

## Ansätze zur Ermittlung des Gesamtbankrisikos

Banken gehen im Rahmen ihrer Funktion als Finanz- beziehungsweise Risikointermediär hohe Transformationsrisiken ein. Für eine erfolgreiche Geschäftstätigkeit ist deshalb ein umfassendes Risikomanagementsystem, welches Risiken misst, steuert und kontrolliert, unumgänglich. Im Allgemeinen wird Risiko im engeren Sinne als die Gefahr einer negativen Abweichung des realisierten Objektwertes von seinem Zielwert, zum Beispiel dem Erwartungswert, bezeichnet. Ein in der Praxis weit verbreitetes Risikomaß ist der Value at Risk (VaR), der eine Wertgrenze darstellt, die nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  nach unten überschritten wird. Formal entspricht dies dem  $\alpha$ -Quantil der entsprechenden Wertverteilung.<sup>1)</sup> Ein alternatives Downside-Risikomaß ist das Lower Partial Moment One, das im Unterschied zum VaR nicht nur einen Punkt, sondern einen spezifischen linken Abschnitt der Verteilungsfunktion berücksichtigt.<sup>2)</sup>

### Typische Verteilungseigenschaften der Risikoarten

Nicht zuletzt aufgrund der Vorgaben durch die Regulierung ermitteln Banken derzeit ihre Risiken kategorisiert in den Risikoarten Marktrisiko, Kreditrisiko und operationelles Risiko.<sup>3)</sup> Dabei lassen sich folgende typische Verteilungseigenschaften angeben:<sup>4)</sup>

– Die zur Ermittlung des Marktrisikos unterliegende Renditeverteilung ( $F_m$ ) wird in der Regel als symmetrisch angenommen. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass die oftmals in der Praxis unterstellte Normalverteilung den zu beobachtenden Fat Tails nicht gerecht wird und deshalb t- oder auch Normal-Mixture-Verteilungen vorzuziehen sind.

– Renditen aus kreditrisikobasierten Geschäften werden durch eine linksschiefe Verteilungsfunktion ( $F_c$ ) beschrieben. Mög-

lichen hohen Verlusten, die allerdings mit recht geringer Wahrscheinlichkeit eintreten, stehen begrenzte positive Renditen gegenüber. Zur Modellierung werden unter anderem Beta- und Weibull-Verteilungen eingesetzt.

– Bei den operationellen Risiken sind verschiedene Ausgestaltungen der Vertei-

lungsfunktion ( $F_o$ ) denkbar. Bei der Fokussierung auf operationelle Schäden (Ausschluss von Chancen) ist wiederum eine linksschiefe Verteilung plausibel, deren Masse auf den negativen Bereich beschränkt ist und bei der seltene hohe Verluste häufigen niedrigen Verlusten gegenüberstehen.

Die drei Verteilungen der einzelnen Risikoarten sind gemäß mathematischem Vokabular die Randverteilungen der gemeinsamen multivariaten Verteilung. In Abbildung 1 werden die Dichtefunktionen der Randverteilungen schematisch dargestellt.

### Ziele der Ermittlung des Gesamtbankrisikos

Die Notwendigkeit der Gesamtrisikoeermittlung leitet sich aus fundamentalen Zielen der Banksteuerung ab, zu deren Verfolgung eine isolierte Betrachtung der einzelnen Risikoarten nicht ausreicht, sondern eine adäquate Aggregation unter Berücksichtigung von Diversifikationseffekten erforderlich ist. Im Folgenden werden drei solcher Ziele vorgestellt.<sup>5)</sup>

– Eine Bank muss auch unter extremen Marktbedingungen ausreichend Kapital aufweisen, um auftretende Verluste fast immer absorbieren zu können. Dem Ziel der Kapitaldeckung nachzukommen heißt formal, dass das zur Verlustdeckung gehaltene Kapital größer sein muss als das  $\alpha$ -Quantil der Verteilung des Gesamtgewinnes. Ein  $\alpha$  in Höhe von 0,1 Prozent bedeutet, dass die Bank für 99,9 Prozent aller denkbaren Ergebnisrealisationen genügend Kapital aufweist. Zur Operationalisierung muss folglich die Gesamtgewinnverteilung oder wenigstens deren  $\alpha$ -Quantil ermittelt werden. Da Banken ihr Überleben mit hoher Wahrscheinlichkeit sichern wollen, ist von einem sehr kleinen  $\alpha$  auszugehen.<sup>6)</sup>

*Rolf Böve, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Kreditwesen, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Carsten Hubensack, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, und Prof. Dr. Andreas Pfingsten, Direktor, Institut für Kreditwesen, Westfälische Wilhelms-Universität Münster*

*Angestoßen durch Basel II wurden in den letzten Jahren die Risikomanagementsysteme in Banken ausgebaut und die Verfahren zur Quantifizierung von Kredit- und Marktrisiko sowie zuletzt auch operationellem Risiko verfeinert. Während innerhalb dieser Risikoarten Diversifikationseffekte berücksichtigt werden, fehlt es aus Sicht der Autoren zur Ermittlung des Gesamtbankrisikos noch immer an einem anerkannten Ansatz zur Berücksichtigung der Diversifikation zwischen den Risikoarten, den sie für eine effiziente Banksteuerung jedoch für unerlässlich halten. Die Autoren zeigen zunächst für welche Ziele der Banksteuerung das Gesamtbankrisiko eine entscheidungsrelevante Information ist und stellen mit einem Risikofaktormodell, dem Varianz-Kovarianz- und dem Copula-Ansatz drei Alternativen zur Ermittlung des Gesamtbankrisikos vor. Diese werden anschließend anhand von Kriterien in Bezug auf die verfolgten Ziele bewertet. Abschließend sprechen die Autoren Empfehlungen aus, welches Verfahren aus heutiger Sicht für welche Zielverfolgung am geeignetsten scheint. (Red.)*

– Um im Rahmen der Gesamtbanksteuerung das Kapital effizient auf die Geschäftsbereiche (BU) verteilen zu können, ist eine Bewertung der Bereiche in Form eines Rendite-Risiko-Profiles durchzuführen. Dafür muss unter Berücksichtigung von Diversifikation der marginale Risikobeitrag zum Gesamtrisiko und folglich zunächst das Gesamtrisiko selbst ermittelt werden. Dieses Ziel der Allokation referenziert vor allem auf die Effizienz und Wettbewerbfähigkeit der Bank unter normalen Marktbedingungen. Bei Rückgriff auf den VaR als Risikomaß wäre somit ein größeres  $\alpha$  als beim Ziel der Kapitaldeckung zu verwenden.

– Um sich im Rahmen der Dynamischen Finanzanalyse ein Bild über die langfristige Überlebenssicherung der Bank und die generelle Stärke im Vergleich zu den Wettbewerbern zu machen, sind sämtliche wesentliche Geschäftsaktivitäten unter Berücksichtigung externer Einflussfaktoren in einem Modell so zusammenzuführen, dass eine Schätzung des zukünftigen Risikopotenzials der Bank erfolgen kann.<sup>7)</sup>

**Kriterien und zielabhängige Kriteriengewichtung**

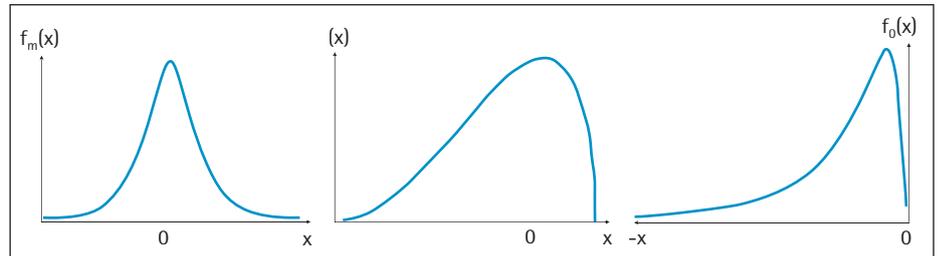
Um Verfahren zur Ermittlung des Gesamtbankrisikos konsistent zu beurteilen und auf die Erfüllung der drei Ziele zu prüfen, werden die folgenden Kriterien angewendet.<sup>8)</sup>

1. Das Kriterium der Stichhaltigkeit prüft die theoretische Fundierung des Vorgehens und die korrekte Abbildung des Risikos. Entscheidend ist, inwieweit die getroffenen Annahmen mit der Realität übereinstimmen und welche Folgen etwaige Verletzungen haben.

2. Die Praktikabilität zielt auf eine reibungslose Implementierung, Datenbeschaffung, Datenverarbeitung sowie die Handhabung und das geforderte Know-how ab und berücksichtigt die Wirtschaftlichkeit<sup>9)</sup>. Dieses Kriterium ist generell schwierig zu prüfen, da im Einzelfall die unternehmensindividuellen Voraussetzungen einen entscheidenden Einfluss haben.

3. Die innerbetriebliche Akzeptanz misst Transparenz, wahrgenommene Fairness und Vermittlungsfähigkeit der Verfahren und berücksichtigt Anreizwirkungen, die durch die Implementierung entstehen.

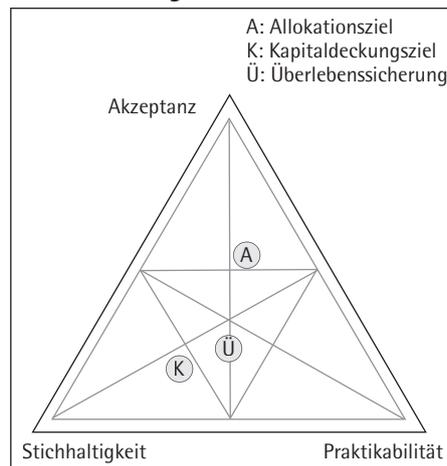
**Abbildung 1: Dichtefunktionen der Randverteilungen**



Die Gewichtung der Kriterien bei der Beurteilung hängt von dem Ziel ab, das mit der Gesamtrisikoeermittlung verfolgt wird. Für das Ziel der Kapitaldeckung ist Stichhaltigkeit vor Praktikabilität und Akzeptanz das entscheidende Kriterium, da Verfahrensungenauigkeiten bei der hier zu betrachtenden Extremsituation (formalisiert durch ein kleines  $\alpha$ ) signifikante Auswirkungen haben können und die katastrophalen Folgen bei Zahlungsunfähigkeit einer Bank zu berücksichtigen sind. Das Ziel der Allokation ist eng mit der innerbetrieblichen Steuerung und daher mit Anreizwirkungen verbunden, weshalb auf eine hohe Akzeptanz zu achten ist.

Aufgrund der Wichtigkeit der Funktionsfähigkeit des Systems ist ferner der Praktikabilität mehr Beachtung zu schenken als der Stichhaltigkeit. Diese Gewichtung kann auch damit gerechtfertigt werden, dass unter normalen Marktbedingungen (formalisiert durch ein vergleichsweise großes  $\alpha$ ) Abschnitte der Randverteilung von Bedeutung sind, welche generell weniger sensitiv auf Verfahrensfehler reagieren. Im Rahmen der Überlebenssicherung sind die

**Abbildung 2: Zielabhängige Gewichtung der Beurteilungskriterien**



Kriterien Stichhaltigkeit und Praktikabilität gleichermaßen zu beachten. Aufgrund der Langfristigkeit der Betrachtung würden sich Schätzfehler durch Modellierungsungenauigkeiten potenzieren. Andererseits ist aufgrund der Komplexität von dynamischen Gesamtbankmodellen auf hohe Praktikabilität zu achten. Da die Ergebnisse nur für einen kleinen Adressatenkreis bestimmt sind und kaum Einfluss auf das tägliche Geschäft haben, ist das Kriterium der Akzeptanz weniger bedeutend. Für jedes Ziel muss bei jedem Kriterium ein gewisses Mindestmaß erfüllt sein. Abbildung 2 visualisiert die zielabhängige Gewichtung der Kriterien.

**Verfahren zur Ermittlung des Gesamtbankrisikos**

Bei den Verfahren zur Bestimmung des Gesamtbankrisikos sind Bottom-up- und Top-down-Ansätze zu unterscheiden.<sup>10)</sup> Bottom-up-Verfahren ermitteln das Gesamtbankrisiko unmittelbar aus den Einzelpositionen, ohne vorher über Risikoarten zu aggregieren. Eine Bestimmung der Randverteilungen ist jedoch zur Erfüllung regulatorischer Anforderungen (Ausweis des Markt-, Kredit- und operationellen Risikos) zusätzlich erforderlich. Dieser Umstand und der hohe Rechenaufwand machen Bottom-up-Ansätze für den Einsatz in der Praxis wenig attraktiv. Aus diesem Grund widmet sich dieser Beitrag ausschließlich der Analyse der Top-down-Ansätze, die das Gesamtbankrisiko aus bereits aggregierten Daten ermitteln, ohne auf die einzelnen Positionen des Bankportfolios abzustellen. Die ersten beiden der hier vorgestellten Verfahren gehen dabei von vorliegenden Randverteilungen aus, während bei Risikofaktormodellen im Vorfeld nicht über Risikoarten, sondern – auf Basis von Risikofaktoren – über Geschäftsbereiche aggregiert wird.

Varianz-Kovarianz-Verfahren: Dieses Verfahren verzichtet auf die Ermittlung der

---

Gesamtgewinn- beziehungsweise Gesamtrenditeverteilung und schätzt stattdessen nur deren Quantil mit Hilfe der bereits ermittelten Quantile<sup>11)</sup> der Randverteilungen und der linearen Korrelation zwischen den Risikoarten. Ersetzt man in der klassischen Formel zur Ermittlung der Standardabweichung eines Portfolios die einzelnen Standardabweichungen durch die entsprechenden VaRs, so erhält man folgende Formel als einfache Berechnungsgrundlage für den Gesamtbank-VaR:

$$VaR_G = \sqrt{[VaR]^T * [K] * [VaR]}. \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet [VaR] den VaR-Vektor der Randverteilungen und [K] die Korrelationsmatrix, welche die Abhängigkeit der Wertrealisationen untereinander beschreibt. Bei Annahme perfekt positiver Korrelationen kann der aggregierte VaR durch einfache Addition berechnet werden; dies entspricht dem Verfahren der Regulierung und impliziert eine konservative Wertobergrenze.<sup>12)</sup>

Diese Art der Berechnung des VaR führt nur in Spezialfällen zum korrekten Ergebnis. Grundvoraussetzung dafür ist, dass die Randverteilungen vom gleichen Typ sind. Wie oben beschrieben, unterscheiden sich jedoch die Verteilungen der einzelnen Risikoarten erheblich.<sup>13)</sup>

### **Unterschiedliche Verteilungen je nach Risikoarten**

Aggregation mit Copula-Funktionen: Bei diesem Aggregationsverfahren werden die einzelnen Randverteilungen zu einer multivariaten Verteilung verbunden und daraus die Gesamtverteilung ermittelt.<sup>14)</sup> Die Copula-Funktion gibt dabei den Zusammenhang zwischen der multivariaten Verteilung und den Randverteilungen der Risikoarten an. Der Satz von Sklar besagt, dass jede gemeinsame Verteilung durch eine Copula und die Randverteilungen beschrieben werden kann.<sup>15)</sup> Angewandt auf die vorliegende Problematik bindet die Copula C gemäß folgender Formel die drei Randverteilungsfunktionen zu ihrer gemeinsamen Verteilungsfunktion  $F_G$ :

$$F_G(x_m, x_k, x_o) = C(F_m(x_m), F_c(x_k), F_o(x_o)). \quad (2)$$

Mit Copula-Funktionen können so auch gemeinsame Verteilungen modelliert werden, die nicht über Randverteilungen gleichen Typs verfügen. Die Gesamtverteilung

wird einerseits durch die Randverteilungen erklärt, die alle Informationen über die einzelnen Risikoarten enthalten und andererseits durch die Copula, die alle Informationen über den Zusammenhang zwischen den bereits aggregierten Positionen beinhaltet.

### Über die lineare Korrelation hinaus

Der Zusammenhang, der durch eine Copula beschrieben wird, geht erheblich weiter als die lineare Korrelation, die nur bei elliptischen multivariaten Verteilungen zu einer eindeutigen Zusammenführung der Randverteilungen ausreicht.<sup>16)</sup> So können insbesondere Randabhängigkeiten, die das gemeinsame Verhalten der Randverteilungen in den tails angeben, explizit modelliert werden, wobei die Wahl der Copula-Funktion eine entscheidende Rolle spielt.

Die Normal-Copula unterstellt zum Beispiel eine Abhängigkeitsstruktur wie bei einer multivariaten Normalverteilung und erfordert damit zur Aggregation neben den Randverteilungen nur noch die Korrelationsmatrix.<sup>17)</sup> Die t-Copula ermöglicht im Vergleich zur Normal-Copula das Abbilden von positiven Randabhängigkeiten. Dafür muss als zusätzlicher Parameter die Anzahl der Freiheitsgrade geschätzt werden. Ferner können Archimedische Copula-Funktionen Abhängigkeitsmuster mit differierender unterer und oberer Randabhängigkeit erzeugen.

Bei den Schätzverfahren lassen sich parametrische, semi-parametrische und nicht-parametrische Verfahren unterscheiden. Aufgrund der hohen Datenanforderungen bei Letzteren, scheinen parametrische Ansätze für die Praxis am zweckmäßigsten. Hierbei ist im Vorhinein festzulegen, welche Copula-Familien berücksichtigt und damit welche Parameter geschätzt werden sollen. Die Ermittlung der Gesamtverteilung ist bei Copulas im Allgemeinen nur mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation möglich.<sup>18)</sup>

### Identifikation von Risikofaktoren

Risikofaktormodelle: Risikofaktormodelle ermitteln das Gesamtbankrisiko durch die Identifikation von Risikofaktoren und nicht über die Aggregation der Risikoarten. Dahinter steht die Idee, dass sich das Gesamtrisiko durch die Sensitivitäten (Vektor  $\beta_i$ ) des Gewinns einzelner BUs gegenüber den

Veränderungen von ausgewählten Risikofaktoren (Vektor  $\chi$ ) erklären lässt.<sup>19)</sup> Denkbare Risikofaktoren sind zum Beispiel Zinssätze, Credit-Spreads, Aktienkurse oder makroökonomische Größen wie die Inflationsrate. Die Sensitivitäten können durch Regressionsverfahren empirisch bestimmt, zum Teil analytisch hergeleitet oder durch Expertenurteile geschätzt werden.

Im linearen Grundmodell von Alexander/Pézier (2003) wird der Gewinn  $P_i$  eines Geschäftsbereiches beschrieben als

$$P_i = \gamma_i + \beta_i^T \chi + \varepsilon_i.$$

Dabei ist  $\gamma_i$  der erwartete Gewinn und  $\varepsilon_i$  das Residuum, also die nicht durch die Risikofaktoren erklärte Gewinnstreuung der BU  $i$ . Der Gesamtbankgewinn ergibt sich als Summe der einzelnen Gewinne. Aus den Varianzen der Risikofaktoren lässt sich die Varianz der Gesamtgewinnverteilung ermitteln und damit das Gesamtbankrisiko: Mit Hilfe der Kovarianzmatrix  $R$  für die Risikofaktoren und der Kovarianzmatrix  $E$  für die Residuen<sup>20)</sup> kann die Kovarianzmatrix  $V$ , die ihrerseits alle Kovarianzen zwischen den Gewinnen  $P_i$  der BUs enthält, wie folgt berechnet werden:

$$V = B^T * R * B + E.$$

Die Spalten der Matrix  $B$  bestehen aus den Sensitivitätsvektoren der einzelnen BUs gegenüber den Risikofaktoren. Addiert man die Einträge in  $V$ , so erhält man die Varianz des Gesamtbankgewinns, welche sich multiplikativ mittels eines so genannten Skalierungsfaktors  $\varphi$  in den VaR transformieren lässt.<sup>21)</sup>

Die angegebene analytische Berechnung des VaR unterstellt eine elliptische gemeinsame Verteilung der Risikofaktoren. Deshalb ist dieses lineare Modell für eine kurz- bis mittelfristige Betrachtung unter normalen Marktumständen entwickelt worden. Für extreme Marktbedingungen ist das Grundmodell zu modifizieren. So kann der lineare Zusammenhang zwischen Gewinnen und Risikofaktoren durch andere funktionale Zusammenhänge, zum Beispiel quadratischer Natur, ersetzt werden. Ferner bietet sich die Schätzung der Korrelationen auf Basis von ausschließlich extremen Bewegungen an. Fat Tails bei den Verteilungen ist zum Beispiel durch Annahme einer t-Verteilung Rechnung zu tragen. Das Gesamtrisiko beziehungsweise

der Skalierungsfaktor kann dann nur durch eine Simulation und nicht mehr analytisch ermittelt werden.<sup>22)</sup>

### Analyse der Verfahren

Das Varianz-Kovarianz-Verfahren weist in Bezug auf die Stichhaltigkeit erhebliche Mängel auf. Die Annahme einer elliptischen Gesamtverteilung ist nicht haltbar, da die Randverteilungen völlig unterschiedlicher Natur sind. Die Verwendung der linearen Korrelation als Abhängigkeitsmaß ist ebenfalls nur bei elliptischer Verteilung unproblematisch. Zudem ist das Verfahren unvermeidlich an die Schwächen des VaR-Konzeptes gebunden. Copula-Funktionen erlauben sowohl eine kohärente Aggregation von beliebigen Randverteilungen ohne die Annahme einer multivariaten elliptischen Verteilung, als auch die Verwendung von besser geeigneten Zusammenhangsmaßen als dem linearen Korrelationskoeffizienten. Da der VaR nur mit Hilfe einer Simulation bestimmt werden kann, ist die Stichhaltigkeit auch von der Qualität dieser Simulation abhängig. Durch dieses Verfahren ergibt sich jedoch der Vorteil, dass alternative Risiko- maße berechnet und aus der Gesamtgewinnverteilung weitere Informationen abgeleitet werden können.

Das lineare Risikofaktor-Grundmodell stellt Zusammenhänge stark vereinfacht da und weist in Bezug auf Verteilungsannahmen ähnliche Mängel wie das Varianz-Kovarianz-Verfahren auf. Allerdings werden die Risikofaktoren-Verteilungen aufgrund ihrer geringen Schiefe durch eine elliptische Verteilung besser approximiert als die Renditeverteilungen im Varianz-Kovarianz-Verfahren. Die Stichhaltigkeit hängt stark von Art und Anzahl der Risikofaktoren und der Schätzbarkeit der Sensitivitäten ab und steht so in einem direkten Zusammenhang mit der Praktikabilität. Gelingt es, alle wesentlichen Modellparameter zu identifizieren, kann das lineare Modell für normale Marktverhältnisse das Gesamtrisiko ausreichend genau abbilden.<sup>23)</sup>

Die Verbesserungsmaßnahmen, die im erweiterten Modell den extremen Marktbedingungen gerecht werden sollen, weisen ebenfalls starke Vereinfachungen auf. Kritisch sind vor allem die Simulation des Skalierungsfaktors und die Frage, wie stabil dieser ist, sowie die Verwendung von Korrelationen zur Abbildung der Abhän-

gigkeiten zwischen den Risikofaktoren.<sup>24)</sup> Das Modell und somit auch die Stichhaltigkeit sind jedoch grundsätzlich beliebig erweiterbar.

Hinsichtlich der Praktikabilität ist zum Varianz-Kovarianz-Verfahren festzuhalten, dass es einfach installierbar und handhabbar ist, da der Gesamtbank-VaR analytisch ohne hohen Rechenaufwand ermittelt werden kann. Problematisch hingegen ist die Bestimmung der Korrelationen zwischen den Renditen, die zwar technisch einfach ist, für die aber gerade in Bezug auf das operationelle Risiko (noch) keine ausreichend langen Zeitreihen vorliegen.<sup>25)</sup> Die größte Schwierigkeit bei der Aggregation mit Copulas ist die Auswahl der richtigen Copula aus der Vielzahl an Möglichkeiten. Hierfür sind sehr umfangreiche Zeitreihen nötig, die in ausreichender Länge noch nicht vorliegen.

**Handhabbarkeit prüfen**

Rosenberg/Schuermann (2005) stellen bei ihren Untersuchungen allerdings fest, dass der Einfluss der Copula-Wahl relativ gering ist.<sup>26)</sup> Zur Ermittlung des Risikomaßes sind Simulationen notwendig, die größere Rechenleistung voraussetzen. Generell sind Copulas aufgrund ihrer Abstraktheit schwieriger zu handhaben und verlangen tiefere statistische Kenntnisse als die anderen Verfahren. Auf den ersten Blick scheint die Implementierung des Risikofaktormodells am aufwendigsten, da die meisten Parameter ermittelt werden müssen. Gerade für die Sensitivitäten und Korrelationskoeffizienten sind Analysen von umfassenden Zeitreihen erforderlich. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Banken Erfahrungen im Umgang mit solchen Verfahren haben, da sie unter anderem bei der Ermittlung der Randverteilungen eingesetzt werden. Außerdem liegen Zeitreihen für makroökonomische Risikofaktoren in größerem Umfang vor<sup>27)</sup> als für interne Zusammenhänge, die für Copula-Verfahren benötigt werden. Die Handhabung und erforderliche Rechenleistung ist stark abhängig von der Anzahl der Risikofaktoren und der Komplexität des Modells.

Auf besonders hohe Akzeptanz wird aufgrund des Bekanntheitsgrades und der leichten Verständlichkeit das Varianz-Kovarianz-Verfahren stoßen. Jedoch kann die mangelnde theoretische Fundierung auch Ablehnung und das Gefühl von Willkür

hervorrufen. Copulas sind in vielen Banken noch relativ unbekannt. Die nötige Transparenz und das damit verbundene Vertrauen muss noch geschaffen werden. Problematisch wäre es zum Beispiel, wenn schon die Wahl der Copula-Funktion einen signifikanten Einfluss auf Ressourcenallokation beziehungsweise eine auf Rendite/Risiko bezogene Erfolgsmessung und -vergütung haben sollte. Risikofaktormodelle sind in Risikomanagementsystemen bereits vorhanden und damit bekannt.

Gerade die einfachen linearen Modelle sind intuitiv nachvollziehbar und schärfen den Blick auf Gesamtbankrisikoebene für die entscheidenden Risikofaktoren. Je komplexer und intransparenter die Modelle werden, desto geringer wird ihre Akzeptanz sein. Da die Randverteilungen teilweise selbst durch Risikofaktormodelle ermittelt werden, wird ein Verfahren, das das Gesamtrisiko direkt durch ein solches Modell ermittelt, auf höhere Akzeptanz stoßen, als ein Verfahren, das erst einzelne Risikoarten ermittelt und diese dann später aggregiert. Abbildung 3 fasst noch einmal die Stärken und Schwächen der Verfahren zusammen.<sup>28)</sup>

**Zielabhängige Beurteilung der vorgestellten Verfahren**

Für das Kapitaldeckungsziel ist hohe Stichhaltigkeit und die Berücksichtigung extremer Marktbedingungen das entscheidende Kriterium. Nur Copula-Funktionen können diesen hohen Ansprüchen gerecht werden und sollten trotz geringer Praktikabilität eingesetzt werden.<sup>29)</sup> Um anfängliche Ak-

zeptanzprobleme zu überwinden, könnte das Varianz-Kovarianz-Verfahren die Einführungsphase begleiten.

Für das Allokationsziel ist aufgrund der Konsequenzen für die innerbetriebliche Steuerung eine hohe Akzeptanz unverzichtbar. Da ferner normale Marktbedingungen abgebildet werden sollen, ist ein lineares Risikofaktormodell ein geeignetes Verfahren.<sup>30)</sup> Copulabasierte Verfahren sollten langfristig dieses Ziel mit abdecken, um eine doppelte Ressourcenbindung zu verhindern. Dafür müssen sie zunächst durch Verwendung für das Kapitaldeckungsziel an Akzeptanz und Praktikabilität gewinnen.

Für das Ziel der langfristigen Überlebenssicherung sind dynamische Modellierungen notwendig, die von keinem der vorgestellten Verfahren geleistet werden. Eine Dynamisierung der Risikofaktormodelle scheint geeignet, einen Kompromiss zwischen Praktikabilität und Stichhaltigkeit zu finden.

**Wirtschaftlichkeit**

Bei der praktischen Umsetzung ist zu prüfen, ob der gleichzeitige Einsatz mehrerer Verfahren wirtschaftlich vorteilhaft ist. Mittelfristig wird hier empfohlen, Copula-Verfahren zu implementieren, da diese auch mit der Anforderung der Regulierung, einzelne Risikoarten getrennt auszuweisen, vereinbar sind. Die Hauptproblemfelder des Verfahrens, die fehlende Datenbasis zur Parameterkalibrierung, der hohe Rechenaufwand und eine fehlende Akzeptanz,

Abbildung 3: Stärken und Schwächen der vorgestellten Verfahren

Verfahren	Stärken	Schwächen
<b>Varianz-Kovarianz-Verfahren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Akzeptanz</li> <li>- Hohe Praktikabilität</li> <li>- Einfaches, intuitives Verfahren</li> <li>- Geringer Rechenaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Stichhaltigkeit</li> <li>- Theoretisch nicht haltbar, da entscheidende Annahmen verletzt werden</li> </ul>
<b>Aggregation mit Copula-Funktionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Stichhaltigkeit auch bei extremen Marktbedingungen</li> <li>- Korrekte Aggregation von unterschiedlichen Randverteilungen</li> <li>- Korrekte Abbildung von Abhängigkeiten in den Tails</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Noch geringe Akzeptanz</li> <li>- Eventuell geringe Praktikabilität</li> <li>- Identifikation der Copula und ihrer Parameter nicht trivial</li> <li>- Simulationen erforderlich</li> <li>- Weniger intuitiv</li> </ul>
<b>Risikofaktormodelle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Akzeptanz</li> <li>- Hohe Stichhaltigkeit für normale Marktbedingungen</li> <li>- Intuitives Verfahren</li> <li>- Schärft Blick für Risikotreiber</li> <li>- Hohe Flexibilität bei Gestaltung</li> <li>- Kombinierbar mit vorhandenen Verfahren und Datenpools</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Praktikabilität und Stichhaltigkeit für extreme Marktbedingungen abhängig von gewählter Komplexität</li> <li>- Eventuell stark vereinfachte Darstellung von realen Gegebenheiten</li> <li>- Wiederkehrende Simulationen für Skalierungsfaktor erforderlich</li> </ul>



dürften im Laufe der Zeit durch wachsende Zeitreihen, technischen Fortschritt und steigenden Bekanntheitsgrad überwindbar sein. Möglich ist auch, dass sich langfristig die Idee durchsetzt, direkt auf Gesamtbankenebene die Gewinnschwankungen durch die Risikofaktoren abzubilden, um so den Blick für die eigentlichen Ergebnistreiber zu schärfen.

Auch Kombinationen der beiden Verfahren sind denkbar, indem die Abhängigkeit der Risikofaktoren durch Copulas modelliert wird oder im Rahmen eines Copula-Modells die Randverteilungen durch Risikofaktormodelle abgebildet werden. Zunehmend verschwinden wird sicher das Zurückgreifen auf nicht haltbare Verteilungsannahmen oder eine schlichte, konservative Schätzung des Gesamtbankrisikos durch Vernachlässigung von Diversifikationseffekten auf höheren Ebenen. Diese vereinfachende Risikomessung stellt langfristig kein adäquates Instrument zur Erreichung bankinterner Ziele dar.

#### Fußnoten

- <sup>1)</sup> Aus Vereinfachungsgründen wird hier der Zielwert gleich null gesetzt. Für eine andere Darstellung vgl. zum Beispiel Pfingsten et al. (2004).
- <sup>2)</sup> Für eine vergleichende Untersuchung mehrerer Risikomaße vgl. Pfingsten et al. (2004).
- <sup>3)</sup> In diesem Beitrag werden aus Vereinfachungsgründen weitere Risikoarten, wie Liquiditäts-, Geschäfts- oder strategisches Risiko, ausgeblendet.
- <sup>4)</sup> Vgl. hierzu zum Beispiel Ward/Lee (2002), Seiten 83 bis 115, und Rosenberg/Schuermann (2005), Seiten 16 bis 30.
- <sup>5)</sup> Vgl. zum Beispiel Pézier (2003), Seiten 1 f.
- <sup>6)</sup> Häufig wird in der Praxis  $\alpha$  als die Ausfallwahrscheinlichkeit gewählt, die mit der angestrebten Ratingnote assoziiert ist.
- <sup>7)</sup> Die Dynamische Finanzanalyse (DFA) kommt vor allem im Versicherungswesen zum Einsatz. Vgl. zum Beispiel Romeike/Müller-Reichart (2004), Seiten 285 bis 300.
- <sup>8)</sup> Für alternative Kriterien vgl. zum Beispiel Saita (2004), Seiten 7 bis 9.
- <sup>9)</sup> Das wichtige Kriterium der Wirtschaftlichkeit wird hier nicht explizit geprüft, da konkrete Daten zu Kosten und Nutzen bei Umsetzung der Verfahren fehlen.
- <sup>10)</sup> Vgl. zum Beispiel Cech/Jeckle (2005), Seiten 10 bis 12.
- <sup>11)</sup> Auf die Problematik von unterschiedlichen Zeithorizonten bei den Risikoarten wird hier nicht näher eingegangen. Für Lösungsvorschläge vgl. zum Beispiel Saita (2004), Seiten 20 bis 24.
- <sup>12)</sup> Da der VaR nicht subadditiv ist, liefert das additive Verfahren streng genommen keine absolute Obergrenze. Eine Analyse des regulatorischen Ansatzes sowie Beispiele von in der Praxis verwendeten Korrelationen finden sich bei Kuritzkes/Schuermann/Weiner (2002), Seiten 6 bis 11 und Seiten 24 bis 30.
- <sup>13)</sup> Genauer gesagt, ist die Anwendung des Varianz-Kovarianz-Verfahrens nur bei elliptischen, multivariaten Verteilungen unproblematisch. Das Verfahren

unterstellt, dass die  $\alpha$ -Quantile der standardisierten Randverteilungen dem  $\alpha$ -Quantil der standardisierten Gesamtverteilung entsprechen. Für eine Darstellung unterschiedlicher Varianz-Kovarianz-Ansätze vgl. Rosenberg/Schuermann (2005), Seiten 6 bis 11.

<sup>14)</sup> Für eine ausführliche Darstellung und eine beispielhafte Umsetzung vgl. Rosenberg/Schuermann (2005).

<sup>15)</sup> Die Copula selbst ist eine multivariate Verteilung, deren univariate Randverteilungen gleichverteilt im Intervall  $[0,1]$  sind. Für mathematisches Hintergrundwissen zum Thema Copula vgl. Nelsen (1999).

<sup>16)</sup> Eine Zusammenstellung der Mängel des linearen Korrelationskoeffizienten findet sich bei Embrechts et al. (1999).

<sup>17)</sup> Da die Randverteilungen nicht normalverteilt sind, weicht die Korrelationsmatrix der Normal-Copula allerdings im Allgemeinen von der des Varianz-Kovarianz-Ansatzes ab. Zur robusten Bestimmung bietet sich ferner ein indirektes Schätzen über die Rangkorrelation an, vgl. hierzu Mashal/Zeevi (2002).

<sup>18)</sup> Die relativ einfache Implementierung von Schätzverfahren und Simulation für Normal- und t-Copula ist sicherlich ein Grund für deren häufigen Einsatz in der Praxis. Allerdings lässt sich zum Beispiel auch die zur Archimedischen Familie gehörende Nelsen-Copula mit asymmetrischer Randabhängigkeit relativ einfach schätzen und simulieren. Für eine ausführliche Darstellung des Likelihood-Ratio-Tests im Rahmen von t-Copulas vgl. Mashal/Zeevi (2002).

<sup>19)</sup> Vgl. Alexander/Pézier (2003), Seite 7.

<sup>20)</sup> Die Residuen sollten bestenfalls unkorreliert voneinander sein, da sonst weitere entscheidende Risikofaktoren vernachlässigt wurden. Vgl. Alexander/Pézier (2003), Seite 10.

<sup>21)</sup> Dieser Faktor entspricht bei angenommener Normalverteilung und einem 99-Prozent-Konfidenzniveau 2,33. Für weitere Faktoren vgl. Alexander/Pézier (2003), Seiten 17 f.

<sup>22)</sup> Vgl. Alexander/Pézier (2003), Seiten 11 bis 18.

<sup>23)</sup> Vgl. Alexander/Pézier (2003), Seiten 9 bis 14.

<sup>24)</sup> Vgl. Saita (2004), Seiten 28 f. und Seite 42.

<sup>25)</sup> Für eine ausführliche Analyse vgl. Saita (2004), Seiten 31 bis 36.

<sup>26)</sup> Der mittlere Unterschied zwischen dem VaR ermittelt mit Normal-Copula und Student-t-Copula (5 Freiheitsgrade) liegt bei 9%. Vgl. Rosenberg/Schuermann (2005), Seiten 40 f. sowie Seite 67.

<sup>27)</sup> Allerdings ist kritisch zu hinterfragen, ob sehr lange zurückliegende Daten für heutige Anwendungen noch sinnvolle Informationen beinhalten, da unter Umständen Strukturbrüche vorliegen (Wiedervereinigung, Euro-Einführung).

<sup>28)</sup> Dabei wurde auf die Problematik der fehlenden Daten nicht mehr eingegangen, da sie bei allen Verfahren besteht.

<sup>29)</sup> Ein einfacheres, aber auch ungenaueres Verfahren, bei dem die Randverteilungen nacheinander, nach ihrem Gewicht geordnet, paarweise mit einer bivariaten Normal-Copula aggregiert werden, wird von Ward/Lee (2002) vorgeschlagen.

<sup>30)</sup> Besonders praktikabel ist eine Abwandlung von Saita (2004): In diesem „mixed multifactor approach“ wird auf ein bestehendes Kreditrisikomodell der Bank das einfache Risikofaktormodell aufgesetzt und so doppelte Ressourcenbindung verhindert. Eine praktische Anwendung findet sich bei Dimakos/Aas (2003).

#### Literatur

Alexander, C., Pézier, J. (2003): On the Aggregation of Firm-Wide Market and Credit Risks, ISMA Centre Discussion Papers in Finance 2003-13, University of Reading.

Cech, C., Jeckle, M. (2005): Aggregation von Kredit- und Marktrisiko, Working Paper 15, University of Applied Sciences of bfi Vienna, Wien.

Dimakos, X.K., Aas, K. (2003): Integrated Risk Modelling, Norwegian Computing Center, NR Report No. 998, Oslo.

Embrechts, P., McNeil, A., Straumann, D. (1999): Correlation: Pitfalls and Alternatives, Risk Lab Working Papers, preprint, ETH Zürich.

Kuritzkes, A., Schuermann, T., Weiner, S. M. (2002): Risk Measurement, Risk Management and Capital Adequacy in Financial Conglomerates, Wharton Financial Institutions Center Working Papers 03-02, University of Pennsylvania.

Mashal, R., Zeevi, A. (2002): Beyond Correlation: Extreme Co-movements Between Financial Assets, Working Paper, Columbia University.

Nelsen, R. B. (1999): An Introduction to Copulas, Springer Verlag, New York.

Pézier, J. (2003): Application-Based Financial Risk Aggregation Methods, ISMA Centre Discussion Papers in Finance 2003-11, University of Reading.

Pfingsten, A., Wagner, P., Wolferink, C. (2004): An empirical investigation of the rank correlation between different risk measures, in: The Journal of Risk, Vol. 6, No. 4, S. 55-74.

Romeike, F., Müller-Reichart, M. (2004): Risikomanagement in Versicherungsunternehmen, Wiley-VHC, Weinheim.

Rosenberg, J. V., Schuermann T. (2005): A General Approach to Integrated Risk Management with Skewed, Fat-tailed Risks, Federal Reserve Bank of New York Staff Report, Nr. 185 (2004), Revision: March 2005, New York.

Saita, F. (2004): Risk Capital Aggregation: the Risk Manager's Perspective, Working Paper, Newfin Research Center and IEMIF, Università Bocconi, Mailand.

Ward, L., Lee, D. (2002): Practical Application of the Risk-Adjusted Return on Capital Framework, CAS Forum Summer 2002, Dynamic Financial Analysis Discussion Paper.