

# **Anforderungen an eine Workbench für die Informationsfusion anhand des Beispiels der Kreditrisikomessung**

Oliver Dunemann

Fakultät für Informatik, Universität Magdeburg

Postfach 4120, D-39016 Magdeburg

[dunemann@iti.cs.uni-magdeburg.de](mailto:dunemann@iti.cs.uni-magdeburg.de)

### **Zusammenfassung:**

Nachdem die Messung von Zinsänderungs- und Marktpreisrisiken in der bankbetrieblichen Praxis inzwischen etabliert ist, sind in letzter Zeit verstärkte Anstrengungen unternommen worden, die theoretischen Grundlagen für eine Übertragung auf das Management von Portfoliorisiken im Kreditbereich zu erarbeiten. Um die vorgeschlagenen Verfahren praktisch nutzen zu können, sind Informationen aus verschiedenen, heterogenen Datenquellen zusammen zu führen. Anhand dieses Beispiels werden Anforderungen, die eine Workbench zur Information erfüllen muss, deduziert.

Diese Arbeit wird gefördert von der DFG (FOR 345/1).

## **Inhaltsverzeichnis**

|  |    |
|--|----|
| 1. Einführung .....  | 3  |
| 2. Das Modell CreditRisk+ .....                                  | 6  |
| 3. Migrationsmodelle CreditMetrics und CreditPortfolioView ..... | 13 |
| 4. Optionspreistheoretische Modelle.....                         | 19 |
| 5. Ausblick .....  | 23 |

## **1. Einführung**

Durch Verschärfungen der Wettbewerbsbedingungen aber auch durch gravierende aufsichtsrechtliche Veränderungen im Bankensektor ist die Notwendigkeit, Risiken im Bankgeschäft besser abschätzen und prognostizieren zu können, in den letzten Jahren zunehmend größer geworden. Während zunächst das Hauptaugenmerk auf den Marktpreis- und Zinsänderungsrisiken gelegen hat, verstärken sich die Anstrengungen im Kreditbereich mit folgenden Zielen:

- Reduzierung des Risikopotentials bei gleichzeitiger Ertragsoptimierung.
- Quantifizierung des Einzelgeschäftsriskos.
- Operationalisierung des bankweiten Risikodeckungspotentials.
- Aktive Steuerung von Diversifikationseffekten.

Vielfach kann hier auf Methoden und Verfahren der Marktpreisrisikomodelle zurückgegriffen werden, wobei wesentliche Unterschiede zu berücksichtigen sind. Diese werden beispielsweise in [Keal98] beschrieben. Analog zum Management der Marktpreisrisiken ist die Wahl der Diversifikationsstrategie und der Zusammensetzung des Kreditportfolios ein entscheidender Erfolgsfaktor im Kreditgeschäft. Die mit einem Kreditportfolio erzielbare Rendite kann also nur im Zusammenhang mit dem eingegangenen Risiko eine Aussage über die Qualität des Portfolios liefern.

Die Validierung sowie Anwendung der aktuell diskutierten Verfahren in den Instituten scheitert bisher oft an der Verfügbarkeit bzw. der fehlenden Fusionsmöglichkeit der benötigten Informationen. Im Rahmen der Forschergruppe „Workbench für die Informationsfusion“ wird aktuell an der Universität Magdeburg eine Umgebung (Workbench) entwickelt, die dazu dienen soll, komplexe Fusionsprozesse aus verschiedenen Bereichen zu unterstützen (siehe Abbildungen 1 und 2). Dazu müssen zunächst solche Prozesse analysiert und dadurch in der Praxis benötigte Fusionsoperatoren herausgearbeitet werden [DGJ+01, JeGD01].

In diesem Beitrag wird anhand des betriebswirtschaftlichen Beispiels der Messung von Portfoliorisiken im Kreditbereich eine solche Analyse durchgeführt. In den folgenden Abschnitten wird jeweils eine kurze Beschreibung der Methodik verschiedener Risikomodelle geliefert, in deren Anschluss die daraus resultierenden Anforderungen an eine Fusions-Workbench abgeleitet werden.

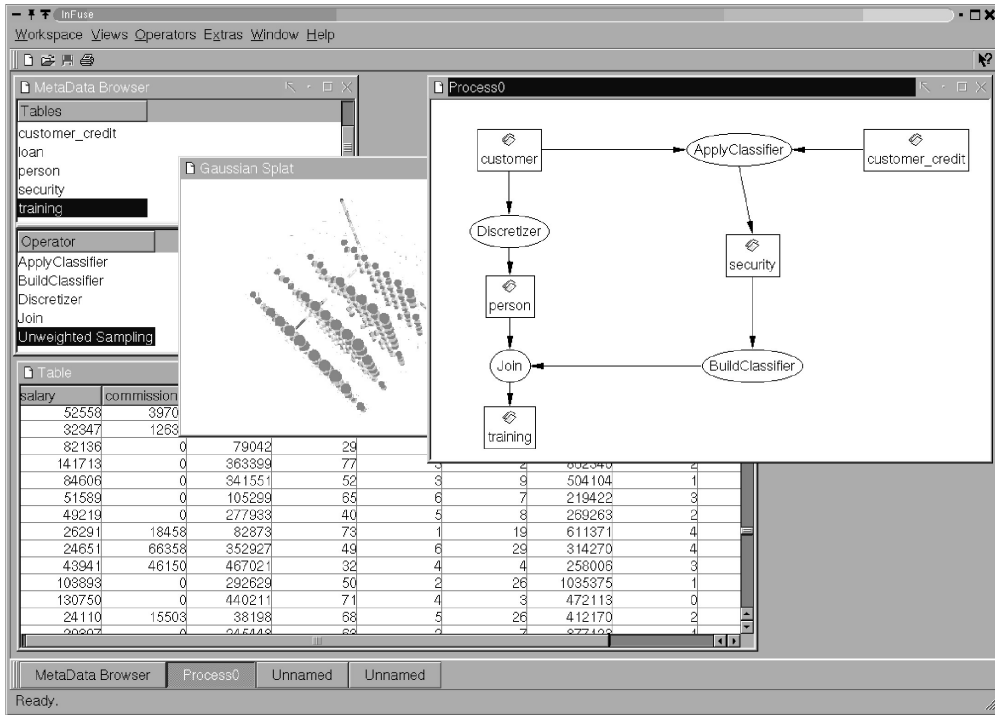


Abbildung 1: Workbench für die Informationsfusion

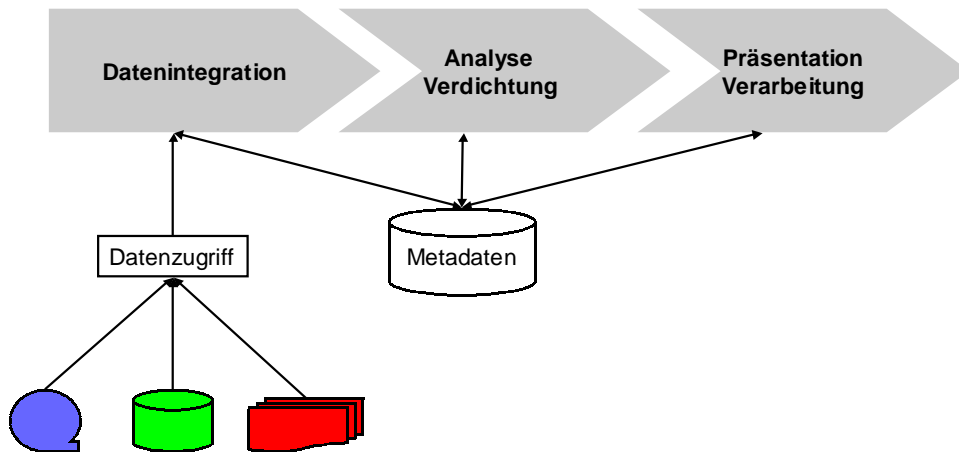


Abbildung 2: Aspekte der Informationsfusion

## 2. Das Modell CreditRisk+

Werden als relevante Betrachtungsgegenstände ausschließlich Kreditausfälle herangezogen und Marktwertveränderungen nicht berücksichtigt, so wird die Analogie des Kreditportfoliomanagements zum Versicherungsbereich deutlich. Insolvenzereignisse treten ebenso wie Schadensfälle im Versicherungssektor verhältnismäßig selten auf, besitzen aber zumeist eine hohe Relevanz. In beiden Bereichen existieren zwischen den einzelnen Engagements Interdependenzen, sogenannte Risikoagglomerate, die bei einer Betrachtung auf Portfolioebene berücksichtigt werden müssen. Diese Überlegungen führten zu einer Adaption versicherungsmathematischer Verfahren auf das Kreditgeschäft im Rahmen der Entwicklung von CreditRisk+ durch die Investmentbank Credit Suisse Financial Products [Cred97]. Das Konzept stellt analytische Werkzeuge zur Verfügung, um die Wahrscheinlichkeitsverteilung potentieller Verluste durch Kreditausfälle zu ermitteln. Anhand dieser Verteilung kann zum einen abgeleitet werden, in welcher Höhe angemessene Rückstellungen für Verluste aus Kreditausfällen zu bilden sind. Andererseits werden Steuerungsinformationen generiert, die ein aktives Portfoliomanagement ermöglichen. Die von CreditRisk+ identifizierten Unsicherheitsfaktoren sind [Rolf00, S.403ff]:

- Wie viele Kreditnehmer fallen bei bekannter und konstanter Ausfallrate innerhalb des Betrachtungszeitraumes tatsächlich aus?
- Welche Höhe erreichen die Verluste, die durch den Ausfall einer bekannten Anzahl von Kreditnehmern aufgrund der unterschiedlich hohen Verlustbeiträge im Insolvenzfall entstehen?

- Wie hoch wird die zukünftige Ausfallrate der Kreditnehmer tatsächlich sein?
- Inwieweit korrelieren die Veränderungen der Ausfallraten kreditnehmerübergreifend, wenn Kreditnehmer ähnlichen ausfallrelevanten Einflussfaktoren ausgesetzt sind?

Ist die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall  $DF_i$  eines Kreditengagements  $i$  bekannt und für den Betrachtungszeitraum konstant, so sei diese mit  $EDF_i$  (expectation of default) bezeichnet [Keal98]. Da von CreditRisk+ die Kreditnehmerausfälle als voneinander unabhängige Ereignisse betrachtet werden,<sup>1</sup> ergibt sich die erwartete gesamte Anzahl der Insolvenzen (expected number of defaults) des Kreditportfolios  $P$ :

$$(1) \quad ENDF_P = \sum_{i=1}^n EDF_i$$

Um für vorgegebene Konfidenzniveaus die Anzahlen der Insolvenzen bestimmen zu können, ist die Kenntnis des Erwartungswertes nicht ausreichend. Hierzu muss darüber hinaus der Verlauf der Wahrscheinlichkeitsverteilung bekannt sein. Vom Modell werden für alle Engagements identische Ausfallraten angenommen, es wird also vorausgesetzt:

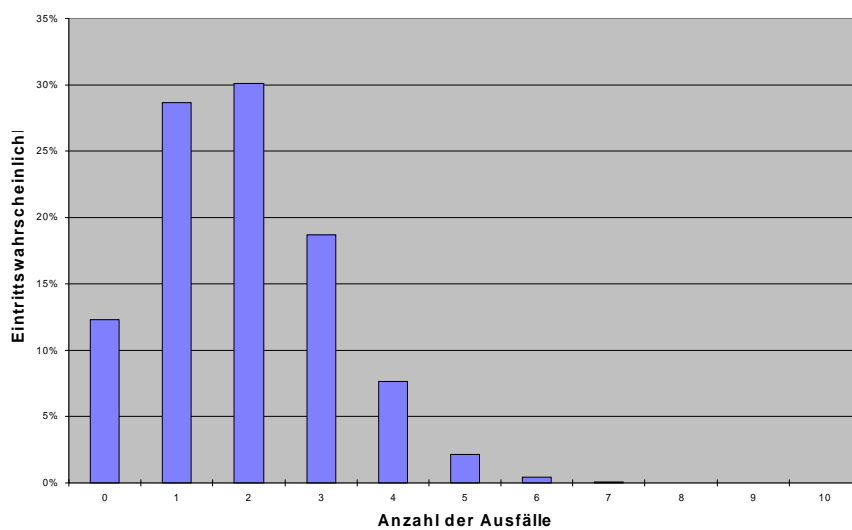
$$(2) \quad EDF_i = EDF_j = \frac{ENDF_P}{n} \quad \forall i, j \text{ mit } i, j \in \{1..n\}$$

---

<sup>1</sup> Eine Explizierung der zur Quantifizierung dieser Faktoren unterstellten Prämissen findet sich in [Brök00].

In der Praxis lässt sich dieses durch die Betrachtung von Teilportfolios unterschiedlicher Bonität approximieren. Dann und bei unterstellter Unabhängigkeit der Ausfallereignisse lässt sich die Ausfallwahrscheinlichkeit durch eine Binomialverteilung der in Abbildung 3 dargestellten Form beschreiben:

$$\begin{aligned}
 (3) \quad PDF_p(x) &= \binom{n}{x} \cdot \left(\frac{ENDF_p}{n}\right)^x \cdot \left(1 - \frac{ENDF_p}{n}\right)^{n-x} \\
 &= \frac{n!}{(n-x)! \cdot x!} \cdot \left(\frac{ENDF_p}{n}\right)^x \cdot \left(1 - \frac{ENDF_p}{n}\right)^{n-x}
 \end{aligned}$$



**Abbildung 3: Verteilung der Ausfallanzahlen**

Da annahmegemäß die einzelnen Ausfallraten sehr gering sind, lässt sich die gesuchte Verteilungsfunktion durch eine Poissonverteilung approximieren,<sup>1</sup> für die gilt:

$$(4) \quad PDF_p(x) \approx e^{-ENDF_p} \cdot \frac{ENDF_p^x}{x!}.$$

Mit dieser Gleichung kann bestimmt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Anzahl  $x$  von Insolvenzen zu erwarten ist. Hiermit sind aber noch keine Aussagen über den monetären Effekt möglich, da die Höhe des erwarteten Ausfalls abhängig davon ist, welche Engagements ausfallen. CreditRisk+ ordnet dazu alle Kredite  $i$  in Klassen der Breite  $L$ , sogenannte Exposure-Bänder, mit einem bestimmten erwarteten Verlust ein. Dazu wird der sich aus Nennwert und erwarteter Rückzahlungsquote ergebende Wert (loss given default) auf das nächstgelegene Exposure-Band gerundet. Anschließend werden diese zusammengefasst, und mittels einer Rekursionsformel werden die Eintrittswahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Verlusten von Vielfachen der Bandbreite  $L$  der Exposure-Bänder bestimmt.

Prinzipiell werden für CreditRisk+ pro Kreditnehmereinheit und Periode

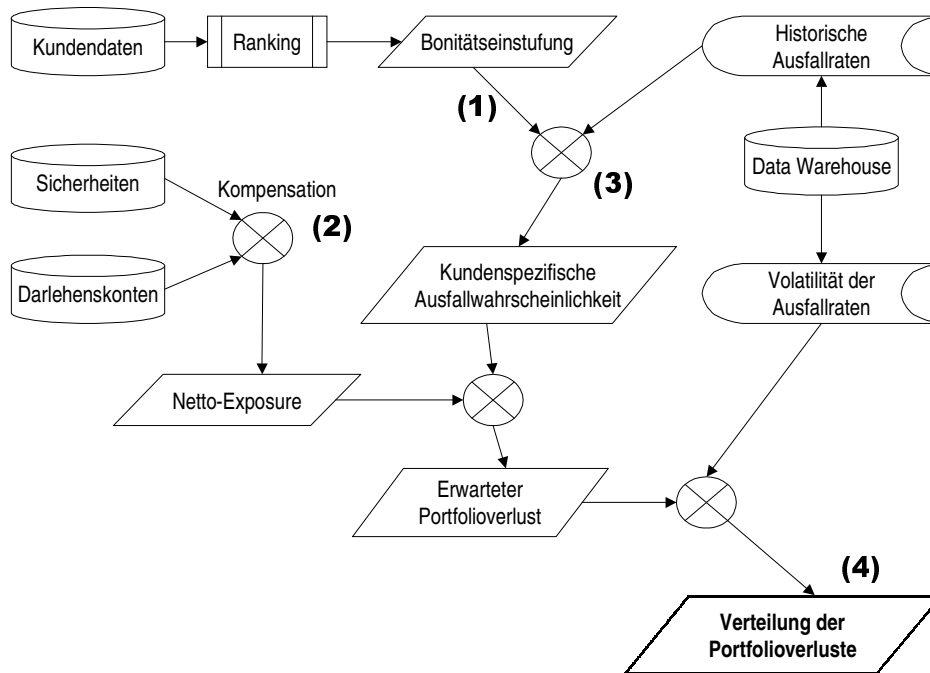
- die Netto-Verlusthöhe,
- die erwartete Ausfallrate sowie deren Standardabweichung sowie
- die anteilige Zuordnung zu weiteren Einflussfaktoren

---

<sup>1</sup> In der Literatur zur Statistik wird gefordert, dass  $n \geq 50$ ,  $\forall i: EDF_i \leq 0,1$  sowie  $ENDF_p \leq 10$  gelten. Siehe hierzu u.a. [BaBa96].

benötigt. Da kreditnehmerindividuelle Ausfallraten in der Praxis nicht zu bestimmen sind, werden stattdessen historische Ausfallraten von Schuldnern bestimmter Bonitätsklassen und Zuordnungen von Kreditnehmern zu diesen verwendet. Die erwarteten Ausfallraten können dabei aus historischen Insolvenzhäufigkeiten abgeleitet werden, insofern dem Institut hierfür beispielsweise ein Data Warehouse zur Verfügung steht. Die Zuordnung der Kunden zu Bonitätsklassen wird im allgemeinen durch spezielle Ranking-Software durchgeführt oder vom Rechenzentrum anhand spezifischer Kundenmerkmale vorgenommen. Stehen Informationen über die Art und die Höhe der Sicherheiten zur Verfügung, kann hieraus der erwartete Netto-Verlust direkt bestimmt werden. Weitere Einflussfaktoren müssen individuell in einem Bewertungssystem Berücksichtigung finden. Typische Beispiele hierfür sind Regionen oder Branchen. In Abbildung 4 wird der zugehörige Prozess der Informationsfusion schematisch dargestellt.

An der mit **(1)** markierten Stelle im Datenflussdiagramm werden Daten aus einer Fremdapplikation (Ranking-Software) zur weiteren Bearbeitung in das System integriert. Allgemein bedeutet dies, dass die Fusions-Workbench in der Lage sein muss, heterogene, verteilte Daten, auch in unstrukturierten oder semi-strukturierten Formaten, zur weiteren Verarbeitung für nachfolgende Operationen bereitzustellen. Diese Funktionalität kann beispielsweise durch Konvertierungsoperatoren übernommen werden, die benötigte Eingangsdaten von Vorsystemen in das von der Workbench verwendete Datenmodell überführen. Eine weitere Möglichkeit besteht im Einsatz einer Zugriffsschicht



**Abbildung 4: Prozess der Informationsfusion für CreditRisk+**

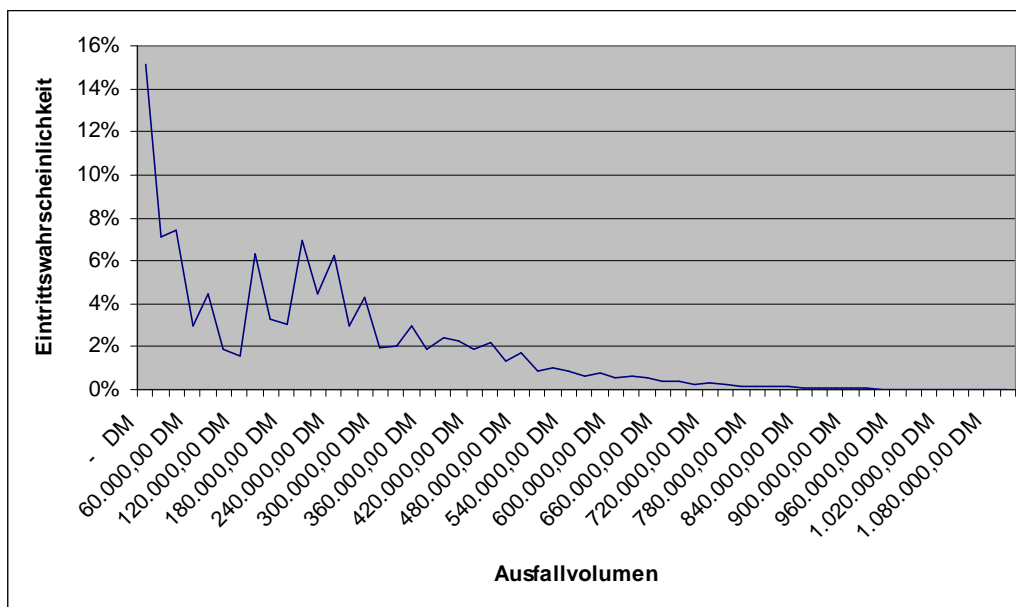
für föderierte Datenbanken, die einen direkten Zugriff auf die Daten der zu integrierenden Komponenten erlaubt. Die Workbench basiert auf dem FRAQL-System [SaCS00], das ebenfalls an der Universität Magdeburg entwickelt worden ist. Hierdurch ist eine Konvertierung und Materialisierung von Fremddaten nicht notwendig, kann aber aus Performancegründen dennoch durchgeführt werden.

Durch die Verknüpfungsoperation (2) wird eine Kompensation von Krediten mit ihren zugehörigen Sicherheiten durchgeführt. Im wesentlichen handelt es sich hier um klassische Datenbankoperationen, die von der Workbench ebenfalls

(beispielsweise in Form von gespeicherten Prozeduren) unterstützt werden müssen.

Der Operator **(3)** verbindet die mit einem Bonitätsurteil versehenen Kundendaten mit den historischen Ausfallraten. Hier kann beispielsweise der Fall auftreten, dass einem Kunden eine Bonität zugeordnet worden ist, für die keine Ausfallrate ermittelt werden kann. An dieser Stelle muss eine Rückkopplung des Operators zur Workbench bestehen, mittels derer eine geeignete Fehlerbehandlung eingeleitet werden kann. Nach Auflösung des Konfliktes muss ein Restart an der Stelle stattfinden, an der der Konflikt aufgetreten ist, damit erfolgreich abgeschlossene Operationen nicht erneut durchgeführt werden müssen. Vorgänge, die nebenläufig ausgeführt werden können (in diesem Beispiel die Kompensation **(2)**), müssen parallel laufen. So kann im Fall eines Fehlers in einem Ast der Fusionsprozess in den unabhängigen Ästen solange weitergeführt werden, bis eine Verknüpfung mit Informationen aus dem gestoppten Zweig durchgeführt werden soll.

Sowohl das Endergebnis **(4)** als auch die Zwischenergebnisse müssen für den Anwender visualisiert werden können, wobei je nach Art der Information unterschiedliche Darstellungsarten ausgewählt werden können müssen. Die einfachste Art der Darstellung ist die Tabellenform. Um Zusammenhänge erkennen und bewerten zu können, sind beispielsweise Darstellungsformen aus dem Bereich des visuellen Data Mining vorstellbar, die algorithmische Lernverfahren (in Form von Fusionsoperatoren) sinnvoll ergänzen können.



**Abbildung 5: Verteilung der Ausfallvolumina**

### **3. Migrationsmodelle CreditMetrics und CreditPortfolioView**

Bei CreditMetrics handelt es sich um ein Migrationsmodell zur Kreditportfoliosteuerung, welches von der Investmentbank J.P.Morgan entwickelt worden ist. Im Gegensatz zum zuvor diskutierten Modell CreditRisk+ werden bei CreditMetrics nicht nur die Kreditausfälle sondern bereits Wertänderungen von Kreditengagements und damit Änderungen des Portfoliowertes betrachtet. Der Marktwert eines Kredits wird hierzu anhand dessen Einstufung in eine Risikoklasse bestimmt. Durch Änderungen dieser Klassifizierung ändert sich entsprechend die wertorientierte Beurteilung des

Engagements. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für eine Migrationsmatrix für die Laufzeit von einem Jahr.

|                           |     | Rating am Jahresende |               |               |               |               |               |               |        |
|---------------------------|-----|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
|                           |     | AAA                  | AA            | A             | BBB           | BB            | B             | CCC           | D      |
| Rating am<br>Janresbeginn | AAA | <b>90,81%</b>        | 8,33%         | 0,68%         | 0,06%         | 0,12%         | 0,00%         | 0,00%         | 0,00%  |
|                           | AA  | 0,70%                | <b>90,65%</b> | 7,79%         | 0,64%         | 0,06%         | 0,14%         | 0,02%         | 0,00%  |
|                           | A   | 0,09%                | 2,27%         | <b>91,05%</b> | 5,52%         | 0,74%         | 0,26%         | 0,01%         | 0,06%  |
|                           | BBB | 0,02%                | 0,33%         | 5,95%         | <b>86,93%</b> | 5,30%         | 1,17%         | 0,12%         | 0,18%  |
|                           | BB  | 0,03%                | 0,14%         | 0,67%         | 7,73%         | <b>80,53%</b> | 8,84%         | 1,00%         | 1,06%  |
|                           | B   | 0,00%                | 0,11%         | 0,27%         | 0,46%         | 6,51%         | <b>83,46%</b> | 4,07%         | 5,20%  |
|                           | CCC | 0,22%                | 0,00%         | 0,22%         | 1,30%         | 2,38%         | 11,24%        | <b>64,86%</b> | 19,79% |

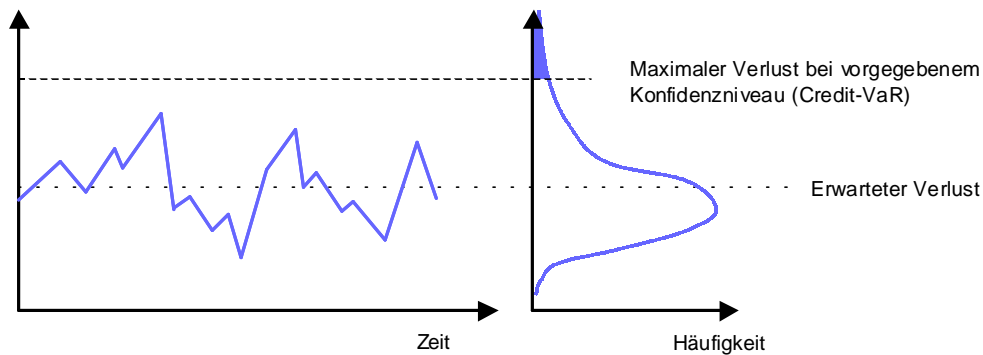
**Abbildung 6: Migrationsmatrix**

Während sich bei CreditRisk+ der Wert eines Kredits lediglich im Vergleich zur vertragskonformen Rückzahlung verringern kann (Insolvenzfall), besteht bei diesem Ansatz also auch die Möglichkeit, dass Krediten beispielsweise durch Bonitätsverbesserungen der Schuldner ein höherer Wert zugeordnet wird als im vorhergehenden Betrachtungszeitraum. Die Bewertung jedes Kreditengagements wird aus Marktpreisen deduziert. Hierbei kann durchaus eine Differenz zwischen mathematisch abgeleiteten Bewertungen und der Einschätzung des Marktes bestehen. Als Einflussfaktoren, die in CreditMetrics für jede einzelne Position zu berücksichtigen sind, ergeben sich daher die Höhe des Kreditäquivalentes, der Marktpreis sowie die Korrelationen zu anderen Positionen innerhalb des Portfolios. Die implizit von CreditMetrics unterstellten Prämissen sind in [Brök00, S.194] anhand des Verfahrens deduziert worden.

Zur Betrachtung sämtlicher Veränderungen von Kreditqualitäten sind die zu erwartenden zukünftigen Zahlungsströme der Kreditengagements anhand deren Klassifizierung zu bewerten. Zur Bestimmung der jeweiligen Barwerte werden

die Cash Flows mit der zugehörigen bonitätsinduzierten Zinsstruktur abdiskontiert. Diese ergibt sich aus der Kombination der risikolosen Zinssätze mit den Credit Spreads, die am Markt zu beobachten sind. Die Credit Spreads ergeben sich aus den tatsächlich am Markt vereinbarten Risikoübernahmeprämien und sind daher unabhängig von Verteilungsannahmen und Eintrittswahrscheinlichkeiten von Kreditausfällen. Zu ihrer Bestimmung wird lediglich auf den theoretisch zu erzielenden Erlös bei Veräußerung des Engagements abgestellt. Für längere Laufzeiten sind höhere Credit Spreads zu beobachten als für kürzere Zeiträume. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass das Risiko, dass ein Kredit innerhalb seiner Laufzeit im Marktwert fällt (also in eine niedrigere Ratingkategorie migriert), höher eingeschätzt wird als die Chance, dass er seinen Marktwert erhöht. Dieser Effekt ist vom Zinsänderungsrisiko zu unterscheiden, welches bei normalem Verlauf der risikolosen Zinsstrukturkurve bereits in dieser enthalten ist [Rolf00, S.419f.]. Für die Bewertung der zukünftigen Zahlungsströme müssen bei genauer Betrachtung nicht die aktuell gültigen Credit Spreads, sondern davon abgeleitete Forward Credit Spreads für die jeweiligen Migrationszeitpunkte verwendet werden [StBr98]. Mit dieser Methode kann die Verlustverteilung und damit der Credit-Value-at-Risk zu einem gegebenen Konfidenzniveau abgeschätzt werden (vgl. Abbildung 7).

Für den Übergang von Einzelengagements zum Portfolio ist es theoretisch notwendig, dass die gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten aller Kredite bekannt sind. In der Praxis liegen diese Informationen nicht vor, weshalb im allgemeinen auf Korrelationen zwischen Kreditnehmern aus gleichen Branchen und/oder aus der selben Region zurückgegriffen wird. Eine weitere Vorgehensweise ergibt sich aus der Bestimmung von Gleichläufen in der



**Abbildung 7: Bestimmung des Credit-Value-at-Risk**

Entwicklung der Unternehmensvermögen der Schuldner, da diese unmittelbaren Einfluss auf die Fähigkeit zur Bedienung der Ansprüche der Fremdkapitalgeber und damit auf die Bonität haben. Das von McKinsey & Company entwickelte Migrationsmodell CreditPortfolioView teilt im Gegensatz zu CreditMetrics die Kredite eines Portfolios in zwei Kategorien ein. Die Engagements, die nicht auf Sekundärmärkten gehandelt werden können und daher keinen tatsächlich erzielbaren Marktwert aufweisen, werden analog zur Vorgehensweise des Modells CreditRisk+ bewertet. Für den verbleibenden Rest des Portfolios wird unterstellt, dass es gut diversifiziert sei und dass daher im wesentlichen das systematische Ausfallrisiko für die Verlustverteilung ausschlaggebend sei. Daher werden die Migrationsraten in Abhängigkeit der Prognose makroökonomischer Parameter bestimmt. Diese werden durch Zeitreihenanalysen (Konjunkturzyklen) und weitere Einflussfaktoren wie Länderrisiken und Branchenspezifika mittels Monte-Carlo-Simulationen ermittelt. Üblicherweise ergeben sich bei diesem Verfahren unterschiedliche Migrationswahrscheinlichkeiten für Kredite, die der selben Ratingklasse

zugeordnet sind, wodurch der ursprüngliche Ansatz um makroökonomische Faktoren erweitert wird.

Im Vergleich zu CreditRisk+ sind für das Modell CreditMetrics wesentlich mehr Informationen zu berücksichtigen. Zunächst werden Kenngrößen für die Engagements des Portfolios benötigt:

- Cash Flows jedes einzelnen Kredites.
- Risikoklasse (Bonitätsurteil) für jedes Engagement.
- Erwartete Rückzahlungsquoten im Insolvenzfall und deren Schwankung.

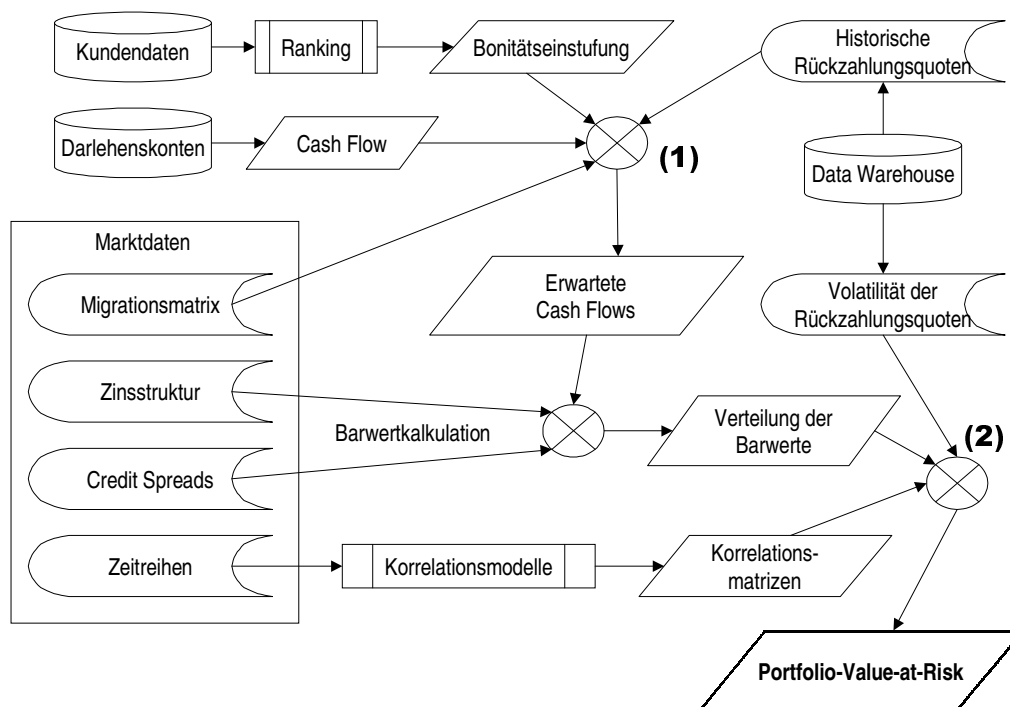
Zusätzlich fließen diverse Marktparameter in die Berechnung mit ein:

- Migrationsmatrix mit Übergangswahrscheinlichkeiten (deduziert aus historischen Übergangshäufigkeiten) zwischen den Risikoklassen.
- Strukturkurve des risikolosen Zinssatzes.
- Zinsaufschläge (Credit Spreads) je Risikoklasse und Laufzeit.

Die folgenden Eingangsinformationen stehen im Allgemeinen nur für Firmenkunden zur Verfügung, da nur hier eine Abhängigkeit beispielsweise von Branchen- oder Regionenindizes unterstellt werden kann.

- Kreditnehmerspezifischer Anteil an der Schwankung des Vermögens
- Anteil der systematischen Komponente an der Vermögensschwankung und Zuordnung auf allgemeine Indizes.
- Volatilitäten und Korrelationen der verwendeten Indizes.

Im Privatkundenbereich ist dagegen davon auszugehen, dass der Anteil an der Vermögensschwankung 100 Prozent beträgt. Abbildung 8 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Fusionsprozesses.



**Abbildung 8: Prozess der Informationsfusion für CreditMetrics**

Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Verknüpfungen handelt es sich bei der mit **(1)** markierten nicht um eine binäre Operation. Die Operatoren der Workbench dürfen also hinsichtlich der Anzahl ihrer Eingangsdatenquellen nicht beschränkt sein. Obwohl es im hier betrachteten Beispiel nicht notwendig ist, wird diese Forderung auch für die Anzahl der Ausgabedatenmengen übernommen. Eine Alternative zu Operatoren mit mehr als zwei Eingängen ist,

binäre Operationen nacheinander auszuführen. Um aber Optimierungspotenzial (beispielsweise Änderung der Verknüpfungsreihenfolge bei Join-Operationen) nicht von vornherein auszuschließen, werden mehrwertige Operatoren vorgesehen.

Die Generierung der einzelnen Cash Flows und die Verknüpfung mit weiteren Daten zur Bestimmung der Verteilung der Barwerte stellt bereits einen Vorgang mit großem Rechenaufwand dar. Diese Informationen werden durch die Verknüpfung (2) mit Hilfe von Korrelationen zu einer Verteilung für das Gesamtportfolio verknüpft. An dieser Stelle kann es sinnvoll sein, zunächst nicht alle Engagements zu berücksichtigen, sondern vorerst nur eine repräsentative Teilmenge [Olke93, ChMN99] zu betrachten, um in akzeptabler Rechenzeit eine Näherung der genauen Verteilung zu bestimmen. Diese kann bei Bedarf iterativ verfeinert werden, bis die Konfidenz des Ergebnisses ausreicht [HeHW97]. Für die Workbench bedeutet dieses, dass bei Vorhandensein nicht-blockierender Operationen Operatoren iterativ ausgeführt werden können müssen, um schnell Tendenzen erkennen zu können, ohne das genaue Gesamtergebnis abwarten zu müssen. Eine blockierende Operation stellt beispielsweise das Sortieren dar, da hierbei stets alle Eingangsdaten betrachtet werden müssen, um die ersten bzw. letzten der Sortierfolge bestimmen zu können.

#### **4. Optionspreistheoretische Modelle**

Bei Kreditportfoliomodellen, die aus der Optionspreistheorie abgeleitet sind, steht die Idee im Vordergrund, die Bewertung der Engagements anhand

analytischer, zukunftsgerichteter Verfahren zu modellieren, anstatt wie bei den bisher vorgestellten Modellen auf historisch ermittelte Verteilungen zurückzugreifen. Unter der Voraussetzung eines vollständigen Kapitalmarktes setzt sich zu jedem Zeitpunkt  $t$  das Vermögen eines börsennotierten Unternehmens  $V(t)$  aus dem Marktwert der Aktien  $S$  als Eigenkapital und der Summe der Fremdkapitaltitel (current exposure)  $CE$  zusammen [Kirm96, S.76.]:

$$(5) \quad V(t) = MV_S(t) + \sum CE(t)$$

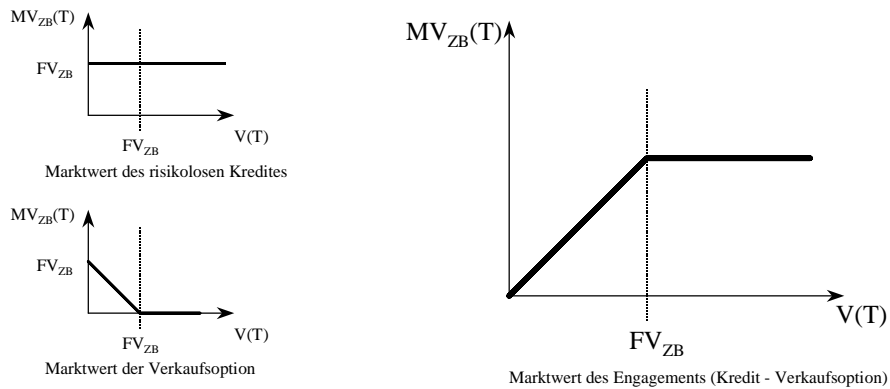
Sei zur Vereinfachung vorausgesetzt, dass es sich beim Fremdkapitalanteil um genau einen Zerobond  $ZB$  handele, dann vereinfacht sich die Berechnung des Unternehmenswertes zu

$$(6) \quad V(t) = MV_S(t) + MV_{ZB}(t).$$

Wenn zum Fälligkeitszeitpunkt  $T$  des Zerobonds das gesamte Unternehmensvermögen den zurückzuzahlenden Betrag (face value)  $FV_{ZB}$  nicht erreicht oder übersteigt, ist das Unternehmen ökonomisch überschuldet. In diesem Fall erhalten die Fremdkapitalgeber lediglich den durch Eigenkapital gebildeten Restwert des Unternehmens. Als Wert des Bonds ergibt sich somit [Brök00,S.128ff.]:

$$(7) \quad MV_{ZB}(t = T) = \min(V(T); FV_{ZB}) = FV_{ZB} + \min(V(T) - FV_{ZB}; 0)$$

In Abhängigkeit des Unternehmenswertes kann also das Payoff-Diagramm aus Abbildung 9 erstellt werden:

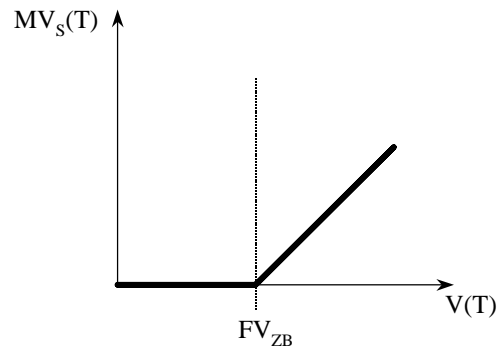


**Abbildung 9: Marktwert des Fremdkapitals zum Fälligkeitszeitpunkt**

Aus Sicht der Fremdkapitalgeber entspricht das Kreditengagement folglich einem ausfallrisikolosen Kredit, kombiniert mit dem Verkauf einer (europäischen) Verkaufsoption (short put) auf das Unternehmen der Laufzeit  $T$  und dem Basispreis  $FV_{ZB}$ . Der Marktwert des Eigenkapitalanteils zum Fälligkeitszeitpunkt ergibt sich analog aus dem verbleibenden Unternehmensvermögen nach erfolgter Rückzahlung im Solvenzfall. Können die Fremdkapitalansprüche nicht befriedigt werden, so verbleibt für das Eigenkapital ein Marktwert von Null:

$$(8) \quad MV_S(t = T) = \max(V(T) - FV_{ZB}; 0)$$

Das sich ergebende Payoff-Profil für die Eigenkapitalposition wird in Abbildung 10 dargestellt und entspricht dem Kauf einer europäischen Kaufoption (long call) auf das Unternehmensvermögen mit der Laufzeit  $T$  und dem Basispreis  $FV_{ZB}$ .



**Abbildung 10: Marktwert des Eigenkapitals zum Fälligkeitszeitpunkt**

Abstrahiert man von der Problematik, Unternehmenswerte und deren Volatilitäten zu bestimmen, lassen sich durch die Zerlegung aller Positionen des Kreditportfolios in die Bestandteile risikoloser Kredit und Put unter Zuhilfenahme der Methoden aus der Optionspreistheorie die theoretischen Preise und Risikoparameter ableiten. So könnte beispielsweise die Black & Scholes-Formel auf Kredite angewendet werden, wenn diese in einzelne endfällige Anleihen zerlegt würden. Diese wären dann einzeln zu bewerten, und die Ergebnisse wären anschließend zu aggregieren. Bei einer Aufsummierung der ermittelten fairen Werte des zerlegten Engagements wird allerdings ein systematischer Fehler begangen, da jede Put-Option nur ausgeübt werden kann, wenn vorher noch keine Ausübung (hier Insolvenz) stattgefunden hat. Tatsächlich hat man also keine voneinander unabhängigen Optionen, die einzeln bewertet werden dürfen, sondern eine Compound-Option [Trep99].

Ein wesentliches Problem bei der Fusionierung der Informationen zur Bewertung eines Kreditportfolios mittels der Optionspreistheorie liegt darin,

dass ein Großteil der Eingangsparameter nur für börsennotierte Unternehmen bestimmt werden kann. Die spätere Integration der Daten und die Auswahl und Durchführung der geeigneten Methode zur Bepreisung der Engagements bzw. des Portfolios unter Beachtung der Korrelationen stellt eher ein algorithmisches als ein datentechnisches Problem dar. Festzuhalten bleibt aber, dass Fusionsoperatoren nahezu jede Komplexität aufweisen können.

## **5. Ausblick**

Die betrachteten Verfahren unterscheiden sich in wesentlichen Punkten. Die Unterschiede beginnen bereits bei der Definition des Kreditereignisses und führen daher zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit der verschiedenen Modelle. Entscheidend für die Bewertung sollte das Verhältnis zwischen dem Aufwand für die Informationsgenerierung auf der einen Seite und dem Nutzen der gewonnenen Erkenntnis auf der anderen Seite sein [Lehr99, S.133f.]. Je nach verfügbarer Datenbasis und Informationsbedarfen können für einzelne Institute auch spezielle Hybridmodelle sinnvoll sein, die die Eigenschaften aktuarischer, migrationsorientierter und optionspreistheoretischer Modelle vereinen.<sup>1</sup> Durch die Verschiedenartigkeit der Modelle lassen sich aber viele Anforderungen erkennen, die eine Workbench zur Informationsfusion effizient erfüllen muss. Weitere Aspekte wie Datenschutz, Protokollierung, robuste Fehlerbehandlung und Prozesssteuerung sind unabhängig vom Anwendungsgebiet ebenfalls zu beachten und umzusetzen. Zurzeit wird an der Universität Magdeburg ein

---

<sup>1</sup> Ein Beispiel eines institutsspezifischen Modells findet sich in [ABJR99].

Prototyp erstellt, der neben den Anforderungen aus dem betriebswirtschaftlichen Sektor, auch Ansprüche aus natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereichen an die Informationsfusion abdecken soll.

## Literatur

[ABJR99]

Albrecht, J. et al.: Risikomanagement auf der Basis von Insolvenzwahrscheinlichkeiten. In: Die Bank (1999)7, 1999.

[BaBa96]

Bamberg, Günther, Baur, Franz: Statistik. 9. Aufl., Oldenbourg, München, Wien, 1996.

[Brök00]

Bröker, Frank.: Quantifizierung von Kreditportfoliorisiken. Fritz Knapp Verlag, Frankfurt a. M., 2000.

[ChMN99]

Chauduri, S. et al.: On Random Sampling Over Joins. In: Delis, A. et al. (Hrsg.): Proceedings ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. ACM Press, S. 263-274, Philadelphia, 1999.

[Cred97]

Credit Suisse Financial Products (Hrsg.): CreditRisk+™ - A Credit Management Framework. London 1997.

[DGJ+01]

Dunemann, O.; Geist, I.; Jesse, R.; Saake, G.; Sattler, K.-U.: InFuse – Eine datenbankbasierte Plattform für die Informationsfusion. In Heuer, A; Leymann, F.; Priebe, D. (Hrsg.): Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft, Informatik aktuell, S. 9-25. Springer. Berlin, Heidelberg, New York, 2001.

[HeHW97]

Hellerstein, J.M. et al.: Online Aggregation. In: Peckham, J. (Hrsg.): Proceedings ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. ACM Press, S.171-182, Tucson 1997.

[JeGD01]

Jesse, R.; Geist, I.; Dunemann, O.: Konzeption einer datenbankbasierten Plattform für die Informationsfusion. Preprint Nr. 9, Fakultät für Informatik, Universität Magdeburg, Magdeburg, 2001.

[Keal98]

Kealhofer, S.: Portfolio Management of Default Risk. In: The Electronic Journal of Financial Risk, San Francisco, 1998.

[Kirm96]

Kirmße, Stefan: Die Bepreisung und Steuerung von Ausfallrisiken im Firmenkundengeschäft der Kreditinstitute – Ein optionspreistheoretischer Ansatz. Fritz Knapp Verlag, Frankfurt a. M., 1996.

[Lehr99]

Lehrbaß, F. B.: Risikomessung für ein Kreditportfolio - Ein Methodenvergleich. In: Die Bank (1999)2. S.130-134, 1999.

[Olke93]

Olken, F.: Random Sampling from Databases. UC Berkley, Berkley 1993.

[Rolf00]

Rolfes, Bernd: Gesamtbanksteuerung. Stuttgart 1999.

[SaCS00]

Sattler, Kai-Uwe et al.: Adding Conflict Resolution Features to a Query Language for Database Federations. In: Roantree, M. (Hrsg.): Proceedings 3rd International Workshop on Engineering Federated Information Systems, EFIS'00, Akademische Verlagsgesellschaft S. 41-52., Berlin, 2000.

[StBr98]

Steiner, M., Bruns, C.: Wertpapiermanagement. 6. Aufl., Stuttgart, 1998.

[Trep99]

Treptow, T.M.: Optionspreistheoretische Kalkulation von Ausfallrisikoprämien. In: ÖBA 1999(2), 1999.