Veröffentlicht in

Wertorientiertes Risikomanagement für Industrie und Handel
(Hrsg. Werner Gleißner/Günter Meier)
2001

„Identifikation, Messung und Aggregation von Risiken ‘‘

S. 111-137

Mit freundlicher Genehmigung des
Gabler Verlag, Wiesbaden
(www.gabler.de)

Identifikation, Messung und Aggregation von Risiken

Werner Gleißner

1. Zuverlässige Informationsbasis

Die Risikosituation eines Unternehmens verändert sich ständig. Ein Risiko-Managementsystem zielt darauf ab, durch dokumentierte organisatorische Regelungen sicherzustellen, dass in regelmäßigen Abständen die Risikosituation neu bewertet, die Ergebnisse der Unternehmensführung kommuniziert und rechtzeitig adäquate Risikobewältigungsmaßnahmen eingeleitet werden. Durch eine Reduzierung der risikobedingten „Schwankungsbreite" (bzw. der Streuung) der zukünftigen Erträge und der Cash-Flows eines Unternehmens trägt es zur Steigerung des Unternehmenswertes bei. Voraussetzung für die Einleitung fundierter und zielorientierter Risikobewältigungsmaßnahmen ist eine zuverlässige Informationsbasis über die Risikosituation des Unternehmens. Grundsätzlich kann man folgende Teilaufgaben unterscheiden, die für die Schaffung einer solchen Informationsbasis erforderlich sind:

(1) Risikoidentifikation;

(2) Bewertung der Risiken („Messung");

(3) Aggregation der Risiken.

Diese drei Themenfelder werden nachfolgend erläutert. Neben methodischen Grundlagen – insbesondere zur Risikomessung und der Aggregation – wird mit einer umfangreichen Checkliste eine Hilfestellung für die Durchführung von Risikoanalysen im Unternehmen geboten.

2. Risikoanalyse

Grundlagen der Risikoidentifikation und Risikobewertung

Bei der Risikoanalyse werden alle auf das Unternehmen einwirkenden Einzelrisiken systematisch identifiziert und anschließend hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit und quantitativen Auswirkungen bewertet.

Bei der Identifikation von Risiken sollte durch die gewählte Systematik eine möglichst vollständige Erfassung aller wesentlichen Risiken sichergestellt sein, wobei durch eine fokusierte und hierarchische Vorgehensweise eine Konzentration der Identifikationsarbeit

auf potenziell besonders risikoträchtige Bereiche zu empfehlen ist. Grundsätzlich sind folgende Risikofelder zu betrachten:

- **strategische Risiken**, z. B. akute Gefährdung wichtiger Wettbewerbsvorteile;
- **Marktrisiken**, z. B. konjunkturelle Absatzmengenschwankungen;
- **Finanzmarktrisiken**, z. B. Zins- und Währungsveränderungen;
- **rechtliche und politische Risiken**, z. B. Änderungen der Steuergesetze;
- **Risiken aus Corporate Governance**, z. B. unklare Aufgaben- und Kompetenzregelungen;
- **Leistungsrisiken** der primären Wertschöpfungskette und der Unterstützungsfunktionen, z. B. Kalkulationsfehler oder Ausfall der EDV.

Eine fundierte Risikoanalyse geht durch den systematischen Einsatz spezifischer Analysemethoden (z. B. Marktrisikoanalyse mittels Auswertung der Wettbewerbskräfte) in den einzelnen Risikofeldern über das Sammeln bekannter Risiken hinaus und sichert so die vorhandenen Risikobetrachtungen in Unternehmen ab.

Da sich Risiken grundsätzlich auf das mögliche Verfehlen unternehmerischer Ziele beziehen, sollten die Festlegung der maßgeblichen unternehmerischen Ziele Startpunkt einer detaillierten Risikoanalyse sein. Besonders relevante strategische Risiken lassen sich identifizieren, wenn man analysiert, durch welche Faktoren die strategischen Ziele des Unternehmens besonders gefährdet wären. Beispiele für oft besonders gravierende Risiken sind die Substitution des eigenen Produktes durch technologische Innovationen, der Markteintritt neuer Wettbewerber oder massive Veränderungen von Zinsen und Währungskursen.

Um nach der Risikoidentifikation eine sinnvolle Risikobewertung zu ermöglichen, benötigt man offensichtlich ein sinnvolles und möglichst durchgängig über alle Risiken angewendetes Risikomaß (z. B. den Value-at-Risk, der später noch erläutert wird). Ein geeignetes Risikomaß alleine garantiert natürlich noch keine 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 fachlich kompetenter 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 Risiko-Managements ist grundsätzlich gerechtfertigt, wenn keine besseren Daten verfügbar sind, weil eine völlige Vernachlässigung nicht objektiv bewertbarer Risiken meist zu einer größeren Fehleinschätzung der

Tabelle 1: Risikoinventar

Risiko	Risikofeld	Wirkung	Bewältigung	Relevanz
Neue Wettbewerber	S/M	U/EP	Weitere Intensivierung des Vertriebs	4
Abhängigkeit von XYZ AG	M	U	Vertragsgestaltung, Intensivierung des Vertriebs	4
Haftpflichtschäden b. Kunden	L	AoE	Optimierung des Versicherungsschutzes	4
Kalkulationsfehler	L	U/K	Organisatorische Maßnahmen	3
Absatzpreisschwankung	M	U	Selbst tragen	3
Zinsänderungen	F	FBE	Vereinbarung Zins-Cap, geringe Duration im Portfolio	3
Anstieg der Tariflöhne	M	Kfix	Selbst tragen	3
Ausfall der Tectron-Anlage	L	U	Redundante Auslegung	2
Wachstumsbed. Eigenkapitalmangel	S	EP	Thesaurierung von Gewinnen	2
Übernahme Muster GmbH	F	FBE	Due Diligence	2
Fehlende Kompetenz	S	EP	Verkauf des Geschäftsfeldes	2
Motivationsprobleme im Vertrieb	G	EP/U	Stärker erfolgsabhängige Entlohnung	2
Imageprobleme durch Unfall	S	EP	Notfallplan erarbeiten	2

Risikofelder:

S	Strategisches R.	L	Leistungsrisiken
M	Marktrisiken	G	R. aus Corporate Governance
F	Finanzmarktr.	R	Rechtl./gesellschaftl./polit. R.

Wirkung:

EP	Erfolgspotenzial	**Kfiz**	Fixe Kosten
U	Umsatz	**FBE**	Finanz- u. Beteiligungsergebnis
Kvar	Variable Kosten	**AoE**	Außerordentliches Ergebnis

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.

Risikoidentifikation: Erläuterungen zu den Risikofeldern des RMCE-Ansatzes

Manche Unternehmen versuchen alle Mitarbeiter schriftlich oder mündlich zu befragen, um möglichst viele Risiken zu identifizieren. Dieses Vorgehen ist sehr arbeitsaufwendig, und zudem nicht besonders leistungsfähig. Zum einen ist die Gefahr relativ groß, dass man von den Mitarbeitern diejenigen Informationen bekommt, die gerade besonders aktuell sind, nicht aber unbedingt jene, die von für das Unternehmen von besonderer Bedeutung sind. Zum anderen werden oft recht ähnliche Risiken unterschiedlich formuliert. Die Anzahl der identifizierten Risiken ist groß und oft kaum mehr zu bewältigen.

Eine leistungsfähige Risikoidentifikation erfordert eine klare Fokussierung des Vorgehens. In einem Unternehmen müssen zunächst durch vorbereitende Analysen diejenigen Risikofelder identifiziert werden, bei denen die größten Risiken zu erwarten sind. So ist es beispielsweise zu erwarten, dass sich bei einem Anlagebauunternehmen erhebliche Risiken im Bereich der Projektkalkulation verbergen. Daher wird man die Projektkalkulation sicherlich wesentlich intensiver durchleuchten als andere Risikofelder. Entscheidend für eine strukturierte fokussierte Risikoidentifikation ist es, geeignete Abbruchkriterien zu finden, mit denen entschieden wird, ob ein Risikofeld noch weiter zu durchleuchten ist. In der Praxis hat es sich dabei bewährt die Risikobewertung zweistufig durchzuführen:

- In einem ersten Schritt erfolgt eine „grobe" Ersteinstufung des Risikos auf einer „**Relevanz**-Skala". Dies kann z. B. eine Skala mit Werten von „1" (unbedeutend) bis „5" (existenzgefährdend) sein.[1] Diese Relevanz-Bewertung dient als Abbruchkriterium für eine vertiefende Analyse: meist werden nur Risiken in einem zweiten Schritt präziser quantifiziert, die Relevanzen von 3, 4 oder 5 aufweisen.
- Nur für die ausgewählten wichtigsten erfolgt eine detailliertere Analyse. Diese Risiken werden dabei präziser beschrieben, gegebenenfalls noch einmal in Teilrisiken zerlegt und schließlich (nachvollziehbar) quantifiziert. Bei dieser Quantifizierung werden nun möglichst objektive Daten ausgewertet, um eine geeignete Verteilungsfunktion für das Risiko zu bestimmen.[2] Damit wird die Relevanz-Einschätzung aus Schritt eins noch einmal überprüft. Die Relevanz-Bewertung hat jedoch durchaus eine eigenständige Bedeutung, weil sie für die interne Kommunikation genutzt wird: Eine Relevanz-Skala ist viel anschaulicher als eine mathematische Verteilungsfunktion. So verbindet man Kommunizierbarkeit mit einer präzisen Risikoquantifizierung.

Die folgende Checkliste stellt einen **Auszug** aus einer Checkliste zur Risikoidentifikation des Beratungsunternehmens RMCE RiskCon GmbH, Leinfelden-Echterdingen, dar. Sie zielt weniger daraus ab, einzelne Risiken zu benennen, als für relevante Fragestellungen und Themengebiete zu sensibilisieren. Checklisten sind sicher sinnvolle Hilfsmittel; sie

können aber keine unternehmensindividuelle systematische Risikoanalyse ersetzen. Keinesfalls darf sie als vollständige Übersicht aller möglicher Risiken (oder auch nur Risikobereiche) fehlinterpretiert werden.

Checkliste: Risikoidentifikation

1. Strategische Risiken

1.1 Unternehmensstrategie

Unter Risiken bezüglich Unternehmensstrategie sind insbesondere folgende Fälle zu betrachten:

- *logische Inkonsistenzen, die eine erfolgreiche Umsetzung der Unternehmensstrategie grundsätzlich unmöglich machen;*
- *außergewöhnlich unwahrscheinliche Planungsprämissen, z. B. bezüglich der zukünftigen Absatzentwicklung in einer Branche.*

1.2 Geschäftsfelderstruktur

Risiken aus der Geschäftsfeldstruktur bestehen z. B., wenn die Wettbewerbsposition eines Geschäftsfeldes so unbefriedigend ist, dass es auf lange Sicht nicht zu halten sein wird.

1.3 Bedrohung kritischer Erfolgsfaktoren und strategischer Ziele

Die Erfolgsfaktoren eines Unternehmens sind jene Faktoren, die für den zukünftigen Erfolg des Unternehmens – den Unternehmenswert – maßgeblich sind. Die Bedrohung der Erfolgsfaktoren – seien es interne Stärken, Wettbewerbsvorteile oder Kernkompetenzen (siehe jeweils dort) – gehören zu den wesentlichsten unternehmerischen Risiken. Sie stellen nämlich die Zukunftsperspektiven des Unternehmens grundsätzlich in Frage. Der gravierendste Spezialfall einer Bedrohung kritischer Erfolgsfaktoren stellt die Bedrohung der Kernkompetenzen des Unternehmens dar. Dieses Risiko ist deshalb von so besonderer Bedeutung, weil gerade die Kernkompetenzen, mit deren Hilfe zukünftige Wettbewerbsvorteile generiert werden sollen, die Zukunftsperspektiven des Unternehmens in besonderer Weise bestimmen. Unternehmen ohne langfristige tragfähige und verteidigungsfähige Kernkompetenzen sind außerordentlich hohen Risiken auf den Absatzmärkten ausgesetzt.

2. (Absatz-)Marktrisiken

2.1 Markttrends: Chancen und Gefahren

In diese Risikokategorie fallen exogene Veränderungen des Marktes, der Kundenwünsche oder der Technologien. Besonders bedeutsam sind Risiken durch eine Verschlechterung der relativen Wettbewerbspositionen in Folge solcher Trends – beispielsweise weil sich heutige Wettbewerbsvorteile des Unternehmens entwerten.

2.2 *Marktattraktivität und Wettbewerbskräfte*

Märkte haben einen durch ihre Charakteristika, insbesondere die Wettbewerbskräfte bestimmten Risikograd. Mit Hilfe einer risikoorientierten Variante des „Porter'schen Ansatzes"[3] lassen sich diese Wettbewerbskräfte analysieren. Dabei ist insbesondere der Wettbewerb zwischen den heute etablierten Anbietern, die Machtverteilung zwischen den Anbieter und ihren Lieferanten bzw. Kunden sowie die Gefahren durch den Eintritt neuer Anbieter und die Substitution der Produkte zu betrachten. Die Einzelindikatoren zu diesen Wettbewerbskräfte haben dabei oft die Eigenschaft, dass sie sowohl die in einer Branche zu erwarteten Rentabilität wie auch das Branchenrisiko beeinflussen. Typische Risiken, die sich aus der Analyse der Wettbewerbskräfte ergeben, sind beispielsweise

- *niedrige Wachstumsraten, mit der Konsequenz eines Verdrängungswettbewerbs;*
- *Abhängigkeit von wenigen Lieferanten oder Kunden;*
- *Gefahr der Substitution der eigenen Produkte;*
- *Markteintritt neuer, starker Wettbewerber;*
- *geringe Differenzierungsmöglichkeiten gegenüber Wettbewerbern mit der Folge von Preiswettbewerb.*

Märkte mit ungünstigen Ausprägungen der Wettbewerbskräfte zeichnen sich strukturell durch hohe Absatzmengen- und Absatzpreisschwankungen, wenig stabile Marktanteile und einer Bedrohung der eigenen Ertragssituation durch Geschäftspartner (wie z. B. Lieferanten) aus.

2.3 *Bedrohung von Marktposition und Wettbewerbsvorteilen*

Hierbei geht es um Risiken, die sich nicht aus der allgemeinen Struktur der Märkte (vgl. 2.2.) ergeben, sondern aus Gefahren bezüglich der individuellen Position des eigenen Unternehmens im Vergleich zu seinen Wettbewerbern. Speziell sind diese Risiken, die dazu führen, dass ein Unternehmen bezüglich zentraler Kaufkriterien – wie z. B. Preis, Produktqualität, Servicequalität, Lieferzuverlässigkeit oder Liefertreue – sich in Relationen zu seinen Wettbewerbern deutlich verschlechtert, was letztendlich zu einer Verschlechterung der Ertragslage führt.

2.4 *Konjunkturelle Absatzmengen und Absatzpreisschwankungen*

Hier werden saisonale und insbesondere konjunkturelle Schwankungen der Absatzpreise oder Absatzmengen erfasst. Sie resultieren aus Veränderungen der Gesamtnachfrage und nicht aus der Änderungen der relativen Wettbewerbsposition des Unternehmens (im Unterschied zu 2.3.)

2.5 *Beschaffungsmarkt*

Beschaffungsmarktrisiken resultieren beispielsweise aus

- *Preisschwankungen bei wesentlichen Rohstoffen oder Zulieferprodukten;*
- *Risiken aus der Versorgungssicherheit bezüglich wesentlicher Zulieferprodukte.*

3. *Finanzrisiken*

3.1 *Finanzielle Stabilität und Liquidität*

Zu dieser Risikokategorie gehören zunächst alle Arten von Liquiditätsrisiken, die sich beispielsweise aus der Verzögerung von Liquiditätszuflüssen oder unerwarteten Liquiditätsabflüssen ergeben könne. Außerdem werden hier Risiken aus einer unbefriedigende oder sich verschlechternde Bonität (Rating) des Unternehmens betrachtet. Diese Risiken führen möglicherweise dazu, dass Banken erforderliche Finanzierungsmittel nicht mehr bereit stellen, die Finanzierungskonditionen verschlechtern oder dass Kapitalerhöhungen an der Börse nur zu unbefriedigenden Konditionen möglich sind. Diese Risikokategorien werden mit Verfahren der Jahresabschlussanalyse (inkl. Ratingsystemen auf Basis neuronaler Netze) analysiert.

3.2 *Zinsen und Währungen*

Gerade bei Unternehmen mit hoher Kapitalbindung, langfristig fixierten Ein- oder Auszahlungen, bzw. hoher Verschuldung spielen Zinsänderungsrisiken für die Gesamtrisikoposition eine wesentliche Rolle. Zinsänderungsrisiken ergeben sich durch Schwankungen der Kapitalmarktzinsen, die bei nährungsweise effizienten Kapitalmärkten kaum vorhersehbar sind.[4] Währungsrisiken spielen insbesondere für diejenigen Unternehmen eine Rolle, deren Absatz oder Einkauf international ausgerichtet ist. Transaktionswährungsrisiken zeigen sich darin, dass bestehende Forderungen oder Verbindlichkeiten durch Währungsschwankungen in ihrem Marktwert schwanken oder Abweichung von geplanten Einnahmen und Ausgaben auftreten, die in Fremdwährungen zu fakturieren sind. Neben diesen eher kurzfristigen Risiken treten „ökonomische" Währungsrisiken, die bei einer länger anhaltende Verschiebungen der Wechselkurse zu einer Veränderung der Wettbewerbspositionen von Unternehmen führen.

3.3 *Wertpapier und Portfolioplanung*

Wesentliche Risiken sind hierbei Wertschwankungen bei Aktien des Umlaufvermögens oder von Anleihebeständen.

3.4 *Derivate*

Außerordentliche hohe Risiken können für Unternehmen durch einen nicht adäquat abgesicherten Einsatz derivativer Produkte, wie z. B. Future, entstehen.

*3.5 **Bonitäts- und Adressausfälle***
Bonitäts- und Adessausfallrisiken entstehen durch den möglichen Ausfall eines Vertragspartners. Häufigstes Beispiel hierfür ist der Forderungsausfall durch Konkurs von Kunden.

*3.6 **Beteiligung und Unternehmenskäufe***
Die Risiken aus Beteiligungen sind insbesondere deren Wertschwankungen. Eine besondere Risikokategorie besteht beim Kauf neuer Unternehmensbeteiligung, weil deren realer Wert – selbst nach einem Due-diligence-Prozess – auf Grund unvollständiger Informationen nicht präzise beurteilt werden kann.

*4. **Politische, rechtliche und gesellschaftliche Risiken***

*4.1 **Rechtlich und politisches Umfeld***
Veränderungen von Gesetzen, aber auch die juristische Auslegung von bestehenden Gesetzen im Rechtsprechungsverfahren stellen für Unternehmen maßgebliche Risiken dar. Diese werden in diesem Risikofeld betrachtet.

*4.2 **Gesellschaftliche Trends***
Risiken, die sich auf Veränderungen von Einstellungen der Bevölkerung oder auch demographischen, soziologischen oder ähnlichen langfristigen Trends ergeben, sollten erfasst werden, sofern sie die Zukunftsaussichten des Unternehmens maßgeblich beeinflussen können.

*4.3 **Allgemeine Haftpflicht und Bürgschaft***
Bürgschaftsrisiken sind Risiken, die einem Unternehmen durch eine Bürgschaft gegenüber Dritten entstehen können. Ebenfalls bedeutsam sind Haftpflichtrisiken, die dann zum Tragen kommen, wenn das Unternehmen bzw. ein Mitarbeiter einem Dritten einen Schaden zufügt.

*4.4 **Produkthaftung***
Ein wichtiger, hier separat betrachteter Spezialfall der Haftpflicht ist die Produkthaftung. Diese Risiken entstehen insbesondere durch die im Produkthaftpflicht-Gesetz in Deutschland geregelte „Beweislastumkehr". Diese verpflichtet jedes Unternehmen, im Schadensfall zu belegen, dass es selbst nicht für einen solchen Schaden verantwortlich ist. Ein besonders hohes Gewicht haben Produkthaftpflichtrisiken in den USA, weil hier von Gerichten oft außergewöhnlich hohe Schadensersatzsummen festgesetzt werden.

*4.5 **Vertragssicherheit und AGB***
In dieses Risikofeld gehören alle Risiken die einem Unternehmen aus vertraglich vereinbarten Verpflichtungen gegenüber Dritten entstehen. Zudem sind Risiken zu beachten, die sich aus einer mangelnden Rechtsicherheit bestehender vertraglicher Vereinbarungen (wie z. B. den AGB's) ergeben können. In diesem Zusammenhang ist also zu prüfen, welche maßgeblichen Verträge das Unternehmen mit Dritten geschlossen hat, aus denen sich solche Risiken ergeben können.

*5. **Risiken aus Corporate Governance***

*5.1 **Organisationsstruktur, Organisationsprozesse und Kompetenzen***
Eine unangemessene Aufbauorganisation des Unternehmens, eine unklare Aufgaben- und Kompetenzverteilung oder fehlende Fachkompetenzen der Mitarbeiter führen im Unternehmen zu Risiken, weil sie mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit Abweichungen der eigentlich geplanten zur tatsächlich erbrachten Arbeit implizieren. Hier ist also zu prüfen, inwieweit die Organisationsstruktur und die darin tätigen Mitarbeiter grundsätzlich in der Lage sind, das erwartete Arbeitsergebnis zu erbringen.

*5.2 **Betriebsklima und Motivation***
Ebenfalls wesentliche Abweichungen zwischen den erwarteten und den tatsächlich eingetretenen Arbeitsergebnissen treten auf, wenn die Motivation der Mitarbeiter sehr niedrig ist. In diesem Fall wäre zwar das Erreichen der gesetzten Ziele für die Mitarbeiter möglich, auf Grund der mangelnden Motivation wird es jedoch dennoch nicht erreicht. Eine mögliche Ursache von Motivationsdefiziten ist ein ungewöhnlich schlechtes Betriebsklima.

*5.3 **Führungsstil***
Ein nicht adäquater Führungsstil oder gar ein Fehlen an einer ausreichenden Anzahl von Führungskräfte bewirkt, dass mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit eigentlich realistische unternehmerische Ziele nicht erreicht werden, was als Risiko aufzufassen ist.

*5.4 **Risikokultur und Risikokommunikation***
Hierbei wären beispielsweise Risiken aufzuzeigen, die entstehen, wenn sich Mitarbeiter des hohen „Risikogehalts" ihrer Tätigkeiten nicht bewusst sind oder gar absichtlich Risiken in einer für das Unternehmen nicht vertretbaren Weise eingehen. Auch Risiken durch fehlende oder fehlerhafte Informationen über eingegangene Risiken gehören in dieses Risikofeld.

*5.5 **Entlohnungs- und Anreizsysteme***
Diese Risiken entstehen, wenn Anreiz- und Entlohungssysteme dazu führen, dass Mitarbeiter, die sich an den eigenen Interessen orientieren, damit zwangsläufig gegen die Interessen des Unternehmens verstoßen.

6. Leistungsrisiken

6.1 Wertschöpfungskette

Bei der Analyse der Leistungsrisiken sollte zunächst eine Beschreibung der Wertschöpfungskette erstellt werden, um dann ableiten zu können, bei welchen Schritten der Wertschöpfungskette (Arbeitsprozesse) eine Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass es zu Abweichungen zwischen dem geplanten und den tatsächlich eingetretenen Arbeitsergebnissen kommt. Dieser Kategorie gehören einer großer Anzahl von Risiken an, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen:

- *Risiken aus dem „Übersehen" relevanter Kundengruppen;*
- *Fehler bei der Kalkulation von Projekten (Ausschreibungen);*
- *Risiken durch einen nicht termingerechten Einkauf;*
- *fehlerhafte Informationsübermittlung zwischen Stellen;*
- *Risiken durch den Ausfall von Maschinen;*
- *Risiken, die sich aus einer nicht Einhaltung dem Kunden vertraglich zugesagter Eigenschaften ergeben.*

6.2 Risiken aus den Unterstützungsprozesse und sonstige Risiken

Neben der primären Wertschöpfungskette hat jedes Unternehmen Unterstützungsprozesse, wie beispielsweise das Personalwesen oder die Informationstechnologie. Diese Unterstützungsprozesse sind erforderlich, um die Leistungsfähigkeit des primären Geschäftsprozesses sicherzustellen. Risiken ergeben sich auch hier, wenn diese Unterstützungsprozesse nicht in der geplanten Weise funktionieren. Einige wenige Beispiele für solche, und einige andere Risiken sind die folgenden:

- *Ausfall der EDV;*
- *Ausfall von Schlüsselpersonen;*
- *Risiken aus Katastrophenfällen (wie z. B. Feuer) in Verbindung mit fehlender Notfallplanung;*
- *Datenverlust infolge mangelhafter Datensicherheit;*
- *Datenabfluss an Wettbewerber;*
- *Umweltschäden durch die Produktion;*
- *Risiken durch unternehmerische Fehlentscheidungen wegen unsystematischer Entscheidungsprozesse („Managementrisiken");*
- *Risiken für das Unternehmen durch Vorteilsnahme, Untreue oder Betrug von Seiten der Mitarbeiter infolge unzureichender interner Kontrollsysteme.*

3. Die Messung von Risiken – einige methodische Anmerkungen

Unsicherheit, Risiko und Ungewissheit

Planungen beziehen sich immer auf die Zukunft. Das entscheidende Problem jeder Planung ist daher die Unsicherheit über die Zukunft. Bei einer Investitionsentscheidung mittels Kapitalwertmethode benötigt man beispielsweise Informationen über zukünftige (freie) Cash-Flows. Diese sind aber in der Regel nicht mit Sicherheit bekannt, weil niemand die Zukunft vorhersehen kann. Es lassen sich grundsätzlich zwei Arten der Unsicherheit unterscheiden:[5]

(1) Risiko: Bei Entscheidungen unter Risiko sind zwar bestimmte relevante Daten nicht sicher bekannt, aber es ist zumindest bekannt, mit welcher (objektiven oder eventuell auch subjektiven) Wahrscheinlichkeit bestimmte mögliche Umweltzustände eintreten.

(2) Ungewissheit: Bei Entscheidungen unter Ungewissheit sind zwar die möglichen Umweltzustände bekannt, die Wahrscheinlichkeit des jeweiligen Eintretens aber (zunächst) nicht. (Bei manchen Entscheidungssituationen – z. B. bei erforderlichen technologischen Prognosen – lassen sich nicht einmal mehr die möglichen zukünftigen Zustände vollständig angeben.)

Häufig wird Risiko, unabhängig von den verursachenden Faktoren, als Möglichkeit einer Zielabweichung definiert, was genaugenommen den Fall der Ungewissheit mit einschließt:

„Risiko ist die aus der Unvorhersehbarkeit der Zukunft resultierende, durch ‚zufällige' Störungen verursachten Möglichkeit, geplante Ziele zu verfehlen."

Diese Risikodefinition ist ein subjektive Betrachtung des Risikos, wenn man von individuell festlegbaren – und damit subjektiven – Zielen ausgeht. Um den Umfang von Risiken objektiv ermitteln zu können, ist ein Konsens über das geplante Ziel unerlässlich. Es bietet sich daher an, als objektive Zielgröße den – bei gegebenen Informationen – bestimmten **Erwartungswert** der Zielvariable als Ziel anzusehen. **Risiken sind damit mögliche Abweichungen vom Erwartungswert.** Die Berechnung eines Erwartungswertes setzt eine objektiv vorhandene oder zumindest subjektiv abgeschätzte Verteilungsfunktion voraus.

Quantifizierung von Risiken: Verteilungen, Standardabweichung und Value-at-Risk

Um einzelne Risiken quantitativ vergleichen zu können, sollte für alle Risiken ein objektives, einheitlich eingesetztes Bewertungs- oder Messverfahren angewendet werden. Sinnvoll ist es Risiken zunächst durch eine adäquate Verteilungsfunktion zu beschreiben und den Risikoumfang durch statistische Streuungsmaße – wie die Standardabweichung – zu operationalisieren.[6]

Ergänzend kann man Risiken auch relativ anschaulich mit dem sogenannten Value-at-Risk, eine Art „wahrscheinlicher Höchstschaden" messen. Der Value-at-Risk (VaR), der sich

unmittelbar aus einer Verteilung 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 Prozent) nicht überschritten wird. Formal gesehen ist ein VaR die Differenz zwischen dem Erwartungswert und dem Quantil der zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Offensichtlich ist es für eine objektive Quantifizierung eines Risiko entscheidend den Erwartungswert möglichst präzise zu bestimmen; damit wird die erwartete Entwicklung einer Zielvariable von der „unerwarteten, zufälligen Entwicklung" (der „Zeitreiheninnovation") – dem eigentlichen Risiko – getrennt. Folglich hängt eine objektive Risikoquantifizierung von der Wahl eines möglichst leistungsfähigen (effizienten, erwartungstreuen) Prognoseverfahrens ab.[7] Eine unbefriedigende Prognose führt zu einer Überschätzung des Risikos.

Da Prognoseverfahren nichts anderes sind als Instrumente der Erwartungsbildung, soll die Erwartungsbildung nachfolgend aus volkswirtschaftlicher Perspektive näher betrachtet werden.

Exkurs: Die Bedeutung von Erwartungen und Prognosen

Die Qualität einer Entscheidung wird außer von der Qualität des Entscheidungsverfahrens (Algorithmus, Prognoseverfahren) entscheidend durch die Qualität der verwendeten Informationen (insbesondere Korrektheit und Umfang) bestimmt. Da ein großer Teil der bei ökonomischen Entscheidungen verwendeten Informationen zukünftige Werte ökonomischer Größen betreffen, ist eine möglichst korrekte Prognose dieser Größen für die Qualität der Entscheidungen eines Wirtschaftssubjekts und damit letztlich für seinen wirtschaftlichen Erfolg bedeutsam. So basieren beispielsweise Investitionsentscheidungen auf Erwartungen über Umsatz-, Kosten- und Zinsentwicklungen. Folglich wird ein rational handelndes, nutzenmaximierendes Wirtschaftssubjekt („homo oeconomicus") bestrebt sein, möglichst exakte Prognosen zu erstellen. Für die ökonomische Theorie ist entscheidend, dass die subjektiven Prognosewerte der Wirtschaftssubjekte, also ihre Erwartungen, deren ökonomische Entscheidungen und damit das tatsächliche Geschehen in einer Volkswirtschaft beeinflussen. Zudem hat der Umfang der nicht-prognostizierbaren Entwicklungen – das Risiko – ebenfalls Auswirkungen, weil höhere Risiken nur akzeptiert werden, wenn zugleich höhere Ertragserwartungen (Nutzenerwartungen) bestehen.

Im Allgemeinen werden drei verschiedene Arten der Erwartungsbildung unterschieden, die unterschiedlich gute Prognosen (Erwartungswerte) generieren und damit scheinbar unterschiedliche Ausmaße eines Risikos – als unerwartete Abweichung – zur Folge haben:

(1) Exogene Erwartungen: Hierbei wird von autonomen, zeitlich invarianten (oder nur stochastischen Schwankungen unterliegenden) Erwartungen ausgegangen. Die Wirtschaftssubjekte können nicht lernen, also ihre Erwartungen im Zeitablauf nicht systematisch verändern. Exogene Erwartungen sind nicht erwartungstreu; die Anwendung dieser Erwartungsbildungsverfahren impliziert somit unnötig hohe Abweichungen der erwarteten von den tatsächlichen Werten und somit subjektiv hohe Risiken.

(2) Adaptive Erwartungen und autoregressive Erwartungen: Im Gegensatz zur exogenen Erwartungsbildung lernen die Wirtschaftssubjekte bei einer adaptiven Erwartungsbildung (als Spezialfall der autoregressiven Erwartungsbildung) aus Fehlern der Vergangenheit (Cagan, 1956). Für die erwarteten Werte (X^e) gilt:

$$X_t^e = X_{t-1}^e + a * (X_{t-1} - X_{t-1}^e)$$

Gemäß Nerlove (1958) liegen diesen Erwartungen folgende Überlegungen zugrunde: Da es den Wirtschaftssubjekten möglich erscheint, dass eine eingetretene Änderung einer ökonomischen Variable nur vorübergehend ist, werden sie sich erst langsam in ihren Erwartungen an das neue Niveau anpassen. Zudem nimmt Nerlove an, dass die Wirtschaftssubjekte grundsätzlich nicht gewillt sind, ihre Verhaltensweisen wegen der Änderung ökonomischer Daten schnell zu verändern.

Bei der allgemeineren autoregressiven Erwartungsbildung, bei dem alle vergangenen Werte einer Zeitreihe für die Prognoseoptimal ausgewertet werden **(schwach rationaler Erwartungsbildung)**, kann man die Innovationen als stochastische Prognosefehler (Ein-Schritt-Vorhersagefehler) interpretieren, die das eigentliche Risiko darstellen, weil sie nicht (aus der eigenen Vergangenheit) vorhersehbar sind. Schwach rationale Erwartungen sind nämlich dadurch charakterisiert, dass die Wirtschaftssubjekte nur die vergangenen Realisationen einer vorherzusagenden Variable optimal für die Prognose auswerten.

(3) (Streng) Rationale Erwartungen: Während die Wirtschaftssubjekte bei einer adaptiven Erwartungsbildung über eine Variable nur die Vergangenheitswerte dieser Variable berücksichtigen, unterstellt eine rationale Erwartungsbildung die Nutzung sämtlicher zum Prognosezeitpunkt verfügbaren Informationen über die Struktur und den Zustand des Wirtschaftssystems (Muth, 1961, S. 315–335). Begründet wird dies damit, dass das Nichtbeachten weiterer relevanter Informationen irrational ist, falls diese Informationen die Vorhersage ökonomischer Variablen verbessern könnte und sich somit die ökonomischen Erfolgsaussichten eines Wirtschaftssubjekts verbessern ließen.[8]

Durch die Nutzung aller verfügbaren Informationen können systematische Erwartungsfehler nicht auftreten, falls diese Informationen umfassend und korrekt sind.[9] Außerdem ist so gewährleistet, dass die auf rationalen Erwartungen basierenden Prognosen die bestmöglichen sind.[10, 11]

Für die Prognose ökonomischer Variablen notwendig, sind insbesondere Informationen über die Struktur der wirtschaftlichen Zusammenhänge (inklusive Modellparameter) sowie über die gegenwärtigen und vergangenen Realisationen der ökonomischen Variablen. Da die rationalen Erwartungen somit von dem jeweils verwendeten Modell abhängen, sind sie immer **modellendogen**. Eine rationale Erwartungsbildung minimiert die zufallsbedingten Überraschungen und damit das Risiko.

Utecht (1994, S. 108) fasst die spezifischen Informationsannahmen des (Standard-)Modells der rationalen Erwartungen wie folgt zusammen:

„Die Akteure bilden zu jedem Zeitpunkt Erwartungswerte, als ob sie Struktur und Parameterwerte des ‚wahren' Modells tatsächlich kennen würden, wobei von Lernprozessen vollständig abstrahiert ist. Informationsbeschaffung und Informationsverarbeitung verursachen keine Kosten und alle Akteure (einschließlich der staatlichen Instanzen) verfügen über qualitativ gleichwertige Informationen. Im Hinblick auf die Erwartungen der anderen Akteure geht dabei jeder einzelne Akteur davon aus, dass auch diese Rationale Erwartungen bilden werden wie er selbst."

Wegen dieser sehr hohen Anforderungen an die rationale Erwartungsbildung kritisieren viele Ökonomen dieses Modell als wenig realistisch. Wegen der erheblichen Unsicherheiten hinsichtlich der ökonomischen Strukturen und der bei volkswirtschaftlichen Untersuchungen empirisch festgestellten – auch im Vergleich zu wesentlich aufwendigeren Prognosemodellen – relativ hohen Prognosegüte (vgl. z. B. Cooper, 1972 und Cooper/Nelson, 1975; Cramer/Miller, 1976, Fama/Gibbons, 1984), sehen z. B. Feige und Pearce (1976) die autoregressive Erwartungsbildung (ARIMA-Modelle) unter Berücksichtigung von Informationskosten als *„ökonomisch rational"* an. Es lässt sich sogar zeigen, dass jede einzelne Variable eines interdependenten Mehrgleichungssystems als Zeitreihenmodell beschrieben werden kann und somit eine vollständige Spezifikation der Wirkungszusammenhänge für eine Prognose nicht unbedingt notwendig ist (Zellner, 1974).

Risikoquantifizierung, Erwartungsbildung und Zeitreihenanalyse

Es ist plausibel, dass die Wirtschaftssubjekte möglichst präzise Erwartungen bezüglich der zukünftigen Realisationen der sie interessierenden Variablen (z. B. Zins, Umsatz oder Gewinn) bilden, um so Risiken – also unerwartete Abweichungen – zu minimieren. Rationale Wirtschaftssubjekte werden diese Erwartungen in ihren Handlungen berücksichtigen.

Für die Quantifizierung von Risiken es ist deshalb sinnvoll, die Veränderungen von Variablen in eine erwartete und eine unerwartete Komponente, die den Risikoumfang darstellt, zu trennen. Nicht der Umfang der Veränderung einer Variablen, sondern nur der Umfang unerwarteter Änderung einer Variablen bestimmt das Risiko.

Für die Berechnung der erwarteten Variablenkomponente benötigt man ein Prognosemodell. Aus den oben genannten Gründen ist eine vollständig rationale Erwartungsbildung zwar als „Denkmodell" interessant, aber nur sehr eingeschränkt in der Realität zu erwarten. Insbesondere für exogene Variablen („Störungen"), die gerade eben nicht im Rahmen des betrachteten ökonomischen Modells erklärt werden können, kann angenommen werden, dass nur zeitreihenanalytische Verfahren (z. B. ARIMA-Modelle)[12] zur Prognose eingesetzt werden. Bei diesen zeitreihenanalytischen Verfahren werden die zukünftige Realisation einer Variable als autoregressiver Prozess aufgefasst („autoregressive Erwartungsbildung"); die Variable wird also in Abhängigkeit der eigenen früheren Realisationen prognostiziert.

Für den Risikoumfang maßgeblich sind demzufolge die Veränderungen, die nicht mittels Zeitreihenanalyse prognostiziert werden können.

Gemäß den bisherigen Ausführungen lässt sich das Risiko einer Variablen X also nicht einfach durch die Standardabweichungen der Veränderungen dieser Variablen quantifizieren, sondern besser durch die Standardabeichung der (zeitreihenanalytisch) nicht vorhersehbaren Veränderungen. Ausgangspunkt für die Quantifizierung eines Risikos ist somit die Analyse der Zeitreihe, die die betrachtete Variable beschreibt und die Berechnung der „unprognostizierbaren" Zeitreiheninnovationen.[13]

Die Grundidee der Quantifizierung von Risiken besteht also darin, die von der univariaten zeitlichen Dynamik bereinigten Zeitreiheninnovationen zu untersuchen. Gerade diese nicht schon aus der eigenen Vergangenheit prognostizierbaren Variablenkomponenten müssen nämlich als unerwartete Abweichungen, also als Risiko aufgefasst werden.[14] Alle vorhersehbaren Veränderung sind kein Risiko mehr.

In der ersten Phase dieser Risikoquantifizierung werden die univariaten Charakteristika der betrachteten Zeitreihen – also der Einfluss des Faktors Zeit – eliminiert. Dazu werden die Zeitreihen – soweit nötig – zunächst durch Differenzenbildung in stationäre Zeitreihen umgewandelt, die dann mittels ARMA-Modellen beschrieben werden können. Die Residuen der jeweiligen ARMA-Modelle sind die Variablenkomponenten, die nicht unter Verwendung der vergangenen Realisationen dieser Variable vorhergesagt werden können („Innovationen").[15]

In der zweiten Phase dieser Risikoquantifizierung wird nun nur noch die Standardabweichung der Zeitreiheninnovationen berechnet. Diese Standardabweichung ist das Risikomaß. Selbstverständlich können ergänzend wiederum weitere Streuungsmaße – wie der Value-at-Risk – berechnet werden.

4. Die Aggregation von Risiken

Bedeutung der Risikoaggregation

Zielsetzung der Risikoaggregation ist die Bestimmung der Gesamtrisikoposition („Risk Exposure") der Unternehmung sowie der relativen Bedeutung der Einzelrisiken. Dabei sind Wechselwirkungen der Risiken explizit zu berücksichtigen. Hierzu werden die Wirkungen der Einzelrisiken im Kontext der im Unternehmen genutzten Planungsmodelle (z. B. Plan-G & V oder Economic-Value-Added-Modell (EVA)) integriert, was die Verbindung zwischen Risiko-Management und „traditioneller" Unternehmensplanung ermöglicht. So werden risikoadjustierte Kapitalkosten oder durch Risiken verursachte „Streuungsbänder" der zukünftigen Cash-Flows ermittelt, was letztlich zu einer fundierten Beurteilung der Zuverlässigkeit und einer Verbesserung der unternehmerischen Planungen beiträgt.

Auch in der Stellungnahme des IDW zum KonTraG (IDW PS 340) wird zur Risikoaggregation Stellung genommen: *„Die Risikoanalyse beinhaltet eine Beurteilung der Tragweite der erkannten Risiken in Bezug auf Eintrittswahrscheinlichkeit und quantitative Auswir-*

kungen. 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 Risiko-Managementmaßnahmen gelegt.

Da jedoch die so wichtige Aggregation von Einzelrisiken methodisch relativ schwierig ist, wird sie in der Praxis des Risiko-Managements oft vernachlässigt oder zumindest mit ungeeigneten Methoden „gelöst". [16] Nachfolgend ist daher ein wirksames Verfahren zur Aggregation von Risiken dargestellt: die Monte-Carlo-Simulation.

Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation

Das geeignetste Verfahren zur Risikoaggregation stellt die Risikosimulation („Monte-Carlo-Simulation") dar. Hierzu werden die Wirkungen der Einzelrisiken in einem Rechenmodell des Unternehmens beispielsweise den entsprechenden Posten der GuV oder Bilanz zugeordnet (vgl. Abbildung 1 mit den dargestellten Risiken R1, R2 bis R6). Solche Risikowirkungen werden durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben. In unabhängigen Simulationsläufen wird mit Hilfe von Zufallszahlen ein Geschäftsjahr mehrere tausend Mal durchgespielt und jeweils eine Ausprägung der GuV oder Bilanz berechnet. Damit erhält man in jedem Simulationslauf einen Wert für die betrachtete Zielgröße (z. B. Gewinn). Durch das Simulationsverfahren wird somit das komplexe Problem der analytischen Aggregation einer Vielzahl unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch eine numerische Näherungslösung ersetzt. [17] Im Prinzip wird durch diese Simulation eine „repräsentative Stichprobe" aller möglichen Risikoszenarien eines Unternehmens bestimmt und ausgewertet.

Aus den ermittelten Realisationen der Zielgrößen ergeben sich aggregierte Wahrscheinlichkeitsverteilungen (vgl. Abbildung 2). Aus diesen kann der Value-at-Risk, als ein Höchstschaden, der mit beispielsweise 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, ermittelt werden.

Durch Sensitivitätsanalysen ist es weiterhin möglich, die wesentlichen Einflussfaktoren (Einzelrisiken) auf die Streuung der Zielvariablen zu bestimmen. Die Abbildung 3 zeigt beispielhaft die relative Bedeutung verschiedener Risiken.

Abbildung 4 zeigt die Verteilungsfunktion der Eigenkapitalquote (EKQ), die sich durch die Verrechnung von Gewinnen und Verlusten mit dem Eigenkapital ergibt. Mit dieser Ver-

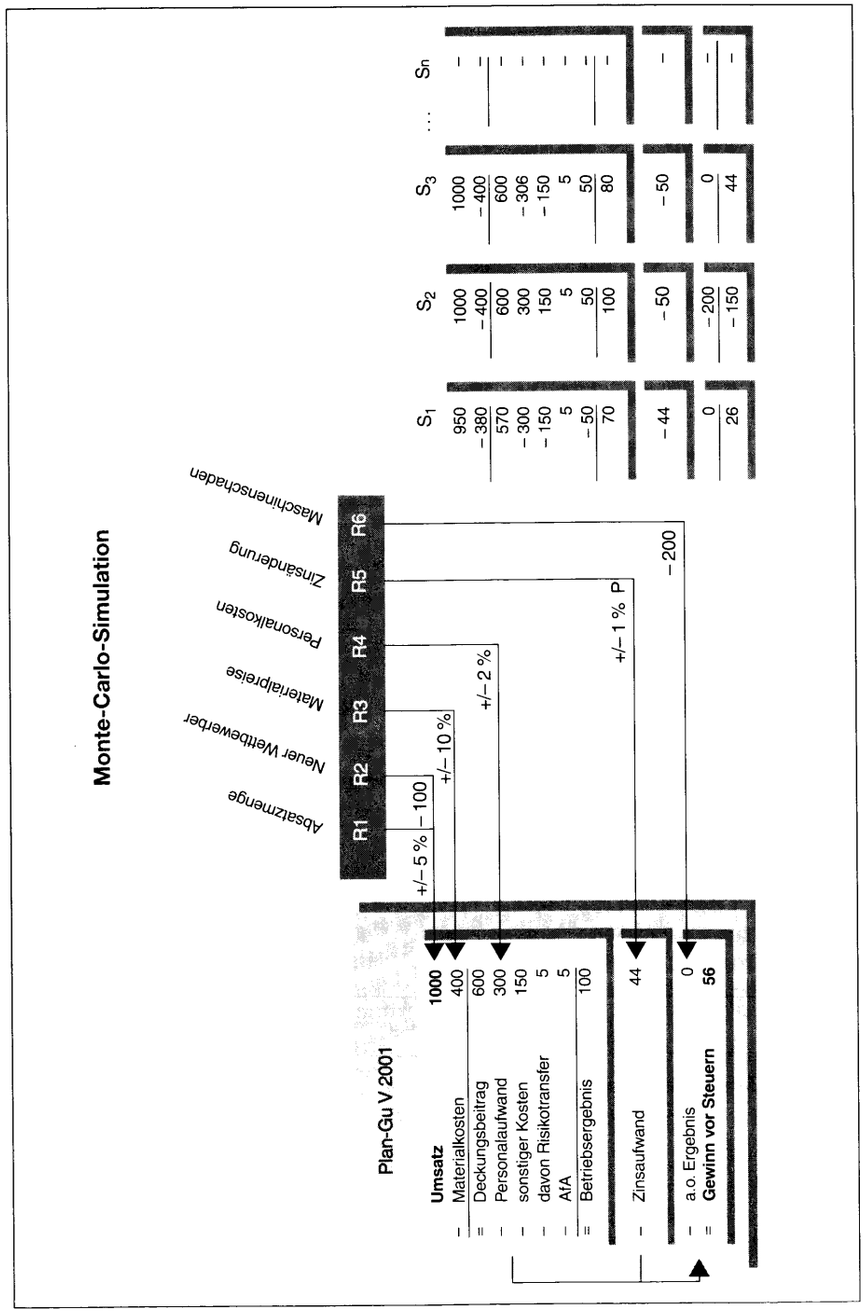

Abbildung 1: Risikoaggregation

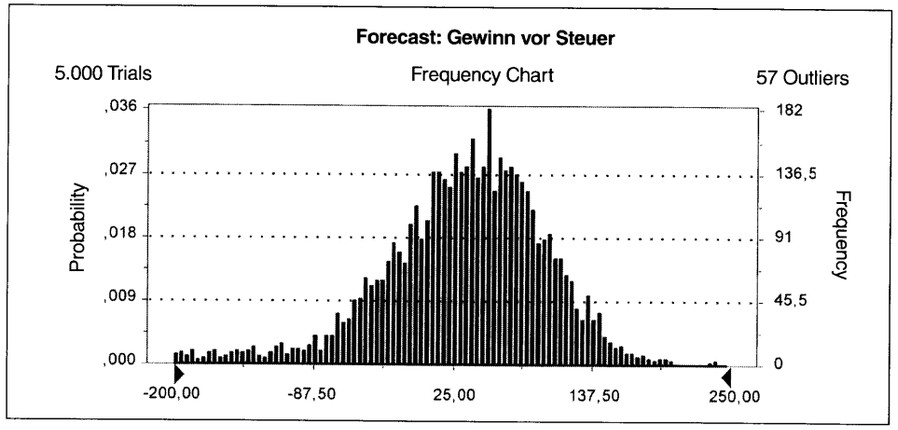

Abbildung 2: Verteilungsfunktion des Gewinns

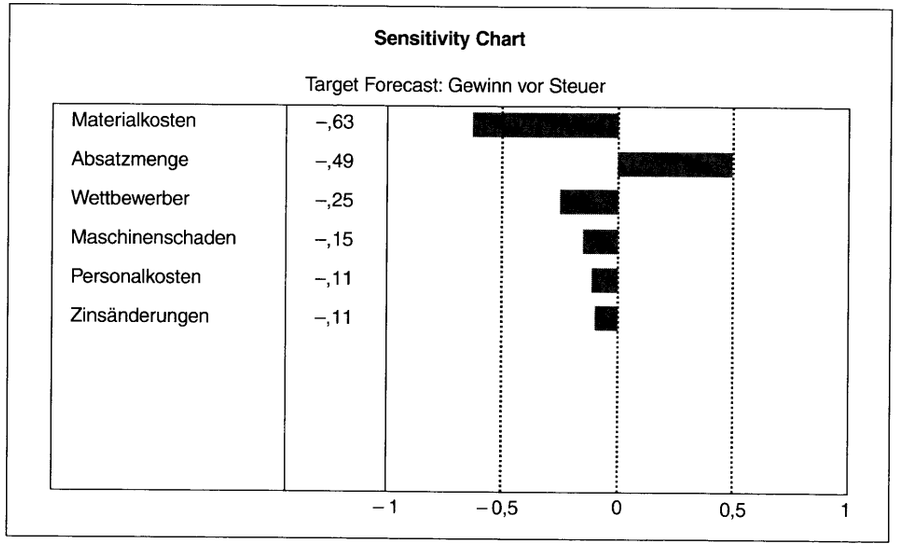

Abbildung 3: Sensitivitätsdiagramm

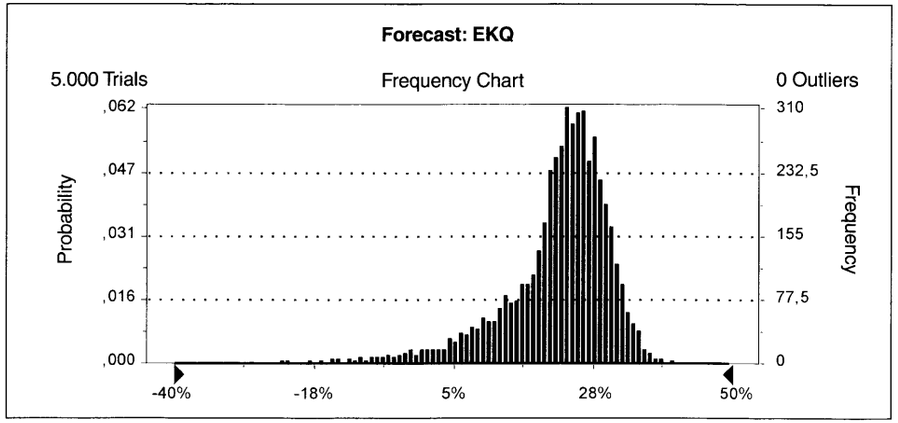

Abbildung 4: Verteilungsfunktion der Eigenkapitalquote

teilungsfunktion ist es unmittelbar möglich, die Angemessenheit der Eigenkapitalausstattung eines Unternehmens bei gegebenen Risiko zu beurteilen. In diesem Beispiel ergibt sich, dass das Eigenkapital in 3,2 Prozent aller Fälle negativ wird; das Unternehmen wäre also überschuldet. Falls diese „Ausfallwahrscheinlichkeit" bei der Risikopräferenz des Unternehmens – oder dem angestrebten Rating – zu hoch ist, gibt es die Möglichkeit

- entweder die Eigenkapitalausstattung zu verbessern oder
- durch geeignete Risikobewältigungsmaßnahmen den Risikoumfang zu senken.

Die Risikoaggregation geht jeweils von bestimmten Basisannahmen aus. Oft wird beispielsweise angenommen, dass die Kernkompetenzen des Unternehmens erhalten bleiben. Meist wird zudem von gezielten Reaktionen der Unternehmensführung beim Eintreten eines Risikos (z. B. das Verschieben von Großinvestitionen bei einer sehr unbefriedigenden Umsatzentwicklung) abgesehen. Ergänzend ist es natürlich in einem weiteren Schritt durchaus möglich die Konsequenzen bestimmter Reaktionsweisen der Unternehmensführung für den Risikoumfang mit zu analysieren indem das Planungssystem um Handlungsregeln ergänzt wird („Politik-Simulation"). So lassen sich alternative Zukunftsszenarien und Handlungsstrategien (z. B. Reaktionsstrategien auf die Preispolitik der Wettbewerber) unter Ertrags- und Risikogesichtspunkten analysieren.

Exkurs: Monte-Carlo-Simulation[18]

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.

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.

Bei der Risikoaggregation wird beispielsweise in unabhängigen Simulationsläufen eines Excel-Modells insgesamt 5000 mal das Planungsjahr „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 Marktparameter (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 vielfache 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-Risik**, 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 solchen Simulation werden zudem die wesentlichen Einflussfaktoren auf diese Gesamtrisikoposition ausgewiesen.

Betrachten wir die Grundidee der Simulation etwas genauer: Zufällige Ereignisse können, wenn sie häufig genug stattfinden, dazu benutzt werden, die verschiedensten Fragen zu beantworten. Diese in der Wissenschaft schon sehr alte Erkenntnis erlangte in den letzten 20 Jahren mit dem Vormarsch der Computer eine neue Dimension der Anwendbarkeit, da es plötzlich möglich war, „zufällige" Ereignisse mit dem Computer zahlreich und billig zu erzeugen oder, wie die Fachleute sagen, zu simulieren. Da der Kern einer solchen Simulation das Erzeugen von „Zufall" ist, hat sich der Name *Monte-Carlo-Simulation* eingebürgert. Ohne Simulationen gibt es nur eine einzige Chance, ein Problem mit dem Computer zu berechnen: man benötigt eine Lösung der zugrunde liegenden Theorie (oder zumindest eine Näherungslösung), einen analytischen Ausdruck, d. h. eine Formel.

Analytische Lösungen existieren meist nur für einfache bzw. stark vereinfachte Modelle der Realität (und sind dennoch bereits oft sehr kompliziert). Für die meisten real vorkommenden Probleme sind überhaupt keine analytischen Lösungen verfügbar. Man ist auf Experimente und Messungen (Marktbeobachtungen) angewiesen, mit dem entscheidenden Nachteil, dass man eben nur Dinge beobachten kann, die bereits geschehen sind.

Die allgemeine Vorgehensweise zur Durchführung einer Monte-Carlo-Simulation lässt sich in wenigen Phasen wie folgt beschreiben:

(0) Erzeugen der für die Monte-Carlo-Simulation benötigten Zufallszahlen;

(1) Umwandeln der Zufallszahlen in die benötigte Verteilung;

(2) Durchführen eines Schrittes einer Monte-Carlo-Simulation gemäß den gezogenen Zufallszahlen und der dahinter liegenden Verteilung;

(3) Wiederholen der Schritte (1), (2) und (3) bis eine ausreichende Anzahl von Simulationen generiert wurde, um hieraus stabile Verteilungen und Statistiken abzuleiten;

(4) Endauswertung: Bilden der Mittelwerte (Verteilungen) der gemessenen Größen, Berechnung des Value-at-Risk, Ermittlung der statistischen Fehler etc.

Im Grundsatz kann man sich die Monte-Carlo-Simulation als eine Art **Stichprobenverfahren** vorstellen, bei dem – analog dem Vorgehen bei Meinungsbefragungen der Marktforscher – aus einer großen, repräsentativen Stichprobe (hier von Zukunftsszenarien einer Unternehmens) auf die Grundgesamtheit geschlossen wird. Durch das Stichprobenverfahren gewinnt man eine sehr konkrete Vorstellung darüber, wie die Zukunft des Unternehmens – unter Berücksichtigung der bekannten Risiken – aussehen wird.

Zur Verdeutlichung wird im folgenden ein einfaches Beispiel für eine Monte-Carlo-Simulation gegeben. Seien beispielsweise zwei unabhängige Risiken R_1 und R_2 gegeben, mit jeweils fünf verschiedenen Ausprägungen $-2, -1, 0, 1, 2$. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wert angenommen wird, betrage jeweils 20 Prozent. Die gemeinsame Auswirkung der beiden Risiken, das Gesamtrisiko R, liegt im Bereich von -4 bis 4 und wird durch die folgende Tabelle beschrieben.

$R_2 \backslash R_1$	−2	−1	0	1	2
−2	−4	−3	−2	−1	0
−1	−3	−2	−1	0	1
0	−2	−1	0	1	2
1	−1	0	1	2	3
2	0	1	2	3	4

Man sieht, dass es 25 mögliche Szenarien gibt. Beispielsweise gibt es genau ein Szenario (Kombination von R_1 und R_2) mit einem Schadenswert für R ($= R_1 + R_2$) von −4; aber es gibt 5 Szenarien mit einem Wert von 0. Eine Ausprägung des Gesamtrisikos R mit dem Wert 0 ist also wesentlich wahrscheinlicher als der Wert −4.

Die möglichen Ausprägungen von R mit den jeweiligen Häufigkeiten bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten sind die folgenden:

Wert („Schaden")	−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4
Häufigkeit	1	2	3	4	5	4	3	2	1
Wahrscheinlichkeit	4 %	8 %	12 %	16 %	20 %	16 %	12 %	8 %	4 %

Der Erwartungswert für das Gesamtrisiko ist also $E(R) = 0$.

Bei der Monte-Carlo-Simulation löst man das Problem nicht analytisch, sondern mit Hilfe von Zufallszahlen. In diesem Fall benötigt man für jeden Simulationsdurchlauf zwei Zufallszahlen Z_1 und Z_2, die jeweils größer oder gleich 0 und kleiner 1 sind. Mit deren Hilfe bestimmt man realisierte Werte für R_1 und R_2. Dazu muss man eine Funktion generieren, die unter Beachtung der Eintrittswahrscheinlichkeiten einer Zufallszahl einen Wert für ein Risiko zuweist. Für das Beispiel sei eine solche Funktion durch folgende Tabelle charakterisiert:

Z_i	0 < = z < 0,2	0,2 < = z < 0,4	0,4 < = z < 0,6	0,6 < = z < 0,8	0,8 < = z < 1
Wert (R_i)	−2	−1	0	1	2

Werden also in einem Simulationsdurchlauf beispielsweise für Z_1 die Zufallszahl 0,3584 und für Z_2 0,8897 gezogen, so hat R_1 den Wert −1 und R_2 den Wert 2. Damit hätte man ein Gesamtrisiko für R von 1 realisiert. Dieses Vorgehen wiederholt man nun beispielsweise 1000 Mal, wodurch man jeweils 1000 Ausprägungen von Z_1, Z_2 und damit auch von R_1, R_2 sowie R erhält. Daraus kann nun beispielsweise der Mittelwert der 1000 realisierten Ausprägungen von R als ein Schätzer für den tatsächlichen Erwartungswert von R ermittelt werden. Man kann aber auch ein Histogramm für die Häufigkeitsverteilungen der Werte des Gesamtrisikos erstellen, das damit die geschätzte Wahrscheinlichkeitsverteilung von R wiedergibt.

Ein sehr 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.[19] 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.

Eine Aggregation für andere Korrelationstypen ist im Allgemeinen sehr schwierig und nur mittels Simulationsverfahren möglich. Bei dieser 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.

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. Der Vorteil der Monte-Carlo-Simulation liegt nun darin, dass sich das Verfahren für beliebige, auch stetige Wahrscheinlichkeitsverteilungen durchführen lässt. Ebenso kann eine große Anzahl von Zufallsvariablen mit unterschiedlichen Verteilungen in das Modell integriert werden. Schließlich können auch mehrere Zielgrößen betrachtet werden, die beliebig von den Zufallsvariablen abhängen können.

5. Ausblick: Wichtig ist eine fundierte Risikoanalyse

Eine wesentliche Voraussetzung für fundierte Maßnahmen der Risikobewältigung, die einen Beitrag zum Unternehmenserfolg (Unternehmenswert) leisten, ist eine zuverlässige Informationsbasis über die Risikosituation des Unternehmens, weil die Qualität jeder unternehmerischen Entscheidung über Maßnahmen letztlich von der Qualität der zugrundeliegenden Informationen abhängt. Dies erfordert leistungsfähige Verfahren zur Identifikation, Bewertung (Messung) und Aggregation der Risiken. Bei der Quantifizierung von

Risiken ist darauf zu achten, dass nur die nicht vorhersehbare Veränderungen relevant sind, was geeigneten Prognoseverfahren eine hohe Bedeutung zukommen lässt.

Eine Vielzahl von Risiken bei einem Unternehmen zu identifizieren, ist noch 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. Das Risiko-Management unterstützt so Controlling und Unternehmensplanung.

Die hohe Bedeutung einer fundierten Risikoanalyse für das gesamte Risiko-Management und letztlich auch für die Unternehmensstrategie rechtfertigt den Einsatz solcher etwas anspruchsvolleren, aber bewährten Methoden, wie die Monte-Carlo-Simulation.

Anmerkungen

1 Idealerweise ist die Relevanz als Annäherung an die Wirkungen eines Risikos auf den Unternehmenswert zu interpretieren. Neben der Schadenhöhe sind daher auch Eintrittswahrscheinlichkeit und Wirkungsdauer zu berücksichtigen. Der Erwartungswert des Risiko drückt dabei die mittlere Ergebnisbelastung aus, während der geschätzte Höchstschadenswert (ohne Berücksichtigung von Diversifikationseffekten) eine Vorstellung über den risikobedingten Bedarf an (zu verzinsenden) Eigenkapital gibt.

2 Die übliche Beschreibung des Risikos durch „Schadenhöhe" und „Eintrittswahrscheinlichkeit" ist nur ein denkbarer Spezialfall. Manche Risiken – z. B. Zinsänderungen lassen sich sinnvoller durch eine Normalverteilung beschreiben, weil völlig verschiedene Zinsänderungen mit jeweils anderen Schadenhöhen denkbar sind. Leistungsfähige Risiko-Managementsysteme sollten sich nicht a priori auf eine Art der Schadensbeschreibung festlegen, sondern jedes Risiko individuell und angemessen beschreiben. Eine Aggregation von Risiken ist nämlich durchaus auch möglich (vgl. Monte-Carlo-Simulation), wenn unterschiedliche Verteilungen verwendet werden.

3 Vgl. M. Porter, Wettbewerbsstrategie, 1995.

4 Zu den Methoden der Analyse und des Managements von Finanzmarktrisiken vgl. Eller, R. (Hrsg.), Handbuch des Riskomanagements (1998).

5 Vgl. zu Entscheidungen unter Ungewissheit und Risiko: Gleißner, Faustregeln für Unternehmer, 2000, S. 226–232.

6 Während der Schadenserwartungswert nur Informationen über die „durchschnittliche Ertragsbelastung" eines Risikos liefert (und damit bei erwartungstreuer Planung 0 ist), berücksichtigt der VaR auch explizit die Konsequenzen einen besonders ungünstigen Entwicklung für das Unternehmen. Zu beachten ist zudem, dass die Standardabweichung nur bei einer Normalverteilung den Risikoumfang alleine beschreibt. Bei anderen Verteilungstypen sind unter Umständen weitere Parameter (z. B. Schiefe oder Wölbung) erforderlich. Oft ist zudem ergänzend auch eine „relative" Beschreibung des Risiko sinnvoll; z. B. als Quotient von Standardabweichung zum Erwartungswert der Verteilung („Variationskoeffizient").

7 Vgl. Gleißner, W.; Füser, K.; Moderne Frühwarn- und Prognosesysteme für Unternehmensplanung und Risiko-Management, in: Der Betrieb, 19/2000, S. 933–941.

8 Anzumerken ist, dass rationale Erwartungen und autoregressive Erwartungen nicht unterscheidbar sind, wenn keine A-priori-Informationen über die erzeugenden Prozesse der exogenen Variablen und der Residuen eines Modells bekannt sind oder sich die Wirkungsverzögerungen der exogenen Variablen a priori nicht bestimmen lassen (Pesaran, 1981, S. 375–398).

9 Der Erwartungswert des Prognosefehlers ε, $E(\varepsilon)$ muss somit Null sein. Die Prognose ist erwartungstreu.

10 Orthogonalität der Prognosefehler (ε) gegenüber den verfügbaren Informationen (I), d. h. Erwartungswert $E(\varepsilon I) = 0$.

11 Aus dieser Eigenschaft rationaler Erwartungen folgt insbesondere auch, dass die Prognosefehler keine Autokorrelationsstruktur aufweisen. Ein Beispiel für den ökonometrischen Test auf Rationalität von Erwartungen (Prognosen) findet man bei Kirchgässner (1982, S. 224–227).

12 Dem zeitreihenanalytischen Ansatz von Box/Jenkins (1968) folgend, läßt sich eine Zufallsvariable X_t als gewichtetes Mittel aus gegenwärtigen und q vergangenen stochastischen Schocks μ darstellen ($MA(q)$-Darstellung). Alternativ zur $MA(q)$-Darstellung kann man für Zufallsvariablen einer Zeitreihe eine Darstellung als autoregressiven Prozess der Ordnung p ($AR(p)$-Prozess) wählen. Eine Kombination beider Ansätze sind $ARMA(p,q)$-Modelle, die so spezifiziert werden können, dass die Anzahl der zu schätzenden Parameter ($p + q$) minimal wird:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \ldots + \alpha_p y_{t-p} + \mu_t + \beta_1 \mu_{t-1} + \beta_2 \mu_{t-2} + \ldots + \beta_q \mu_{t-q}$$

13 Diese Betrachtung von Risiken geht davon aus, dass über die Entwicklung der unter Risikogesichtspunkten zu analysierenden Variable ausreichend Vergangenheitsdaten vorliegen. Ist diese Anforderung nicht erfüllt, sind verschiedene Hilfsverfahren nötig, um geeignete Verteilungsfunktionen zumindest abschätzen zu können.

14 Anzumerken ist, dass diese Innovationen – bei Einbeziehung weiterer Informationen – teilweise durch die Wirkung anderer Variablen erklärt werden könnten, was eine weitere Reduzierung des Riskos bedeuten würde (Konzept „rationaler Erwartungen"). Auf Grund der angesprochenen Probleme dieses Modells wird hiervon zunächst abgesehen; insbesondere, weil kaum objektiv belegbar ist, welches „Kausalmodell" eine optimale Prognose ergibt. Zu den statistisch-ökonometrischen Themen bei der Bestimmung und Analyse der „Zeitreiheninnovationen" – wie „Bereinigung von Zeitreihen", „Probleme integrierter Zeitreihen", „zeitlich veränderliche Varianzen (GARCH)" und „Kausalanalyse" – vgl. Gleißner, W., Notwendigkeit, Charakteristika und Wirksamkeit einer heuristischen Geldpolitik, 1997 sowie die im Literaturverzeichnis genannte weiterführenden Texte.

15 Sie haben „white noise"-Eigenschaft und sind somit autokorrelationsfrei.

16 Offensichtlich ist, dass die Aggregation von Risiken nicht durch eine Addition der Schadenhöhen lösbar ist. Dies wäre nur bei vollständig korrelierten Risiken (Korrelationskoeffizient = 1) zulässig und führt in der Praxis zu einer massiven Überschätzung des Gesamtrisikos eines Unternehmens.

17 Ein einfaches Fallbeispiel für die Aggregation von Risiken eines Unternehmens findet man bei Gleißner, W./Meier, G., Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation, in: Versicherungswirtschaft, Heft 13/1999, S. 926–929.

18 Der Exkurs: Monte-Carlo-Simulation wurde gemeinsam von Werner Gleißner und Marco Wolfrum verfasst.

19 Vgl. Deutsch, H.-P., Monte-Carlo-Simulationen in der Finanzwelt, in: Eller, R. (Hrsg.), Handbuch des Riskomanagements, 1998, S. 261–313.

Literatur

BOLLERSLEV, T., 1986: Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity, in: Journal of Econometrics, 31, S. 307–327.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M., 1968: Time Series Analysis, forcasting and control, San Francisco.

CASTI, J. L., 1992, Szenarien der Zukunft, Stuttgart.

COOLEY, T. F; PRESCOTT, E. C., 1976: Estimation In The Presence Of Stochastic Parameter Variationin: Econometrica, 44, No. 1, 1976, S. 167–184.

COOPER, J. P.; NELSON, C. R., 1975: The Ex Ante Prediction Performence of the St. Louis and FRB-MIT-PENN Econometric Models and Some Results on Composite Predictors, in: Money, Credit, and Banking, 7, S. 1–32.

COOPER, R. L., 1972: The predictive performence of quaterly econometric models of the United States, in: HICKMAN, B. G.: Econometric Models of Cyclic Behavior, New York.

CRAMER, R. H.; MILLER, R. B., 1976: Dynamic modeling of multivariate time series for use in bank analysis, in: Journal of Money, Credit, and Banking, 8, S. 85–96.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A., 1981: Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root, in: Econometrica, 49, S. 1057–1072.

ELLER, R. (Hrsg.), Handbuch des Risikomanagements, 1998.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J., 1987: Co-Integration and error correction: representation, estimation, and testing, in: Econometrica, 55, S. 251–276.

ENGLE, R. F.; HENDRY, D. F.; Richard, J.-F., 1983: Exogeneity, in: Econometrica, 51, S. 277–304.

FAMA, E. F.; GIBBONS, M. R., 1984: A Comparision of Inflation Forcasts, in: Journal of Monetary Economics, 13, S. 327–348.

FEIGE, E.L.; PEARCE, D. W., 1976: Economically rational expectations: are innovations in the rate of inflation independent of innovations in measures of monetary and fiscal policy?, in: Journal of Political Economy, 84, S. 499–522.

GLEISSNER, W., 1997, Notwendigkeit, Charakteristika und Wirksamkeit einer Heuristischen Geldpolitik, Dissertation 1997.

GRANGER, C. W. J., 1980: Testing for Causality, in: Journal of Economic Dynamics and Controll, 2, S. 329–352.

GRANGER, C. W. J., 1983: Co-Integrated Variables and Error-Correcting Models, University of California, San Diego Discussion Paper, 1983–13.

GRANGER, C. W. J.; Newbold, P., 1974: Spurious Regressions in Econometrics, in: Journal of Econometrics, 2, S. 111–120.

GRANGER, C. W. J.; Newbold, P., 1977: Identification of two-way causal models, in: Intriligator, M. D., Frontiers of quantitative economics, Toronto.

HILLMER, M., 1993, Kausalanalyse makroökonomischer Zusammenhänge mit latenten Variablen, Heidelberg

KARMANN, A., 1990: Kausalanalyse von Zeitreihendaten mittels LISREL, in: Nakhaeizadeh, G./Vollmer, K.-H. (Hrsg.), Neuere Entwicklungen in der Angewandten Ökonometrie, Heidelberg, S. 45–54.

KIRCHGÄSSNER, G., 1991, Homo oeconomicus, Tübingen.

LEAMER, E. E., 1983, Let's Take the Con out of Econometrics, in: American Economic Review, 73, No. 1, S. 31–43.

MUTH, J. F., 1961: Rational Expectations and the Theory of Price Movements, in: Econometrica, 29, S. 315–335.

NAKHAEIZADEH, G.; VOLLMER, K.-H. (Hrsg.), 1991: Anwendungsaspekte von Prognoseverfahren, Heidelberg.

NERLOVE, M., 1956: Estimates of the elasticities of supply of selected agricultural commodities, in: Journal of Farm Economics, 39, S. 496–509.

NERLOVE, M., 1958: Distributed Lags and Demand Analysis for Agricultural and Other Commodities, in: Agriculture Handbook, No. 151.

PESARAN, M. H., 1981: Identification of Rational Expectations Models, in: Journal of Econometrics, 16, S. 375–398.

PLOSSER, Ch.; Schwert, W. G., 1977: Estimation of a non-invertible moving average process, The case of overdifferencing, in: Journal of Econometrics, 6, S. 199–224.

SCHUHR, R., 1991: Lineare versus nichtlineare Modelle für univariate Zeitreihen: Diagnoseverfahren und Tests, Frankfurt/Main.

UTECHT, B., 1994, Neuklassische Theorie, Marktunvollkommenheit und Beschäftigungspolitik, Berlin.

WASSERFALLEN, W., 1988: Trends, Random Walks, and the Expectations-Argumented Phillips Curve – Evidence from Six Countries, in: Journal of Money, Credit, and Banking, 20, No. 3, S. 307–318.

ZELLNER, A., 1979: Causality and Econometrics, in: Brunner, K.; Meltzer, A. H., Three aspects of policy and policymaking, S. 9–54.