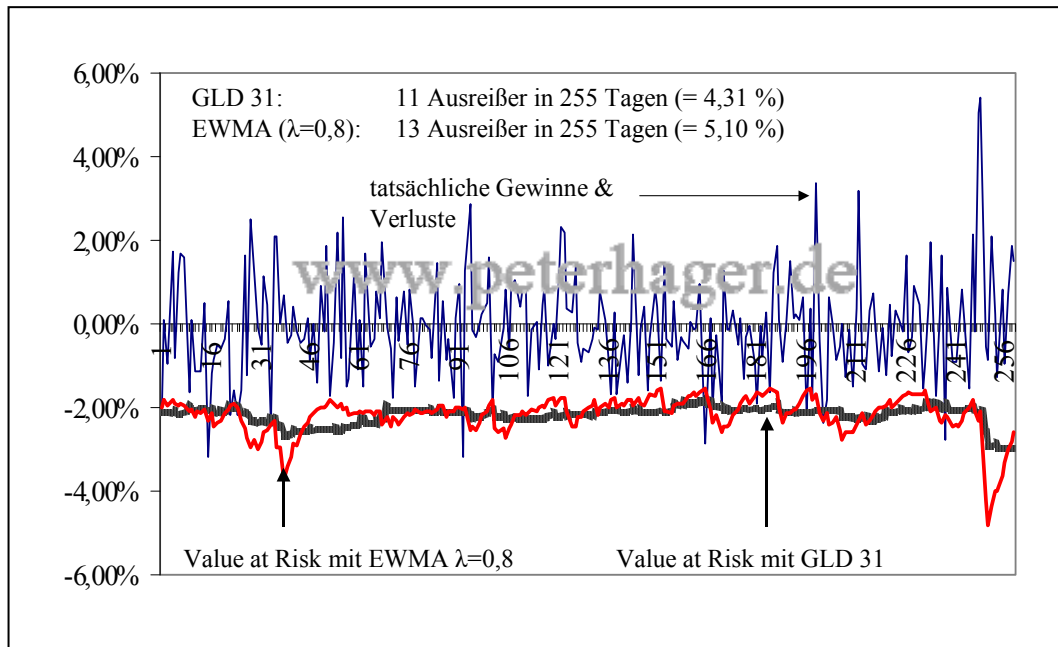


Abb. 48: Varianz-Kovarianz-Modell: Backtesting von GLD 31 versus EWMA  $\lambda = 0,8$

Werden für die Volatilitätsschätzung die gleichgewichteten Beobachtungen durch exponentiell gewichtete Beobachtungen ersetzt, können die Risikoprognosen des Varianz-Kovarianz-Modells besser an der aktuellen Marktentwicklung ausgerichtet werden (vgl. Abb. 48). In Zeiten hoher Volatilitäten werden höhere Value at Risk Werte prognostiziert als in Zeiten niedriger Volatilitäten. Die Risikoprognosen reagieren schneller und stärker auf Änderungen des Risikoparameters Volatilität. Der für  $\lambda$  verwendete Wert 0,8 entspricht einer Fokussierung auf die jeweils letzten 31 Tage. Zum Vergleich wird der Value at Risk mit Volatilitäten auf Basis der jeweils letzten 31 gleichgewichteten Beobachtungen geschätzt (GLD 31).

Das Backtesting des Varianz-Kovarianz-Ansatzes in Verbindung mit dem EWMA-Modell zur Volatilitätsschätzung führt mit 13 Ausreißern in 255 Tagen (= 5,10 %) zu einem guten Ergebnis. Daraus wird die Schlussfolgerung gezogen,

dass eine möglichst präzise Schätzung der Volatilität für die Aussagekraft entscheidender ist, als das Vorhandensein einer perfekten Normalverteilung der Risikoparameter. Ein Fehler in der Volatilität wird bei der Berechnung eines 95 % Value at Risk für einen Tag Haltedauer mit dem Faktor 1,6449 multipliziert, bei 99 % und 10 Tagen Haltedauer wäre es sogar ein Faktor von 7,37.

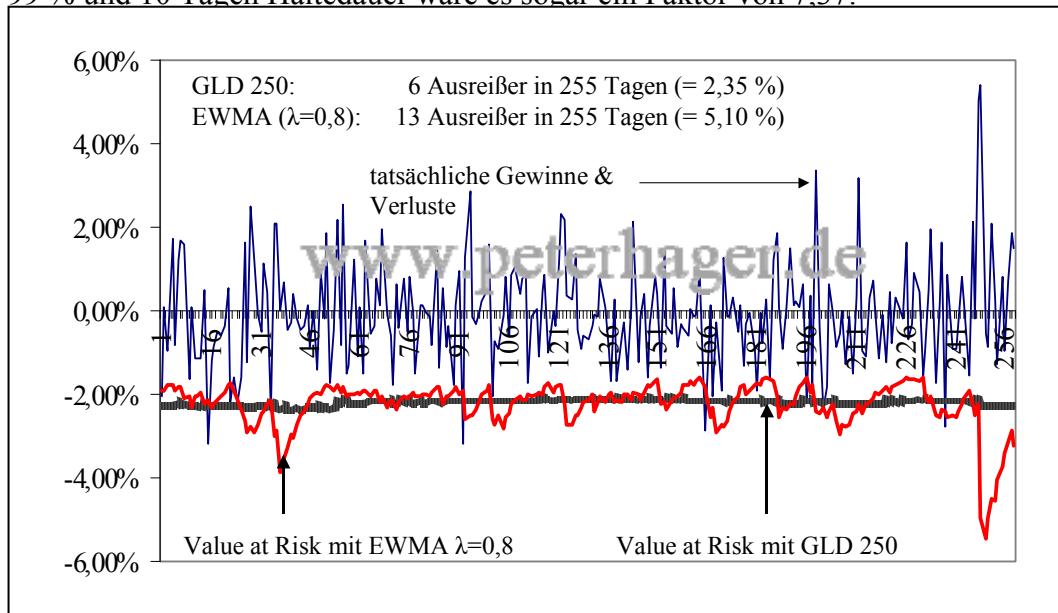


Abb. 49: Monte Carlo Simulation: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit

Ein ähnliches Bild wie bei dem Test des Varianz-Kovarianz-Ansatzes ergibt sich für das Backtesting der Monte Carlo Simulation (vgl. Abb. 49). Das ist nachvollziehbar, da der Monte Carlo Simulation im betrachteten Beispiel ebenfalls eine Normalverteilung zu Grunde gelegt wird. Die Verwendung von Volatilitäten die auf Basis der letzten 250 gleichgewichteten Beobachtungen geschätzt werden, führt zu einer konservativen Risikoprognose. Wie bei dem Varianz-Kovarianz-Ansatz auch, können nur 6 Ausreißer an den 255 (= 2,35 %) betrachteten Handelstagen registriert werden und es kommt zu einer Ablehnung des Modells. Hingegen liefert die Monte Carlo Simulation in Kombination mit dem EWMA-Modell gute Risikoprognosen, die schnell auf sich abwechselnde Phasen hoher

und niedriger Volatilitäten angepasst werden. Mit 12 Ausreißern in 255 Handelstagen (= 4,71 %) liefert diese Modellvariante zuverlässige Risikoprognosen.

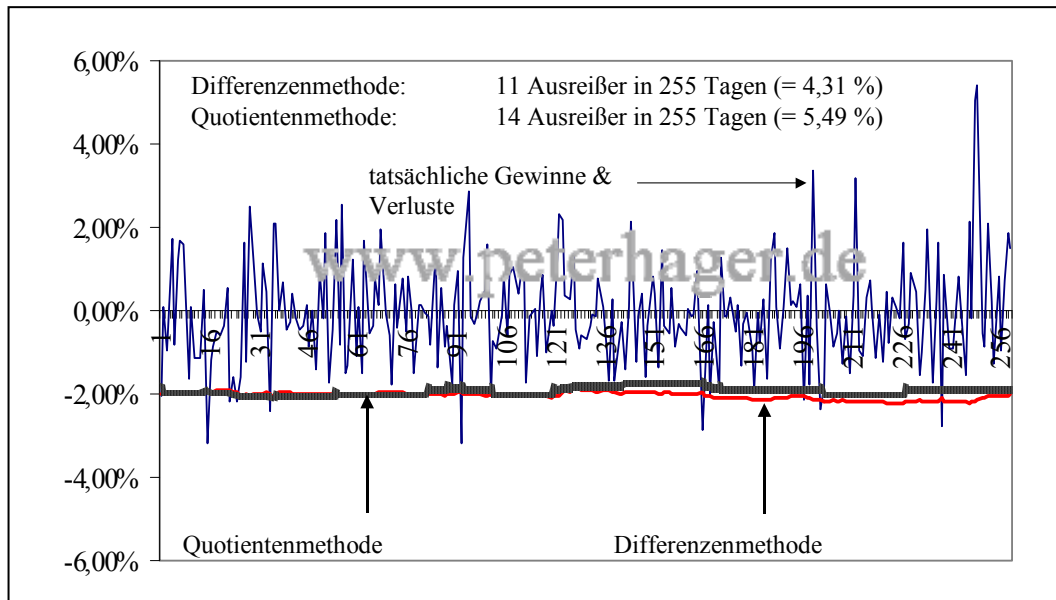


Abb. 50: Portfolioansatz der Historischen Simulation: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit

Abschließend wird in Abb. 50 das Backtesting der Historischen Simulation betrachtet. Der Portfolioansatz in Verbindung mit der Differenzenmethode führt mit 11 Ausreißern an 255 Handelstagen (= 4,31 %) zu konservativeren Risikoschätzungen als das Varianz-Kovarianz-Modell und die Monte Carlo Simulation. Werden statt der Differenzen die Quotienten im Portfolioansatz verwendet, kommt es im betrachteten Backtesting-Zeitraum zu 14 Ausreißern (= 5,49 %). Daher führt auch die Historische Simulation im Portfolioansatz zu akzeptablen Risikoprognosen. Die Verwendung des Faktoransatzes in Verbindung mit der Differenzenmethode und den aus dem Varianz-Kovarianz-Ansatz bekannten Korrelationen führt zu 13 Ausreißern (=5,10 %).

## 2 Backtesting der Prognosen mit Vertrauensintervallen

In dem gezeigten Cash Flow at Risk Modell wird als Prognosemodell der zukünftigen Entwicklung von Risikofaktoren ein Random Walk ohne Trendkomponente verwendet. Das ist das einfachste Modell, mit dem Szenarien für einen Cash Flow at Risk generiert werden können. In den nachfolgenden Abbildungen wird für eine Auswahl von Rohstoffpreisen, Wechselkursen und Zinsen gezeigt, in welchem Vertrauensintervall von dem Random Walk Marktpreise ex ante simuliert werden und wie ex post der tatsächliche Verlauf des jeweiligen Risikofaktors ausgesehen hat.

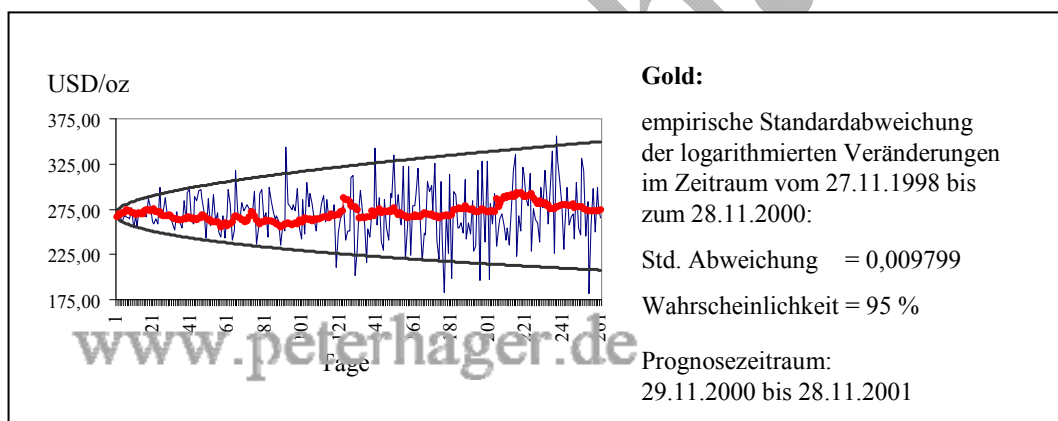


Abb. 51: Simulation der Preisentwicklung für Gold in USD/oz

In jeder Abbildung wird der tatsächliche Verlauf mit einer dicken Linie gekennzeichnet, das Vertrauensintervall ist durch zwei dünne Linien oben und unten in den Graphen angedeutet. Exemplarisch ist einer von 10.000 simulierten Preispfaden zu sehen. Dem Random Walk wird die Volatilität der logarithmierten Veränderungen für die letzten 500 Handelstage zu Grunde gelegt. Bei mittelfristigen Prognosen und wenig volatilen Marktpreisen könnten mit der 500-Tages Volatilität gute Ergebnisse erzielt werden. Andernfalls wäre wieder eine kurzfristigere Volatilität zu verwenden.



In Abb. 51 ist die Simulation für die Preisentwicklung des Rohstoffes Gold gezeigt. Die Goldpreisentwicklung war in dem betrachteten Prognoseintervall stabil und wird von dem Vertrauensintervall vollständig umschlossen. Eine Risikoprognose auf Basis des Random Walk hätte zu guten Ergebnissen geführt.



Abb. 52: Historische Preisentwicklung für Gold in USD/oz

Die innerhalb von 12 Monaten beobachtbaren Schwankungen lassen sich in der Risikoanalyse durch einen Random Walk durchaus abbilden. Ein extremer Preisanstieg von ca. 105 USD/oz auf 700 USD/oz erfolgte in den Jahren 1977 bis 1980 (vgl. Abb. 52). Beide Extremwerte können für Stressszenarien eingesetzt werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass solche Preise nicht über Nacht eintreten und somit nicht für ad hoc Szenarien geeignet sind.

Die Betrachtung einer möglichst langen Historie ist eine sinnvolle Ergänzung zur Plausibilitätsprüfung von Prognosen. Im folgenden wird auf die Darstellung der historischen Langzeitcharts verzichtet und die Betrachtung beschränkt sich auf einen Vergleich von Preisprognosen und realisiertem Preisverlauf innerhalb des

Prognoseintervalls. Bei den restlichen in den Fallstudien verwendeten Rohstoffen Aluminium, Kupfer und Silber liefert das Random Walk Modell ebenfalls akzeptable Risikoprosen (vgl. Abb. 53, Abb. 54, Abb. 55).

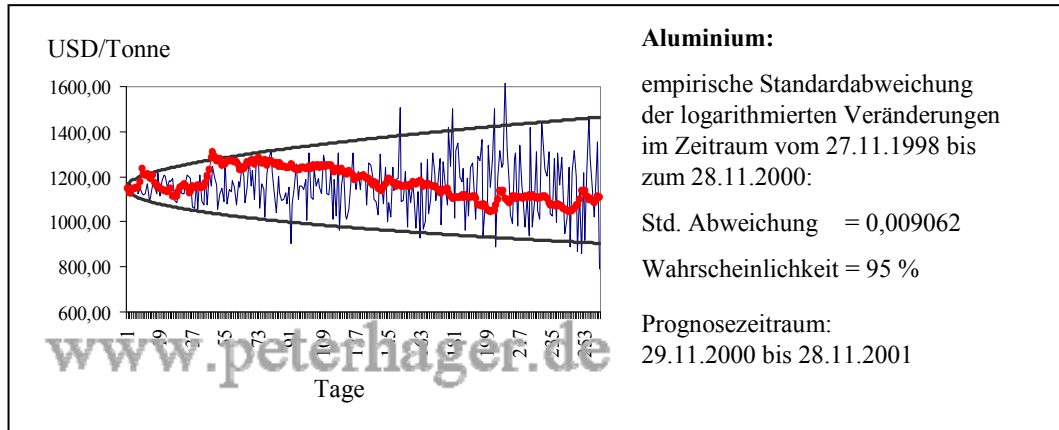


Abb. 53: Simulation der Preisentwicklung für Aluminium in USD/Tonne

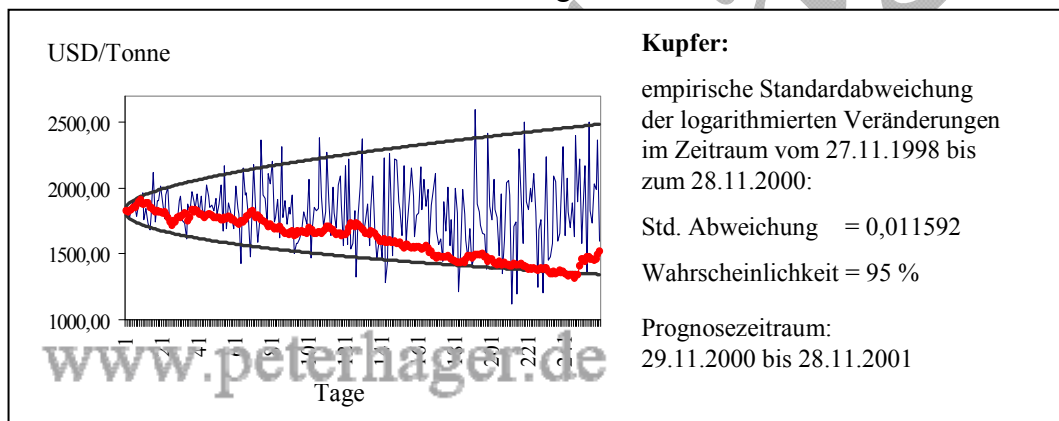


Abb. 54: Simulation der Preisentwicklung für Kupfer in USD/Tonne

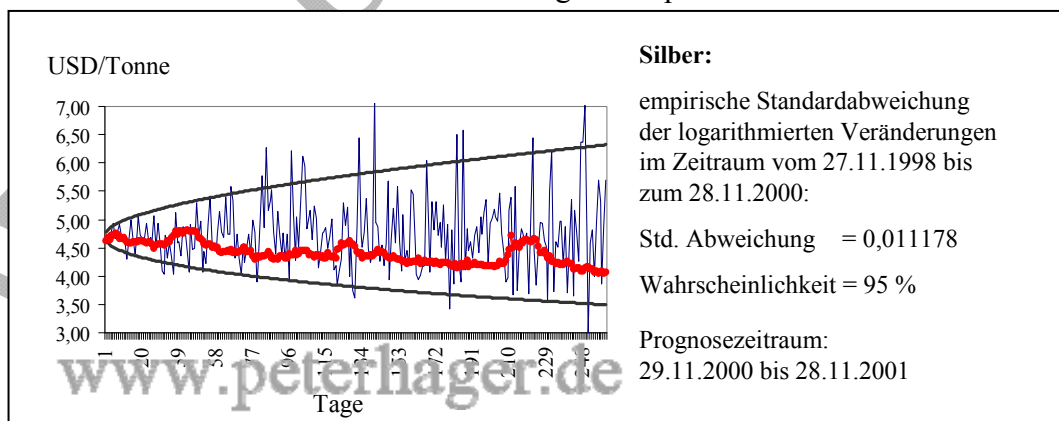


Abb. 55: Simulation der Preisentwicklung für Silber in USD/Tonne

Die Eigenschaften des Rohölpreises unterscheiden sich hingegen deutlich von den bisher gezeigten Rohstoffpreisen, daher erfolgt die Betrachtung des Rohölpreises sehr detailliert. Anhand des Rohölpreises lässt sich zeigen, wie wichtig es ist, dass Risikomodelle permanent überwacht und in Frage gestellt werden. Der Random Walk würde auf Grund der im Vergleich zu den anderen Risikofaktoren hohen Volatilität der logarithmierten Preisänderungen von Rohöl Preise in einem schnell auseinander laufenden Vertrauensintervall simulieren (vgl. Abb. 56). Die untere Vertrauensintervallgrenze sinkt bis auf einen Preis von ca. 15 USD/Barrel, der durchaus realistisch ist. Die obere Grenze steigt aber bis auf 70 USD/Barrel, was bei einer empirischen Beobachtung des Rohölpreises durchaus in Frage gestellt werden kann (vgl. Abb. 57).

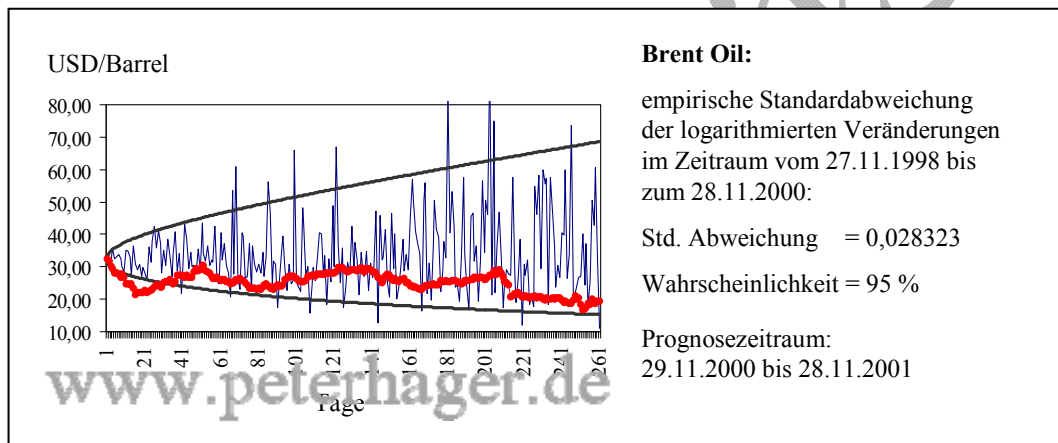


Abb. 56: Simulation der Preisentwicklung für Brent Oil in USD/Barrel

Ausgehend von dem Jahr 2001 konnte in den 25 Jahren zuvor niemals ein Rohölpreis von mehr als ca. 40 USD/Barrel beobachtet werden (vgl. Abb. 57). Vor diesem Hintergrund muss der Risikomanager die obere Grenze des Vertrauensintervalls für die Risikoprognoze in Frage stellen. Das Vertrauensintervall läuft schnell auseinander, weil in dem historischen Beobachtungszeitraum, der für die Parametrisierung verwendet wird, ein starker Trend vorhanden ist (vgl. Preisentwicklung von Anfang 1999 bis Ende 2000 in Abb. 57). Es macht wenig Sinn, außerhalb von Stressszenarien Preise zu simulieren, die in der Realität noch nie beobachtet werden konnten. Daher müsste das Modell zur Prognose des Rohölpreises

geändert werden. Zu prüfen wäre, ob z.B. die Berechnung mit einer langfristigen Trendmittelung oder einer 250-Tages Volatilität zu besseren Prognosen führen würde.

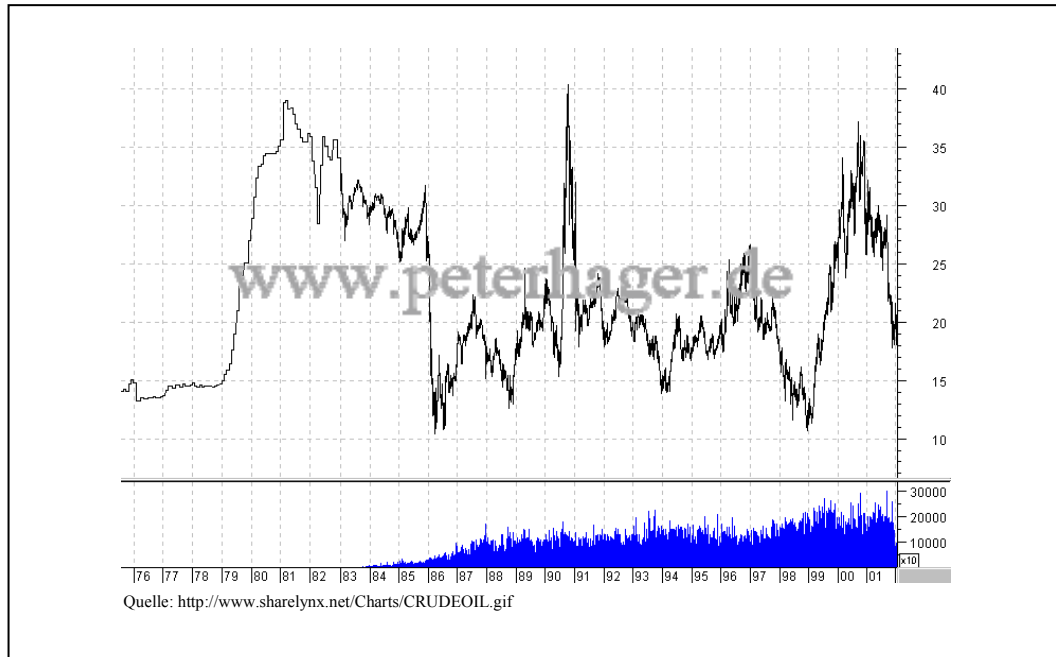


Abb. 57: Historische Preisentwicklung von Rohöl in USD/Barrel

Mit Ausnahme des Rohölpreises wäre das einfache Random Walk Modell auch für die Prognose der beispielhaft untersuchten Wechselkurse EUR/USD, USD/JPY, GBP/USD und CHF/USD geeignet (vgl. Abbildungen 58 – 61).

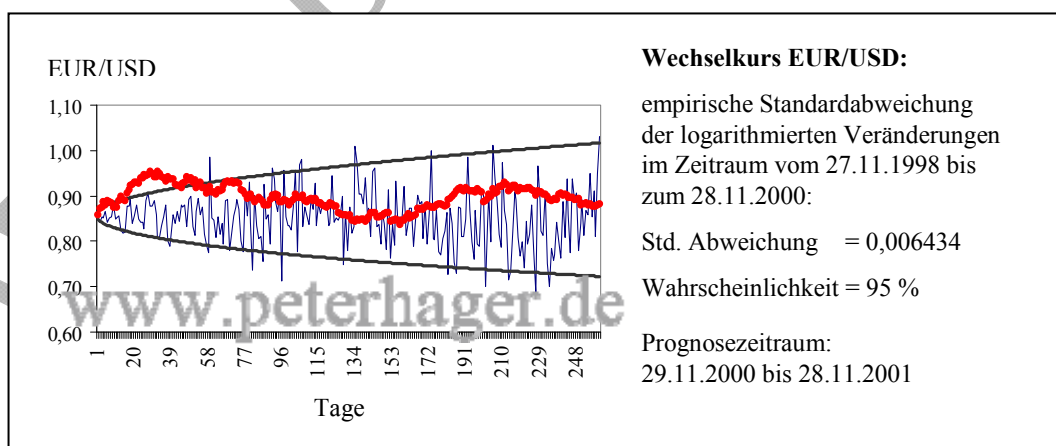


Abb. 58: Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs EUR/USD

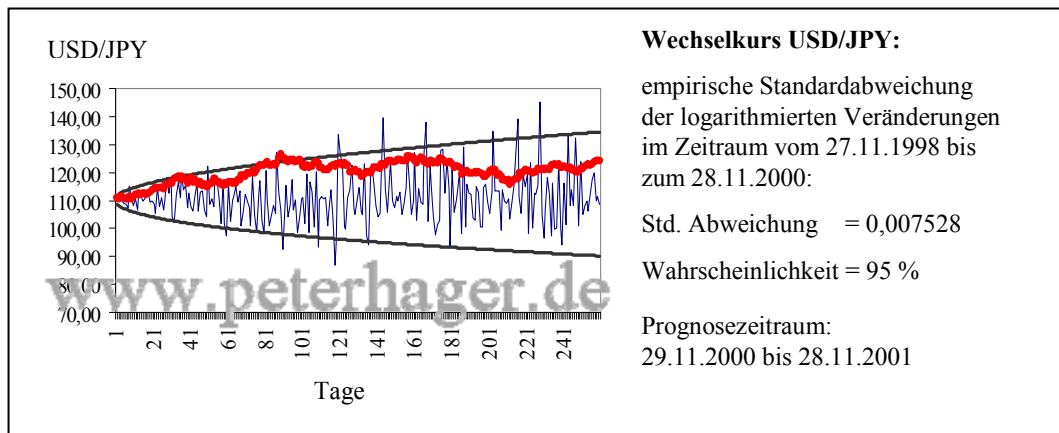


Abb. 59: Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs USD/JPY

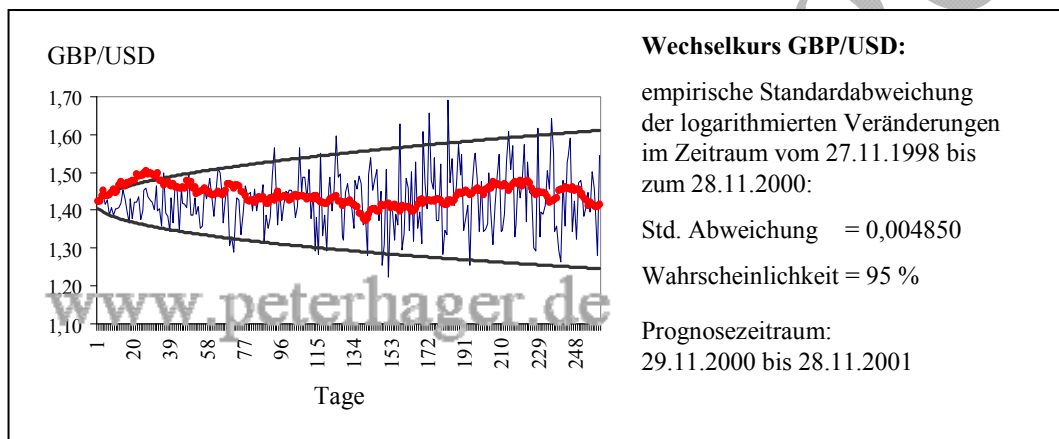
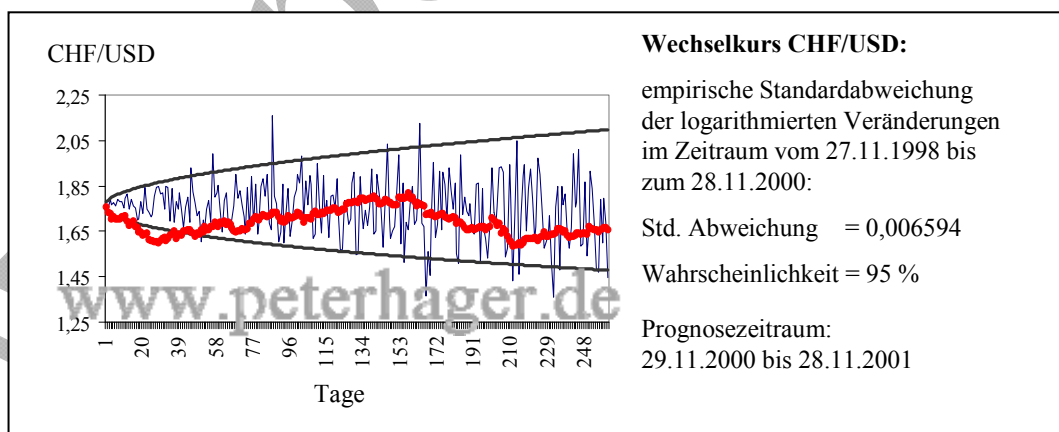


Abb. 60: Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs GBP/USD



In den beiden folgenden Abbildungen ist die Simulation von Zinssätzen gezeigt. Für einen langfristigen Zinssatz wird beispielhaft das Vertrauensintervall für den 10-Jahres Swapzinssatz geschätzt (vgl. Abb. 62). Im Vergleich dazu ist das Ver-

trauensintervall eines kurzfristigen, und damit volatileren, Zinses wie dem 1-Wochen EURIBOR breiter (vgl. Abb. 63).

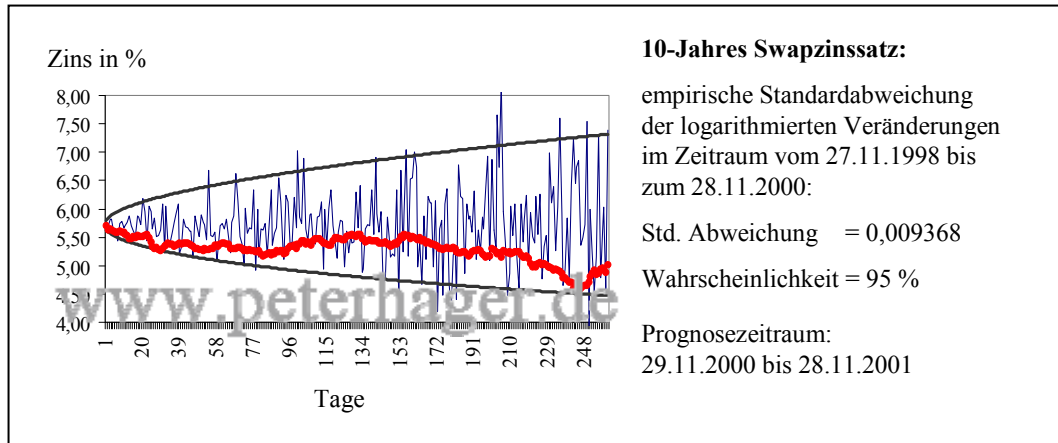


Abb. 62: Simulation der Zinsentwicklung für den 10-Jahres Swapzinssatz

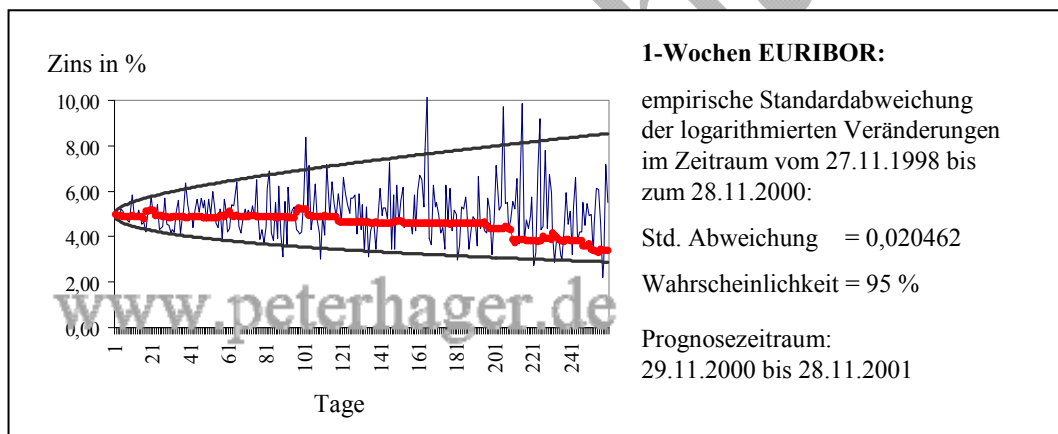


Abb. 63: Simulation der Zinsentwicklung für den 1-Wochen-EURIBOR

Nachdem bisher nur für isolierte Marktpreisrisiken das Vertrauensintervall mit den historisch realisierten Preisen verglichen wurde, soll nun die Betrachtung auf Kombinationen von Marktpreisrisiken ausgedehnt werden. Exemplarisch werden die zehn in Tab. 12 gezeigten Kombinationen aus Wechselkursen und Rohstoffen untersucht. Bezogen auf die Praxis, könnte es sich bei den gezeigten Fällen um europäische Importe von Rohstoffen handeln, die auf dem Weltmarkt in USD quotiert werden.

In Tab. 12 ist für jede Konstellation das Minimum, der Mittelwert und das Maximum der simulierten Einkaufskosten gezeigt. Von besonderem Interesse ist der Vergleich der historisch realisierten Preise mit dem geschätzten 95 % - Quantil. In allen Fällen hätte das 95 % - Quantil, das aussagt welcher Betrag mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % nicht überschritten wird, das Risiko aus steigenden Einkaufskosten nicht unterschätzt. Bei Kombinationen mit dem Rohstoff Öl der Marke Brent wäre es jedoch zu auffallend konservativen Risikoprognosen gekommen. Das ist auf die hohe Preisvolatilität von Öl zurückzuführen.

	Minimum	Mittelwert	Maximum	realer Verlauf	95%-Quantil
Simulation Gold in EUR	3.625	4.130	4.832	<b>3.949</b>	<b>4.389</b>
Simulation Gold in GBP	2.181	2.492	2.878	<b>2.442</b>	<b>2.639</b>
Simulation Kupfer in EUR	24.083	28.060	33.358	<b>23.514</b>	<b>30.082</b>
Simulation Kupfer in GBP	14.278	16.951	19.927	<b>14.547</b>	<b>18.125</b>
Simulation Öl Brent in EUR	363	518	793	<b>366</b>	<b>608</b>
Simulation Öl Brent in GBP	221	314	472	<b>226</b>	<b>367</b>
Simulation Silber in EUR	62	72	87	<b>64</b>	<b>77</b>
Simulation Silber in GBP	37	44	51	<b>40</b>	<b>46</b>
Simulation Aluminium in EUR	15.559	17.601	20.061	<b>16.958</b>	<b>18.634</b>
Simulation Aluminium in GBP	9.444	10.637	12.083	<b>10.489</b>	<b>11.232</b>

Tab. 12: Übersicht des CFaR-Backtestings für alternative Kombinationen von Marktpreisrisiken

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse aus der Tab. 12 für die einzelnen Fälle im Detail dargestellt. Es wird jeweils das 90 % - Vertrauensintervall mit den historisch realisierten Marktpreisen verglichen.

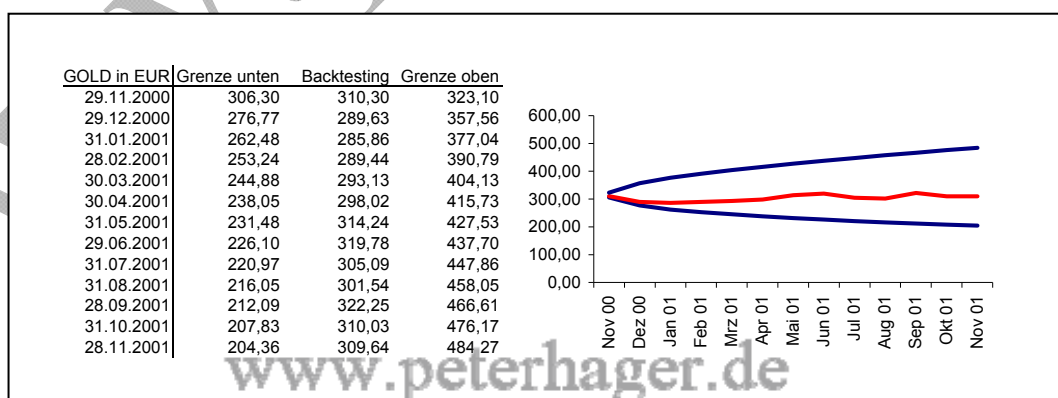


Abb. 64: Import von dem Rohstoff Gold (USD/t) in EUR

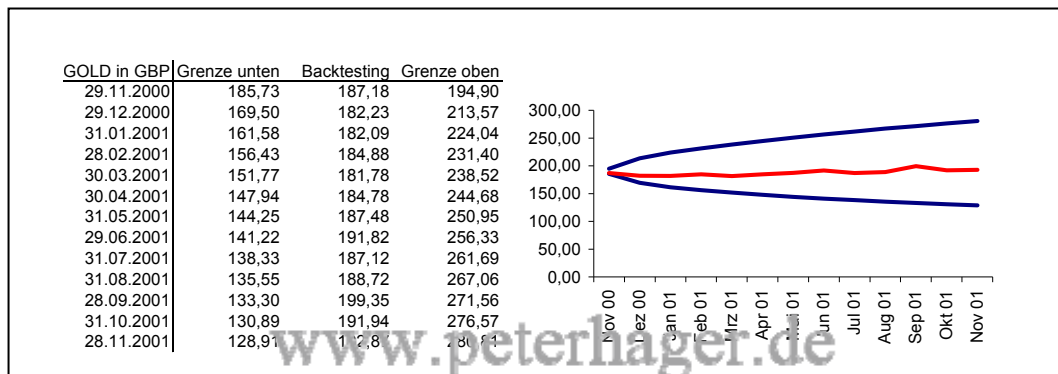


Abb. 65: Import von dem Rohstoff Gold (USD/t) in GBP

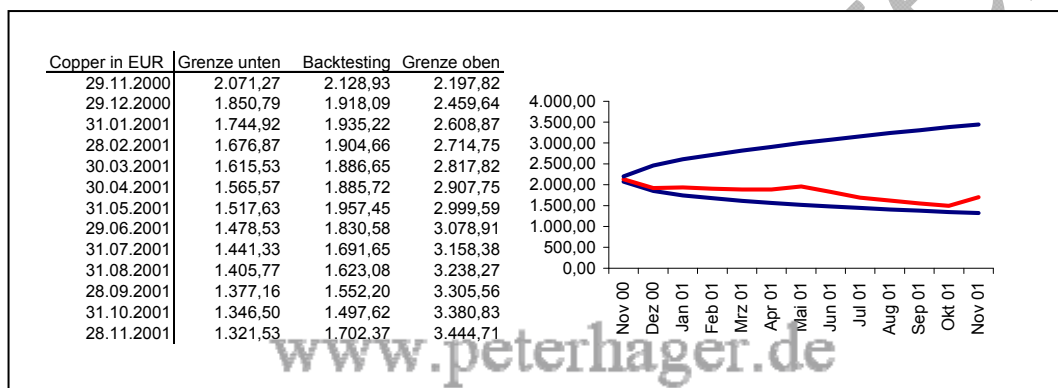


Abb. 66: Import von dem Rohstoff Kupfer (USD/t) in EUR

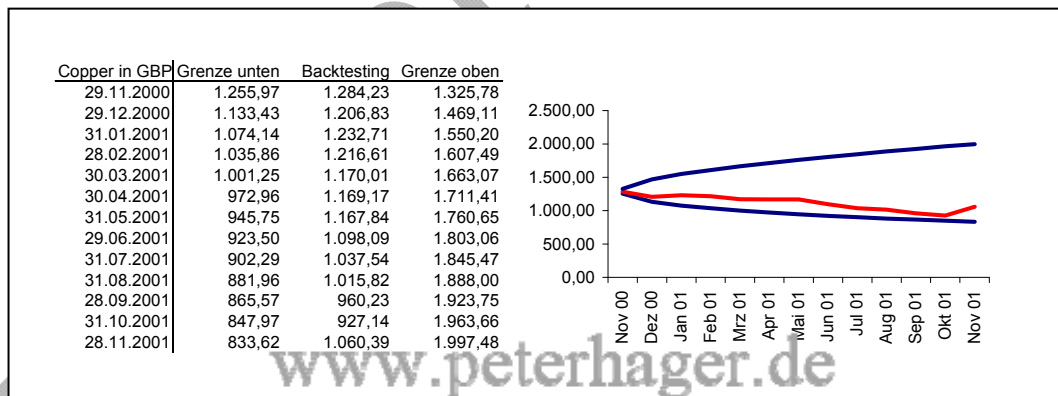


Abb. 67: Import von dem Rohstoff Kupfer (USD/t) in GBP



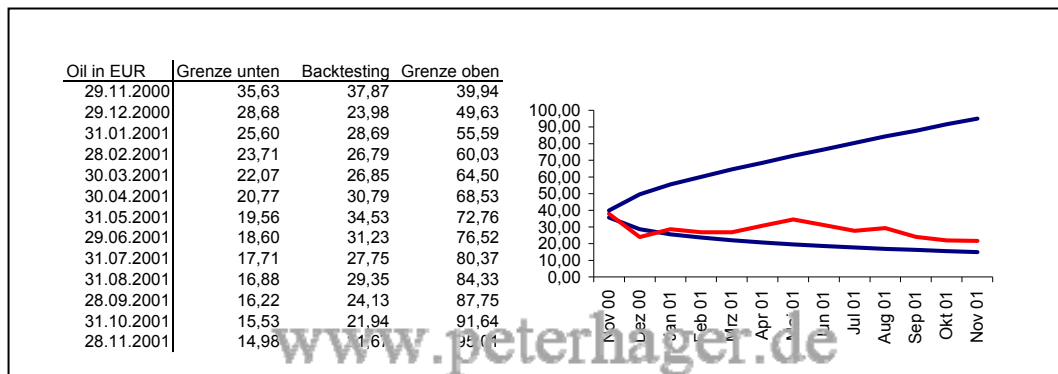


Abb. 68: Import von dem Rohstoff Öl der Marke Brent (USD/t) in EUR

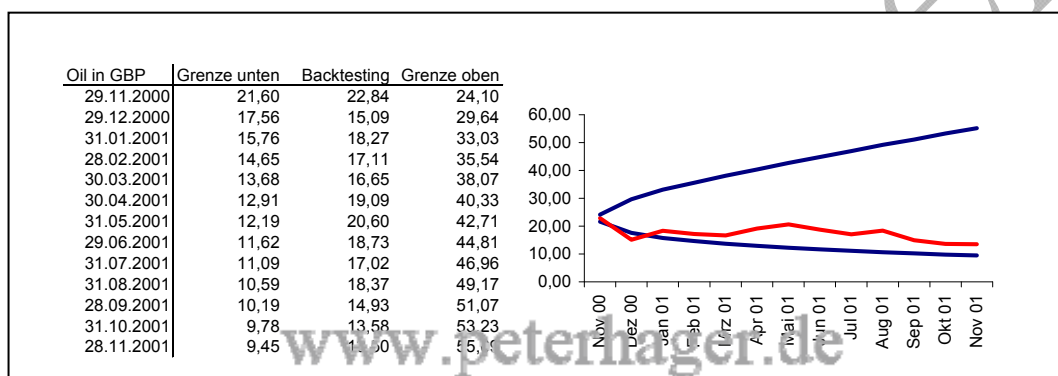


Abb. 69: Import von dem Rohstoff Öl der Marke Brent (USD/t) in GBP

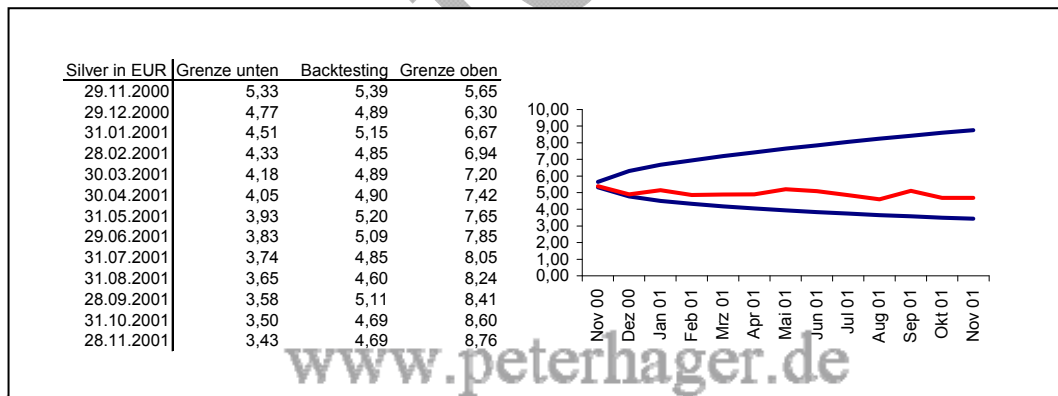


Abb. 70: Import von dem Rohstoff Silber (USD/t) in EUR

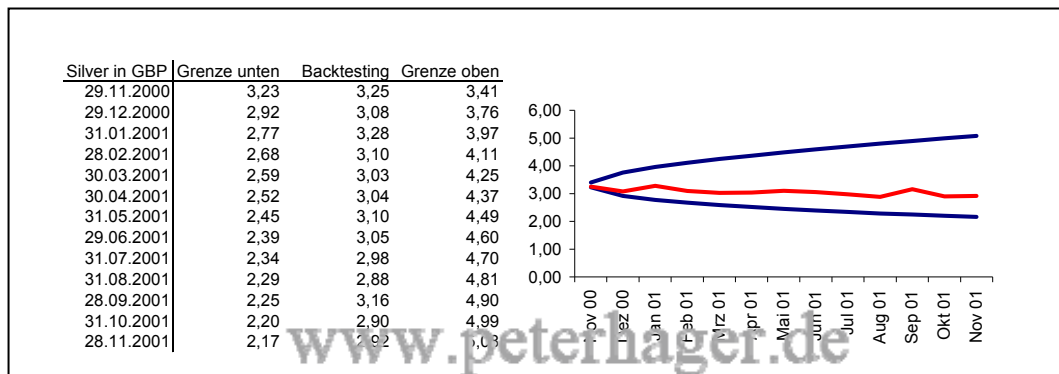


Abb. 71: Import von dem Rohstoff Silber (USD/t) in GBP

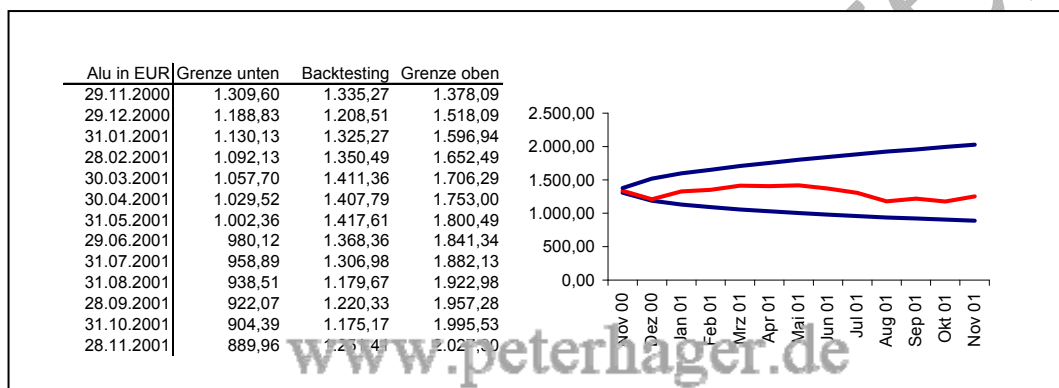


Abb. 72: Import von dem Rohstoff Aluminium (USD/t) in EUR

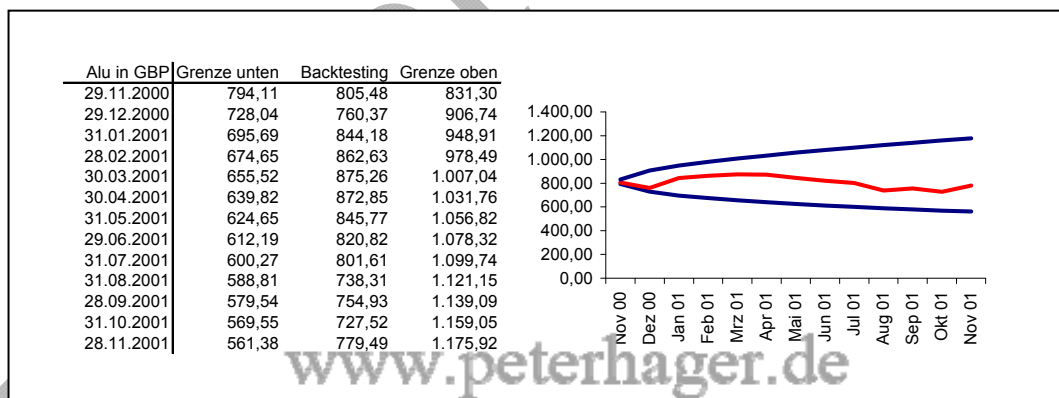


Abb. 73: Import von dem Rohstoff Aluminium (USD/t) in GBP

**Abkürzungsverzeichnis**

ART	alternativer Risikotransfer
BSE	Bovine Spongiforme Ecephalitis
CFaR	Cash Flow at Risk
EaR	Earnings at Risk
EBIT	earnings before interest and taxes
ECM	Error Correction Model
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average
FR	Forward Rate
GARCH	generalized autoregressive conditional heteroscedasticity
GLD	gleichgewichteter Durchschnitt
KWG	Kreditwesengesetz
MW	Marktwert
SEC	US Securities and Exchange Commission
t	tonne oder Zeiteinheit (abhängig vom Zusammenhang)
VaR	Value at Risk
VARM	Vektor Autoregressives Modell
VECM	Vector Error Correction Model

**Symbolverzeichnis**

$\lambda$	Lambda, Gewichtungsfaktor im EWMA - Modell
$\sigma$	Volatilität
$\Delta$	Delta, Optionskennzahl
$\Gamma$	Gamma, Optionskennzahl
$\approx$	proportional
A	Aktienkurs
B	Basispreis
C	Callpreis
F	Finanzinstrument
cov	Kovarianz
$E(X)$	Erwartungswert der Zufallsvariablen X
k	Korrelatonskoeffizient
K	(Wechsel-)kurs
n	Anzahl der Risikofaktoren in einem Portfolio
$N(0;1)$	standardnormalverteilt
$N(d_1), N(d_2)$	Quantile der Standardnormalverteilung, Black/Scholes Formel
P	Wahrscheinlichkeit
PO	Portfolio
R	Rohstoff
V	Varianz
z	Wert einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen Z, bei dem die Verteilungsfunktion den Wert $\alpha$ annimmt

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Aktivitäten im Währungsrisikomanagement	3
Abb. 2:	Die Risikopyramide in Unternehmen	13
Abb. 3:	Der Barwert eines festverzinslichen Wertpapiers	22
Abb. 4:	Erwartete Umsatzerlöse als Beispiel für eine Cash Flow Exposure	23
Abb. 5:	Berechnung des VaR für mehr als zwei Risikofaktoren	35
Abb. 6:	Veränderung des Deltas bei einer Call Option in Abhängigkeit des Kassakurses	37
Abb. 7:	Die ständige Veränderung des $\Delta$	39
Abb. 8:	Das Gamma	40
Abb. 9:	Delta-Gamma Approximation für eine Kaufoption	41
Abb. 10:	Verteilung für den Optionspreis einer Kaufoption	42
Abb. 11:	Geordnete Ergebnisse der Historischen Simulation	48
Abb. 12:	Ansätze der Historischen Simulation	51
Abb. 13:	Transformation von unkorrelierten in korrelierte Zufallszahlen	56
Abb. 14:	Monte Carlo Simulation (mit Korrelationen)	58
Abb. 15:	Portfolio mit erhöhtem Optionsanteil	60
Abb. 16:	Arbitragefreie Forward-Zinssätze	63
Abb. 17:	Zukünftige, deterministische Zinsstrukturkurven	64
Abb. 18:	Zukünftige, deterministische Wechselkurs	66
Abb. 19:	Wechselkursprognosen auf Basis von Terminkursen im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf (EUR/USD)	67
Abb. 20:	Wechselkursprognosen auf Basis von Terminkursen im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf (USD/JPY)	68
Abb. 21:	Futurepreise für Gold im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf	71
Abb. 22:	Futurepreise für Kupfer im Vergleich zu dem tatsächlichen Verlauf	72
Abb. 23:	Die Berücksichtigung historischer Trends	75
Abb. 24:	Fallstudie 1, Einnahmen aus der Lizenzvergabe im Ausland	76
Abb. 25:	Simulation für die zeitliche Entwicklung des Wechselkurses EUR/USD im Prognosezeitraum (ohne Trendkomponente)	78
Abb. 26:	Verteilung des Cash Flows in EUR für den Prognosezeitraum	79
Abb. 27:	Simulation für die zeitliche Entwicklung des Wechselkurses EUR/USD im Prognosezeitraum (mit historischen Trend)	79
Abb. 28:	Minimaler Summen Cash Flow	93
Abb. 29:	Addition der einzelnen Value at Risk Schätzungen für vier Quartale	93
Abb. 30:	Der Value at Risk ist für mittelfristige Prognosen zu konservativ	94
Abb. 32:	Vergleich von CFaR- und VaR-Pfad	96
Abb. 33:	Fallstudie 2, Export von Haushaltswaren	105
Abb. 34:	Fallstudie 2, Exposure Mapping	106
Abb. 35:	Schema der Cash Flow at Risk Berechnung	108
Abb. 36:	Fallstudie 2, Vergleich der Cash Flow Prognosen	110
Abb. 37:	Fallstudie 2, Cash Flow at Risk Verteilung	111

Abb. 38:	Implementierung des CFaR in die betriebliche Planung	112
Abb. 39:	Empirische Verteilungsfunktion der erwarteten Ausgaben und Einnahmen in der Fallstudie 2	112
Abb. 40:	Fallstudie 3, Schema der Cash Flow at Risk Berechnung	115
Abb. 41:	Fallstudie 3, Cash Flow at Risk Verteilung	116
Abb. 42:	Empirische Verteilungsfunktion der erwarteten Ausgaben und Einnahmen in der Fallstudie 3	117
Abb. 43:	Risiken der partiellen Steuerung von Exposures	120
Abb. 44:	Eigenschaften der im Portfolio enthaltenen Risikofaktoren, Kupferpreis im Zeitraum 16.12.1999 bis 28.11.2001	130
Abb. 45:	Eigenschaften der im Portfolio enthaltenen Risikofaktoren, Wechselkurs EUR/USD im Zeitraum 16.12.1999 bis 28.11.2001	132
Abb. 46:	„Stellschrauben“ von Value at Risk Modellen	132
Abb. 47:	Backtesting von alternativen Value at Risk Modellen	134
Abb. 48:	Varianz-Kovarianz-Modell: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit	136
Abb. 49:	Varianz-Kovarianz-Modell: Backtesting von GLD 31 versus EWMA $\lambda = 0,8$	137
Abb. 50:	Monte Carlo Simulation: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit	138
Abb. 51:	Portfolioansatz der Historischen Simulation: Backtesting der Value at Risk Schätzungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit	139
Abb. 52:	Simulation der Preisentwicklung für Gold in USD/oz	140
Abb. 53:	Historische Preisentwicklung für Gold in USD/oz	141
Abb. 54:	Simulation der Preisentwicklung für Aluminium in USD/Tonne	142
Abb. 55:	Simulation der Preisentwicklung für Kupfer in USD/Tonne	142
Abb. 56:	Simulation der Preisentwicklung für Silber in USD/Tonne	142
Abb. 57:	Simulation der Preisentwicklung für Brent Oil in USD/Barrel	143
Abb. 58:	Historische Preisentwicklung von Rohöl in USD/Barrel	144
Abb. 59:	Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs EUR/USD	144
Abb. 60:	Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs USD/JPY	145
Abb. 61:	Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs GBP/USD	145
Abb. 62:	Simulation der Preisentwicklung für den Wechselkurs CHF/USD	145
Abb. 63:	Simulation der Zinsentwicklung für den 10-Jahres Swapzinssatz	146
Abb. 64:	Simulation der Zinsentwicklung für den 1-Wochen-EURIBOR	146
Abb. 65:	Import von dem Rohstoff Gold (USD/t) in EUR	147
Abb. 66:	Import von dem Rohstoff Gold (USD/t) in GBP	148
Abb. 67:	Import von dem Rohstoff Kupfer (USD/t) in EUR	148
Abb. 68:	Import von dem Rohstoff Kupfer (USD/t) in GBP	148
Abb. 69:	Import von dem Rohstoff Öl der Marke Brent (USD/t) in EUR	149
Abb. 70:	Import von dem Rohstoff Öl der Marke Brent (USD/t) in GBP	149
Abb. 71:	Import von dem Rohstoff Silber (USD/t) in EUR	149
Abb. 72:	Import von dem Rohstoff Silber (USD/t) in GBP	150
Abb. 73:	Import von dem Rohstoff Aluminium (USD/t) in EUR	150
Abb. 74:	Import von dem Rohstoff Aluminium (USD/t) in GBP	150

**Tabellenverzeichnis**

Tab. 1:	Finanzielle Ziele von Unternehmen	2
Tab. 2:	Definition der Wechselkurs-Exposures	26
Tab. 3:	Definition der Zins-Exposures	28
Tab. 4:	Definition der Rohstoffpreis-Exposures	29
Tab. 5:	Datenaufbereitung für die Quotientenmethode	47
Tab. 6:	Daten für den Kupferpreis und Wechselkurs EUR/USD	49
Tab. 7:	Backtesting der Modelle für Langzeitprognosen	83
Tab. 8:	Pfade im Cash Flow at Risk Beispiel	95
Tab. 9:	Value at Risk versus Cash Flow at Risk	100
Tab. 10:	Fallstudie 2, Cash Flow Planung	107
Tab. 11:	Prüfungskennzahlen für das Backtesting von Modellen	130
Tab. 12:	Übersicht des CFaR-Backtestings für alternative Kombinationen von Marktpreisrisiken	147

## Literaturverzeichnis

- BARTRAM, S. M.** (1999): Die Praxis unternehmerischen Risikomanagements von Industrie- und Handelsunternehmen, in: *Finanz Betrieb*, 6/1999, S. 71-77.
- BARTRAM, S. M.** (2000a): Verfahren zur Schätzung finanzwirtschaftlicher Exposures von Nichtbanken, in: *Handbuch Risikomanagement, Risikomanagement in Banken, Asset-Management-Gesellschaften, Versicherungs- und Industrieunternehmen*, hrsg. v. JOHANNING, L./ RUDOLPH, B., Bad Soden 2000, S. 1267-1294.
- BARTRAM, S.M.** (2000b): Finanzwirtschaftliches Risiko, Exposure und Risikomanagement von Industrie- und Handelsunternehmen, in: *WiSt.*, 5/2000, S. 242 – 249.
- BECHHOFER, S.** (2001): Risiko- und Chancenmanagement in einem Technologieunternehmen, in: *Allianz Report 2/2001*, S. 44-49.
- BERNSTEIN, P. L.** (1996): *Against The Gods – The Remarkable Story of Risk*, USA, 1996.
- BODNAR, G./ SMITHSON, C.** (2001): Risk allocation, in: *RISK*, Februar 2001, S. 58-59.
- BREUER, W.** (2000): *Unternehmerisches Währungsmanagement*, 2. Aufl., Wiesbaden 2000.
- BURMESTER, C./ SIEGL, T.** (2001): Strategieorientierte Simulation in der Gesamtbanksteuerung für Markt- und Kreditrisiko, in: *Handbuch Gesamtbanksteuerung – Integration von Markt-, Kredit- und operationalen Risiken*, hrsg. v. Eller, R./ Gruber, W./ Reif, M., Stuttgart 2001, S. 104-120.
- BUTLER, C.** (1999): *Mastering Value at Risk – A step by step guide to understanding and applying VaR*, Wiltshire GB, 1999.
- CREMERS, H.** (1998): *Stochastik für Banker*, Frankfurt 1998.



- DEARDS, P./ GIL, A (2001):** The art of optimal hedging, in: RISK – currency risk special report, März 2001, S. 15 – 18.
- DEUTSCH, H.-P. (2001):** Derivate und interne Modelle: Modernes Risikomanagement, 2. Aufl., Stuttgart 2001.
- FENN, G. W./ POST, M./ SHARPE, S. A.(1997):** Does Corporate Risk Management Create Shareholder Value?, in: Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control, hrsg. v.: Deloitte & Touche LLP Risk Publications, London 1997, S. 13-32.
- FINGER, C. C. (1996):** Accounting for „pull to par“ and „roll down“ for RiskMetrics™ cashflows, in: J.P. Morgan/Reuters RiskMetrics™ Monitor, New York, Third quarter 1996, S. 4 – 11.
- FRANKE, J./ HÄRDLE, W./ HAFNER, C. (2001):** Einführung in die Statistik der Finanzmärkte, Berlin, 2001.
- FRÖMMELE, M./ MENKHOF, L./ TOLKSDORF, N. (1999):** Wechselkursvolatilität und institutsspezifische Value-at-Risk-Ansätze, in: Die Sparkasse, 11/1999, 116. Jahrgang, S. 506- 511.
- GENTLE, J. E. (1998):** Random Number Generation and Monte Carlo Methods, New York 1998.
- GLAUM, M. (2000):** Finanzwirtschaftliches Risikomanagement deutscher Industrie- und Handelsunternehmen, hrsg. v. PwC Deutsche Revision AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Frankfurt 2000.
- HARRIS, C. (1997):** Long-Term Metal Price Development, in: Managing Metals Price Risk, hrsg. v. UBS Risk Publications, London, 1997, S. 167 – 186.
- HARRIS-JONES, J. (1998):** Why treasury must tackle all risk, in: Corporate Finance, June 1998, S. 40-42.

- HIRSCHBECK, T. (2001): Steuerung variabler Positionen ohne festen Bewertungszins am Beispiel einer Primärbank, in: Handbuch Gesamtbanksteuerung – Integration von Markt-, Kredit- und operationalen Risiken, hrsg. v. Eller, R./ Gruber, W./ Reif, M., Stuttgart 2001, S. 264 - 290.
- HULL, J. C. (2001): Optionen, Futures und andere Derivate, 4. Aufl., München 2001.
- HUMPHREYS, H. B. / SHIMKO, D. C. (1997): Commodity Risk Management and the Corporate Treasury, in: Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control, hrsg. v.: Deloitte & Touche LLP Risk Publications, London 1997.
- HUSCHENS, S. (2000): Value-at-Risk-Berechnung durch historische Simulation, in: Dresdner Beiträge zu Quantitativen Verfahren Nr. 30/00, Technische Universität Dresden, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Dresden 2000.
- JOHNSON, E. I. (1997): Fundamental Analysis, in: FX: Managing Global Currency Risk, The Definitive Handbook for Corporations and Financial Institutions, hrsg. v. Klopfenstein, G., Chicago 1997, S. 69-84.
- JORION, P. (1997): Value at Risk – The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk, USA 1997.
- JORION, P. (2001): Value at Risk – The New Benchmark for Managing Financial Risk, 2<sup>nd</sup> ed., USA 2001.
- KIM, J./ MALZ, A. M./ MINA, J. (1999): LongRun Technical Document, RiskMetrics Group, New York 1999, veröffentlicht auf: [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com).
- KNÖCHLEIN, G./ LIERMANN, V. (2000): Value-at-Risk und Barwert-Approximation, in: Betriebswirtschaftliche Blätter, Nr. 8/2000, 49. Jahrgang, S. 386-390.
- KRUSCHWITZ, L. (1995): Finanzierung und Investition, Berlin 1995.

**LEE, A. Y.** (1999): CorporateMetrics™ Technical Document, RiskMetrics Group, New York 1999, veröffentlicht auf: [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com).

**MALZ, A. M.** (2001): Financial crises, implied volatility an stress testing, Working Paper Number 01-01, RiskMetrics Group, October 2001, [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com).

**MARKOWITZ, H.** (1952): Portfolio Selection, in: Journal of Finance, Vol. 7, No. 1, S. 77-91.

**MATTEN, C.** (1996): Managing Bank Capital: Capital Allocation and Performance Measurement, Chichester 1996.

**McGUIRE, W. J.** (1997): The Evolution of Interest-Rate-Risk Models, in: Interest Rate Risk Models, Theory and Practice, hrsg. v. Cornyn, A.G. / Mays E., Chicago 1997, S. 15-28.

**MEVAY, J./ TURNER, C.** (1995): Could companies use value-at-risk?, in: Euro-money, October 1995, S. 84-86.

**MOHR, R.** (2001): Gesamtbanksteuerung in Hypothekenbanken, in: Handbuch Gesamtbanksteuerung – Integration von Markt-, Kredit- und operationalen Risiken, hrsg. v. Eller, R./ Gruber, W./ Reif, M., Stuttgart 2001, S. 171-222.

**OEHLER A./ UNSER M.** (2001): Finanzwirtschaftliches Risikomanagement, Berlin 2001.

**PAUL, S.** (2001): Risikoadjustierte Gesamtbanksteuerung, hrsg. v. H. SCHIERENBECK, Bern 2001.

**PERRIDON, L./ STEINER, M.** (1997): Finanzwirtschaft der Unternehmung, 9. Auflage, München 1997.

**PFENNIG, M.** (2000): Shareholder Value durch unternehmensweites Risikomanagement, in: Handbuch Risikomanagement, Risikomanagement in Banken, Asset-Management-Gesellschaften, Versicherungs- und Industrieunter-

nehmen, hrsg. v. JOHANNING, L./ RUDOLPH, B., Bad Soden 2000, S. 1295-1332.

**RAU-BREDOW, H.** (2001): Überwachung von Marktpreisrisiken durch Value at Risk, in: WiSt., 6/2001, S. 315 – 319.

**ROBERTSON, J. C./ TALLMAN, E. W.** (1999) : Vector Autoregressions: Forecasting and Reality, Economic Review, 1999, Vol. 84, S. 4-19.

**ROLFES, B.** (1999): Gesamtbanksteuerung, Stuttgart 1999.

**ROMEIKE, F.** (2001): IT Risiken und Grenzen traditioneller Risikofinanzierungsprodukte, in: Zeitschrift für das Versicherungswesen, Jahrgang 51, Heft 17, 2001, S. 603 – 610.

**SANYAL, A.** (1997), The Integration of Time-Series Analysis and Term-Structure Modelling, in: Interest Rate Risk Models, Theory and Practice, hrsg. v. Cornyn, A.G. / Mays E., Chicago 1997, S. 51 – 74.

**SCHIERENBECK, H.** (2000), Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre, 15., überarb. u. erw. Aufl., München 2000.

**SCHIERENBECK, H. / LISTER, M.** (2001), Value Controlling – Grundlagen Wertorientierter Unternehmensführung, München 2001.

**SCHIERENBECK, H./ WIEDEMANN, A.** (1996), Marktwertrechnungen im Finanzcontrolling, Stuttgart 1996.

**SCHÜLTER-MATTLER, H./ TYSIAK, W.** (1999): TriRisk: Was Pythagoras und Markowitz gemeinsam haben, in: Die Bank 2/99, S. 84 – 88.

**SHIMKO, D. C.** (1997): Strategic Risk Management – Applying VAR to Corporate Investment Decisions, in: Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control, hrsg. v.: Deloitte & Touche LLP Risk Publications, London 1997.

**STEINER, M./ BRUNS, C.** (1996): Wertpapiermanagement, 5. Aufl., Stuttgart 1996.

- STEPHENS, J. J. (2001): Managing Commodity Risk using commodity futures and options, England 2001.
- STOCKS, M. E. (1997): Value at Risk – A Risk Measurement Tool for Corporate Treasurers, in: Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control, hrsg. v.: Deloitte & Touche LLP Risk Publications, London 1997.
- STULZ, R. M./ WILLIAMSON, R.G. (1997): Identifying and Quantifying Exposures, in: Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control, hrsg. v.: Deloitte & Touche LLP Risk Publications, London 1997, S. 33 – 51.
- WEGNER, O./ SIEVI, C./ SCHUMACHER, M. (2001): Szenarien der wertorientierten Steuerung des Zinsänderungsrisikos, in: Betriebswirtschaftliche Blätter, 03/2001, S. 138 – 145.
- WIEDEMANN, A. (2003): Financial Engineering – Bewertung von Finanzinstrumenten, Frankfurt am Main 2003.
- WIEDEMANN, A. (2000): Studie „Finanzielles Risikomanagement in Unternehmen“ mit Management Summary, Siegen 2000.
- WIEDEMANN, A. (1998): Die Passivseite als Erfolgsquelle: Zinsmanagement in Unternehmen – Erfolgsmessung und Risikosteuerung, Wiesbaden, 1998.
- WITTRUCK, C./ JANSEN, S. (1996): Gesamtbanksteuerung auf Basis von Value at Risk – Ansätzen, in: Österreichisches Bank Archiv, Heft 12/96, S. 909 – 918.
- ZANGARI, P. (1996a): Market risk methodology, in: RiskMetric™, Technical Document, 4<sup>th</sup> Edition, J.P. Morgan/Reuters, New York 1996, S. 107-148.
- ZANGARI, P. (1996b): Estimation and forecast, in: RiskMetric™, Technical Document, 4<sup>th</sup> Edition, J.P. Morgan/Reuters, New York 1996, S. 75-106.