Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation

Dr. Werner Gleißner, Günter Meier, Nürnberg

Im Rahmen des Risikomanagements eines Unternehmens werden zunächst einzelne Risiken identifiziert und inventarisiert. Erforderlich ist anschließend immer eine Aggregation – also Zusammenfassung – aller Risiken. In der Stellungnahme des Instituts der deutschen Wirtschaft (IdW) zum KonTraG vom Oktober 1998 wird dazu folgendes ausgeführt: *„Die Risikoanalyse beinhaltet eine Beurteilung der Tragweite der erkannten Risiken in bezug auf Eintrittswahrscheinlichkeit und quantitative Auswirkungen. Hierzu gehört auch die Einschätzung, ob Einzelrisiken, die isoliert betrachtet von nachrangiger Bedeutung sind, sich in ihrem Zusammenwirken oder durch Kumulation im Zeitablauf zu einem bestandsgefährdenden Risiko aggregieren können."*

Die ökonomische Bedeutung der Risikoaggregation ist offensichtlich, weil sich alle Risiken letztendlich gemeinsam auf das Eigenkapital des Unternehmens auswirken. Risikoaggregation ist also nicht nur eine KonTraG-Anforderung, sondern vor allem eine Realität, auf die jedes sinnvolle Verfahren der Risikoanalyse und Risikobewertung Rücksicht nehmen sollte. Von besonderer praktischer Bedeutung ist dabei die Kenntnis, welche Einzelrisiken (z. B. externen Störungen) maßgeblich die Gesamtrisikoposition beeinflussen. Mit dem Aufzeigen der relativen Bedeutung einzelner Risiken (Sensitivitätsbetrachtung) wird die Basis für gezielte, klar priorisierte und aktive Risikomanagementmaßnahmen gelegt.

Da jedoch die so wichtige Aggregation von Einzelrisiken methodisch relativ schwierig ist, wird sie in der Praxis des Risikomanagements oft vernachlässigt oder zumindest mit ungeeigneten Methoden „gelöst". Nachfolgend ist daher ein wirksames Verfahren zur Aggregation von Risiken dargestellt: die Monte-Carlo-Simulation.

Value-at-Risk als Risikomaß

Um einzelne Risiken vergleichen zu können, sollte – soweit möglich – für alle Risiken ein objektives, einheitlich eingesetztes Bewertungs- oder Meßverfahren angewendet werden. Häufig wird als ein solches Risikomaß nur der „Risikoerwartungswert" angegeben, also das Produkt von „Abweichungsumfang" (= „Schaden") und der zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeit. Im allgemeinen verursachen Risiken aber im Fall des Eintretens nicht immer genau den gleichen Schaden, was die Ermittlung einer statistischen Verteilung der Schadenshöhen erforderlich macht. Beispielsweise kann sich – mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten – ein Absatzmarktrisiko durch einem Schaden in Form eines 1%igen, 2%igen oder auch 5%igen Marktpreisrückgangs manifestieren.

Alternativ oder zumindest ergänzend kann man Risiken auch als sogenannten Value-at-Risk – eine Art „wahrscheinlicher Höchstschaden" – messen. Der Value-at-Risk (VaR), der sich unmittelbar aus einer Schadensverteilung ableiten läßt, ist dabei definiert als Schadenshöhe, die in einem bestimmten Zeitraum („Halteperiode", z. B. ein Jahr) mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit („Konfidenzniveau", z. B. 95%) nicht überschritten wird. Formal gesehen ist ein VaR ein Quantil einer Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Während der Schadenserwartungswert nur Informationen über die „durchschnittliche Ertragsbelastung" eines Risikos liefert, berücksichtigt der VaR explizit die – für KonTraG relevanten – Konsequenzen einer besonders ungünstigen Entwicklung für das Unternehmen. Dieses kardinale, eindeutige Risikomaß, das schon seit Jahren bei Kreditinstituten angewendet wird, ist daher vorzuziehen.

Ein geeignetes Risikomaß alleine garantiert natürlich noch keine möglichst exakte Beurteilung der Risikosituation eines Unternehmens. Die Qualität jeder Folgerung – natürlich auch die Aussagen zum Umfang der Unternehmensrisiken – hängt offensichtlich von der Qualität der Ausgangsdaten (Annahmen) ab. Grundsätzlich sind Ausgangsdaten wünschenswert, die

- objektiv nachvollziehbar bzw. begründbar sind
- durch empirische Daten gestützt werden sowie
- möglichst geringe Unsicherheit („Varianz") aufweisen und erwartungstreu sind.

Wegen des Fehlens objektiver Daten muß leider in der Praxis häufig auf subjektive Einschätzungen fachkompetenter Experten zurückgegriffen werden. Diese Schätzungen erreichen jedoch eine zumindest akzeptable Datenqualität, wenn

- alle subjektiven Daten von den Experten diskutiert und detailliert begründet und
- die Schätzungen möglichst nachträglich nochmals auf Plausibilität geprüft werden.

Die Verwendung subjektiver Daten im Rahmen des Risikomanagements ist grundsätzlich gerechtfertigt, wenn keine besseren Daten verfügbar sind, weil eine völlige Vernachlässigung nicht objektiv bewertbarer Risiken meist zu einer größeren Fehleinschätzung der momentanen Risikosituation führt. Ergänzend zur Value-at-Risk-Analyse bietet es sich an, mittels Sensitivitätsanalysen und Worst-Case-Szenarien (Streßanalysen) die Konsequenzen extremer Störungen und Marktschwankungen abzuschätzen.

Vernetzte Risikobetrachtung mittels Monte-Carlo-Simulation

Das Risikoinventar ist eine bereinigte, komprimierte Zusammenfassung aller im Verlauf der Risikoanalyse identifizierten Einzelrisiken eines Unternehmens, bei der insbesondere Doppelzählungen und Überschneidungen eliminiert wurden. Die nun anstehende Risikoaggregation ist methodisch schwierig:

(A) Beispielsweise zeigt sich, daß man – möglicherweise entgegen der intuitiven Vorstellung – nicht die möglichen Schäden zweier Risiken A und B, die jeweils eine 5%ige Eintrittswahrscheinlichkeit haben, bei der Aggregation addieren kann. Die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Eintretens beider Risiken ist mit 0,25% nämlich in der Regel vernachlässigbar. Für die Risikobeurteilung interessanter ist damit das Szenario, daß A oder B eintritt.

(B) Selbst wenn man von diesem Problem der Eintrittswahrscheinlichkeiten absieht, ergeben sich bei einer gelegentlich zu sehenden Addition von (ordinalen) Schadensstufen erhebliche Probleme, wie folgendes Beispiel belegt (Tabelle 1 und 2). Aggregiert man das zweite und das dritte Risiko durch Addition der Schadensstufen, also 3 und 2, ergibt sich für beide Risiken gemeinsam die Stufe

Tabelle 1 Skala der Risikobewertung der Mustermann AG:

Schadensstufe/ Tragweite		Höhe
1	„gering"	0-10 Mill DM
2	„mittel"	10-40 Mill DM
3	„hoch"	40-150 Mill DM
4	„existenzgefährdend"	150-400 Mill DM
5	„tödlich"	≥ 400 Mill DM

Tabelle 2 Identifizierte Risiken bei der Mustermann AG:

Risiko	Wahrscheinlichkeit	Schadenshöhe (Ertrag)	Schadensstufe
1. Großkundenverlust	5 %	250 Mill DM	4
2. Haftpflichtschaden bei Kunden	10 %	50 Mill DM	3
3. Zusatzkosten durch Maschinenausfall	25 %	12 Mill DM	2

„5“, was eine „tödliche“ Bedrohung implizieren würde. Dieses Ergebnis ist offensichtlich falsch; die Risiken zwei und drei würden bei gleichzeitigem Eintreten (2,5% Wahrscheinlichkeit) einen Schaden von 62 Mill DM verursachen, was immer noch nur der Schadensstufe 3 („hoch“) zuzuordnen wäre. Für eine sinnvolle Risikoaggregation benötigt man immer die kardinale Information über die Schadenshöhe; die Angabe von Schadensklassen hat bestenfalls klassifizierende Bedeutung. Bei der Aggregation von Risiken ist also die Addition von Schadenshöhen – oder gar von Schadensklassen – eine ungeeignete Methode.

(C) Ein grundsätzliches Problem bei der Risikoaggregation ergibt sich dadurch, daß man immer die Zusammenhänge (Abhängigkeiten) zwischen verschiedenen Risiken berücksichtigen muß. Die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Risiken erfolgt mit Hilfe einer Korrelationsmatrix. Eine Plausibilitätsprüfung einer erarbeiteten Korrelationsmatrix ist möglich, weil man grundsätzlich davon ausgehen kann, daß Risiken positiv korreliert sein müßten, wenn sie gemeinsame determinierende Ursachen aufweisen.

Während vollständig korrelierte Risiken (Korrelation = 1) bei der Aggregation zu addieren sind, berechnet sich die Summe völlig unkorrelierter Risiken gemäß dem „Wurzel-Ansatz“: Gesamtrisiko = $\sqrt{}$ (Summe der Einzelrisiken^2).

Eine Aggregation für andere Korrelationstypen ist im allgemeinen sehr schwierig und nur mittels Simulationsverfahren möglich. Bei dieser im allgemeinen relativ komplizierten Aggregation der Einzelrisiken ergibt sich allerdings eine wesentliche Vereinfachung dadurch, daß eine Vielzahl unkorrelierter Einzelrisiken sich aufgrund des Diversifikationseffektes weitestgehend aufheben, sofern die Risiken eine ähnliche (kleine) Größenordnung haben. Solche „kleinen Risiken“ müssen also nicht einzeln berücksichtigt werden.

Grundsätzlich lassen sich somit die Risiken (unter Simulationsgesichtspunkten) in zwei Gruppen untergliedern:

1. Einerseits beschreibt man Risiken durch Schwankungen von (Markt-)Parametern (z. B. Absatzmenge) in denen sich eine Vielzahl von Einzelstörungen widerspiegeln, die nicht getrennt werden können („verteilungsorientierte Risiken“). Gemäß dem „Zentralen Grenzwertsatz“ konvergiert die Summe solcher Einzelstörungen gegen eine Normalverteilung.
2. Andererseits können Zielabweichungen auch durch (größere) besondere einzelne Ereignisse hervorgerufen werden („ereignisorientierte Risiken“), die sich meist nicht mit einer Normalverteilung beschreiben lassen.

Ein Unternehmen ist einer Vielzahl von Risiken ausgesetzt, die sich durch völlig unterschiedliche Schadensverteilungen – z. B. Normalverteilung oder Binomialverteilung – und Wirkungen – z. B. auf Umsatz oder auf Personalkosten – beschreiben lassen. Eine Aggregation der Risiken läßt sich bei dieser Komplexität nicht oder nur sehr schwer mathematisch-analytisch exakt lösen. In der Realität findet man häufiger solche komplizierten Probleme. Eine Alternative zur analytischen Lösung ist in solchen Fällen die Simulationstechnik. Man vereinfacht dabei die komplexe Realität durch eine möglichst realitätsnahe Modellbildung. Aus dem Verhalten des Simulationsmodells kann man Rückschlüsse auf das tatsächliche Verhalten ziehen. Dazu verändert man Ausgangsparameter und untersucht das Verhalten von Zielvariablen.

Bei einer Monte-Carlo-Simulation werden durch Zufallszahlen stochastische Stichproben erzeugt, wodurch die unbekannten Parameter, mit denen die Risiken beschrieben werden, durch Zufallsgrößen bestimmt sind. Beispielsweise wird also für den Verkaufspreis eine Zufallszahl gesetzt, die einer – eventuell aus Daten der Vergangenheit abgeleiteten – Verteilung folgt.

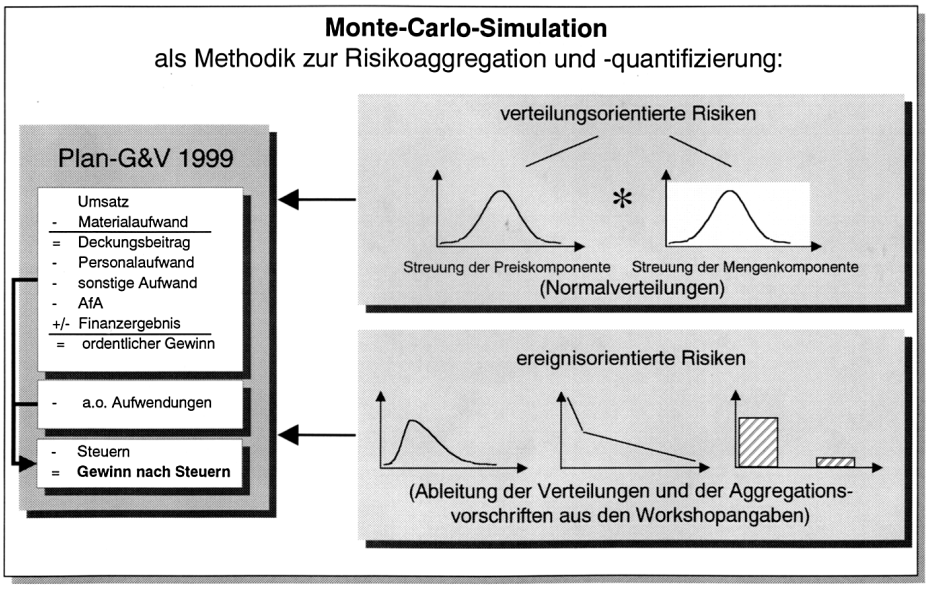
Zunächst kann man vereinfachend nur die Auswirkungen der einzelnen Risiken auf die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) eines Jahres betrachten. Risiken sind dann Zielverfehlungen durch unerwartete Schwankungen um die jeweiligen Planwerte (Erwartungswerte) der GuV. Für die Monte-Carlo-Simulation wird zunächst ein Excel-Modell der GuV des Unternehmens aufgebaut. Die Wirkungen der Einzelrisiken sind dabei möglichst den entsprechenden Posten der GuV zugeordnet. Kann eine derartige Zuordnung nicht eindeutig vorgenommen werden, bietet es sich an, ein Risiko dem „außerordentlichen Ergebnis“ zuzuweisen.

Bei der Risikoaggregation wird beispielsweise in unabhängigen Simulationsläufen eines Excel-Modells insgesamt 5000 mal das Jahr 1999 „durchgespielt“ und jeweils eine Ausprägung der GuV berechnet. Dazu werden Zufallszahlen erzeugt, die den Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu den einzelnen Risiken gehorchen. Mit diesen Zufallszahlen wird ermittelt,

- welche konkrete Ausprägung bei den verteilungsorientierten Risiken die entsprechenden Markt-Parameter (also z. B. die Absatzpreise) haben und
- ob ein bestimmtes ereignisorientiertes Risiko innerhalb eines der simulierten Jahre wirksam wurde und welche Schadenshöhe gegebenenfalls eingetreten ist.

Die so berechneten Realisationen der ereignisorientierten Risiken und die Ausprägungen der Parameter verteilungsorientierter Risiken werden entsprechend den Zusammenhängen in einer Gewinn- und Verlustrechnung ausgewertet, was letztendlich in jedem Simulationslauf zu einem Wert für Betriebsergebnis, Gewinn vor Steuer und Cash-Flow führt. Durch das Simulationsverfahren wird somit die nicht oder nur sehr schwer lösbare Aufgabe der analytischen Aggregation einer Vielzahl unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch eine mehrfache, beispielsweise 5000fache, aber numerisch einfache Aggregation von konkreten Ausprägungen der Wahrscheinlichkeitsverteilungen ersetzt.

Aus den so ermittelten Realisationen für Betriebsergebnis, Gewinn vor Steuer und Cash-Flow ergeben sich aggregierte Verteilungen dieser Zielvariablen. Berechnet wird dann für diese Zielgrößen – außer dem Erwartungswert und dem Median – insbesondere als Risikomaß der Value-at-Risk, d. h. es wird angegeben, welche Werte dieser Kennzahlen mit beispielsweise 95%iger Wahrscheinlichkeit nicht unterschritten werden. So wird eine „Bandbreite“ der wahrscheinlichen Unternehmensentwicklung ermittelt. Mit Hilfe einer



Grafik 1

solchen Simulation werden zudem die wesentlichen Einflußfaktoren auf diese Gesamtrisikoposition ausgewiesen.
Die damit ermittelte Gesamtrisikoposition eines Unternehmens sollte unterhalb eines definierten, in Abhängigkeit des Eigenkapitals festzulegenden Levels – dem Risikolimit – liegen (vgl. Grafik 1 und 2). Wesentlich ist aber, daß eine abschließende Beurteilung der Relevanz eines Risikos durch die Risikosimulation auf alleiniger Basis einer einjährigen Gewinn- und Verlustrechnung nicht möglich ist, weil hierbei systematisch Risiken unterschätzt bzw. vollständig vernachlässigt werden, die

- erst nach dem Simulationsjahr zu Schäden führen können oder
- eine über das Simulationsjahr hinausgehende anhaltende Wirkung aufweisen (z. B. anhaltender Ertragsrückgang durch eine bleibende Senkung der Marktpreise).

Beide Probleme lassen sich prinzipiell durch ein Simulationsmodell mit einem Value-at-Risik bezogen auf den Unternehmenswert lösen, was jedoch ein Unternehmensbewertungsmodell (meist ein Discounted-Cash-Flow-Modell) erfordert. Entscheidend ist, daß neben den Risiken, die die Ertragssituation des aktuellen Geschäftsjahres maßgeblich beeinflussen, auch solche Risiken in das organisierte Risikomanagementsystem einbezogen werden müssen, die eine langfristige oder erst in fernerer Zukunft liegende wesentliche Wirkung zeigen.

Ein einfaches Beispiel zur Risikosimulation

Die Anwendung der Monte-Carlo-Simulation soll nachfolgend durch ein sehr einfaches Beispiel verdeutlicht werden. Die Stuttgarter Maschinen AG, deren Gesamtrisikoumfang ermittelt werden soll, zeigt folgende Ausgangssituation:

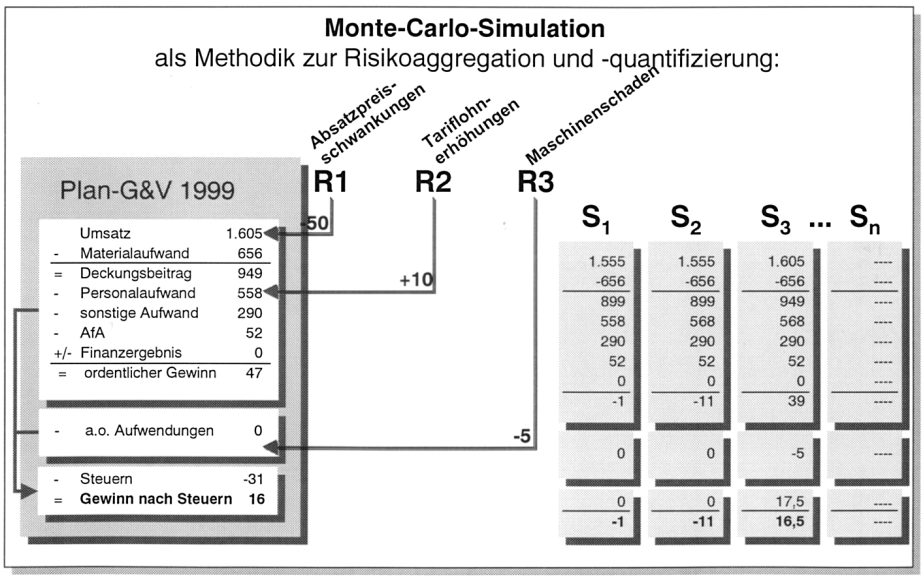
Umsatz:	3,0 Mrd DM
davon (deutlich) größter Einzelkunde:	0,6 Mrd DM
Übliche Schwankungsbreite des Umsatzes:	4% (Standardabweichung)
Variable Kosten (Materialkosten):	1,5 Mrd DM, also 50% des Umsatzes
Gewinn:	0,1 Mill DM
Bilanzsumme:	2,0 Mrd DM
Eigenkapital:	0,4 Mrd DM

Im Unternehmen wurden nur drei (ereignisorientierte) Risiken identifiziert, die in der folgenden Tabelle 3 dargestellt sind[1]:

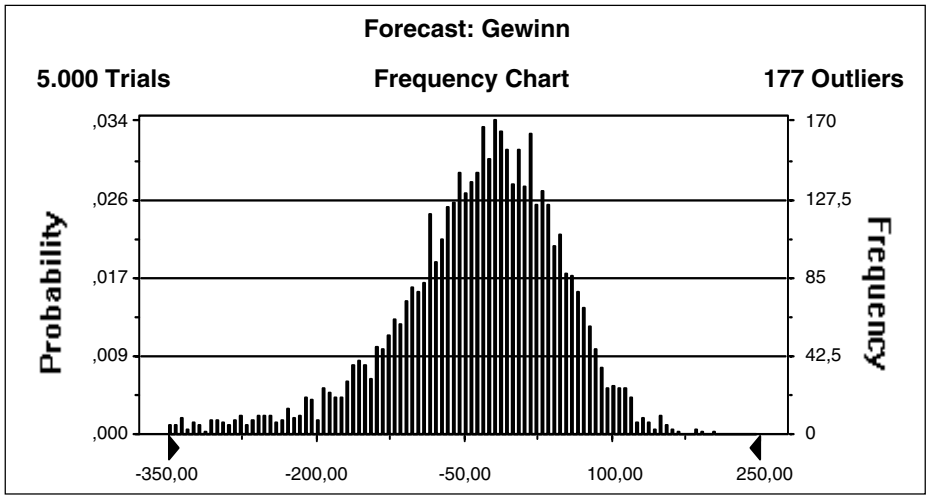
Tabelle 3

Risiko	Wahrscheinlichkeit	Schadenshöhe (Ertrag)
Umsatzverlust (insb. durch Großkundenverlust)	5%	300 Mill DM
Imageschaden durch Abwasserprobleme	10%	130 Mill DM
Zusatzkosten durch Maschinenausfall	25%	80 Mill DM

Zu berücksichtigen ist, daß das Risiko „Großkundenverlust" zu den beiden anderen Risiken jeweils eine Korrelation von +0,5 aufweist, weil das Eintreten eines dieser beiden Risiken, zu einer erhöhten Abwanderungswahrscheinlichkeit dieses Kunden führt.
Bei einer Risikobewertung wird ein Geschäftsjahr nun mittels Monte-Carlo-Simulation 5000 mal „durchgespielt". Wie die obigen Angaben zeigen, wird dabei in 5% (= 250) aller Fälle (Jahre) zufällig ein Großkundenverlust eintreten und jeweils einen Schaden von 300 Mill DM verursachen. Die beiden anderen Risiken werden entsprechend behandelt. „Normale Absatzschwankungen" werden durch eine Normalverteilung mit einer aus den vergangenen Jahren ermittelten Standardabweichung von 4% dargestellt.
In jedem der simulierten Geschäftsjahre ergibt sich ein bestimmter Gewinn, der davon abhängt, welche Risiken in welchem Umfang wirksam wurden (Tabelle 4).



Grafik 2



Grafik 3

Tabelle 4

Quantil		Gewinn
0,0%	Minimum	-622
2,5%		-403
5,0%	**$VaR_{(5\%)}$**	**-277**
50,0%	Median	-27
95,0%		84
97,5%		107
100,0%	Maximum	217

Diese Verteilungsfunktion des Gewinns (Grafik 3) weist ein arithmetisches Mittel von -48 Mill DM und eine Standardabweichung von 114 Mill DM auf. Nur in 5% der Fälle wird ein Verlust von 277 Mill DM unterschritten, womit dieser Wert der Value-at-Risk ist.
Eine einfache Sensitivitätsanalyse (s. Tabelle 5) zeigt, daß die Gewinnschwankungen stärker durch „übliche Absatzschwankungen" als durch die drei anderen Risiken bestimmt werden; letztere beeinflussen aber – wie eine ergänzende Untersuchung zeigt – entscheidend den VaR.

Tabelle 5 Target Forecast: Gewinn

	Absatzmengenschwankung	55,9%
*	Maschinenausfall	19,8%
*	Großkundenverlust	13,6%
*	Image	10,6%

* = Correlated assumption

Eine Vielzahl von Risiken bei einem Unternehmen zu identifizieren, ist eine relativ einfache Aufgabe. Anspruchsvoll ist dagegen die Systematisierung und insbesondere die Aggregation von Risiken, wenn man den Gesamtrisikoumfang eines Unternehmens – und seine wesentlichen Bestimmungsfaktoren – fundiert beurteilen will. Hier ist als sehr leistungsfähiges und flexibles Verfahren der Einsatz von Simulationsverfahren erforderlich, um die zusammengefaßten Wirkungen der Risiken auf Zielgrößen wie Gewinn, Cash-Flow oder Unternehmenswert aufzeigen zu können. Die hohe Bedeutung einer fundierten Risikoanalyse für das gesamte Risikomanagement und letztlich auch für die Unternehmensstrategie rechtfertigt den Einsatz solcher etwas anspruchsvolleren, aber bewährten Methoden.

Die Autoren: Günter Meier ist Geschäftsführer, Dr. Werner Gleißner Mitarbeiter der Günter Meier & Cie. Management GmbH & Co., Nürnberg.

Anmerkung

1 Häufig sind solche Risiken nur durch subjektive Schätzungen bestimmbar. Auch dann ist jedoch der Einsatz von Simulationsmethoden zur Risikoaggregation sinnvoll. Denn auch „schlechte" Ausgangsdaten werden durch den Einsatz „schlechter" Aggregationsmethoden nicht besser.