

Oliver Dunemann  
Manager  
zeb/rolfes.schierenbeck.associates  
Münster

## **Kreditportfoliomodelle**

1. Entwicklungstendenzen im Kreditbereich
2. Grundlagen und Symbole
3. Entwicklung eines Beispielfolios
4. Aktuell diskutierte Kreditportfoliomodelle
  - 4.1 Das aktuarische Modell CreditRisk+™
  - 4.2 Die Migrationsmodelle CreditMetrics™ und CreditPortfolioView™
  - 4.3 Optionspreistheoretische Modelle
5. Abschließender Vergleich der diskutierten Kreditportfoliomodelle

## 1. Entwicklungstendenzen im Kreditrisikomanagement

Die gravierenden Veränderungen der vergangenen Jahre innerhalb des Bankensektors, die die Verschärfung der Wettbewerbsbedingungen, den Eintritt neuer Marktteilnehmer (Nonbanks, Nearbanks) und die Globalisierung der Märkte zur Folge hatten, haben zu der Notwendigkeit geführt, Risiken im Bankgeschäft besser abschätzen und präziser quantifizieren zu können. Während zunächst das Hauptaugenmerk auf den Marktpreis- und Zinsänderungsrisiken lag, verstärken sich zunehmend die Anstrengungen zur Risikoquantifizierung von Kreditgeschäften mit folgenden Zielen:

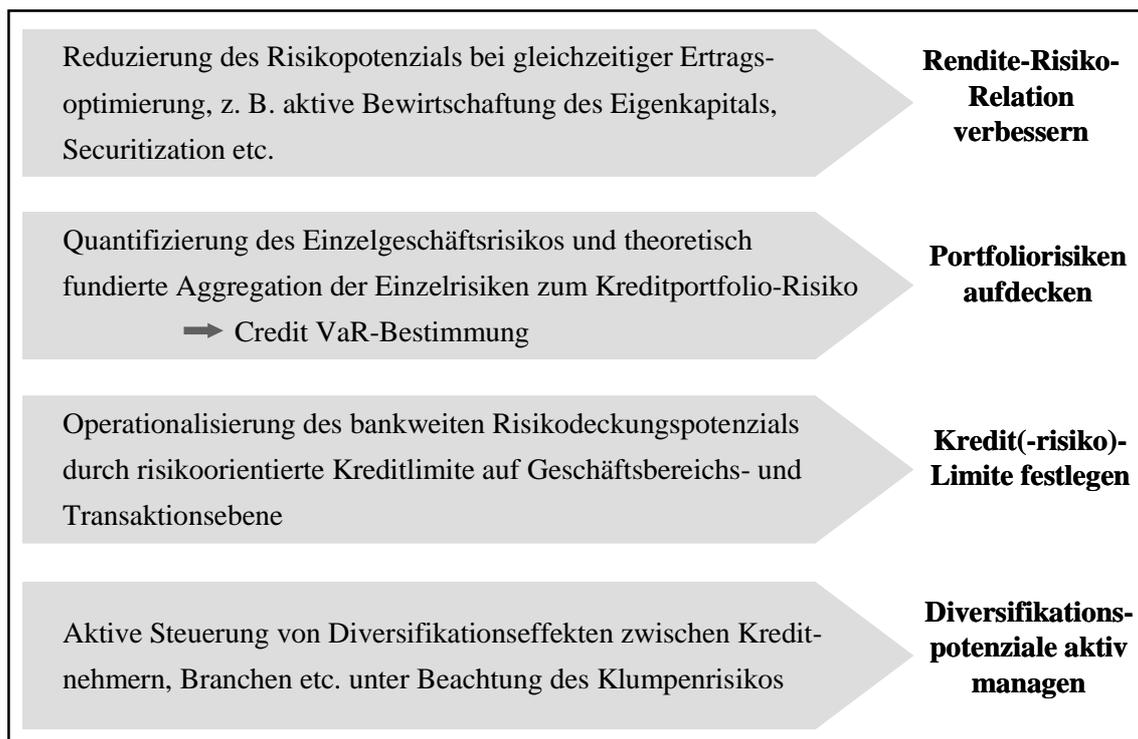


Abbildung 1: Ziele der Kreditportfoliosteuerung

Das Risiko ist hierbei als (negative) Abweichung der erzielten Rendite vom erwarteten Wert zu sehen. Vielfach kann auf Methoden und Verfahren der Marktpreisrisikomodelle zurückgegriffen werden, wobei wesentliche Unterschiede zu berücksichtigen sind. So ist die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses, das den Portfoliowert beeinflusst, zwar gering, die Signifikanz dagegen hoch. Außerdem lassen sich Ausfallrisiken nur unzureichend oder gar nicht durch Hedgingmaßnahmen absichern.<sup>1</sup> In Tabelle 1 ist eine Auswahl relevanter Unterschiede gegenübergestellt.

<sup>1</sup> Vgl. hierzu und zu den folgenden Ausführungen Kealhofer (1998), S. 1 f.

| <b>Modellierung von</b>  |  |
|--|--|
| <b>Marktpreisrisiken</b>   | <b>Kreditrisiken</b>   |
| Einbindung interner Marktpreisrisikomodelle in die Ermittlung der EK-Unterlegung | Einsatz interner Kreditrisikomodelle zur Ermittlung der EK-Unterlegung nicht gestattet |
| Kontinuierlicher Prozess, häufige Ereignisse                                     | Diskreter Prozess, seltene Ereignisse  |
| Erheblicher Methodenkonsens innerhalb der Finanzbranche                          | (Noch) dürftiger Methodenkonsens innerhalb der Finanzbranche                           |
| Statistische Modelle als Industriestandard                                       | Statistische Modelle noch relativ neu  |
| Zahlreiche qualitativ hochwertige Datenquellen                                   | Quantitativ und qualitativ relativ dürftige Datenquellen                               |
| Kurzer Zeithorizont  | Längerer Zeithorizont (mind. 1 Jahr)   |
| Modellvalidierung durch Backtesting  | Back- und Stresstesting sehr schwierig   |
| Häufig Normalverteilung der Risikoparameter                                      | Ausgeprägt asymmetrische Verteilungsfunktion   |

Tabelle 1: Unterschiede bei der Bestimmung von Kredit- und Marktpreisrisiken

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.

## 2. Grundlagen und Symbole

Ist die Wahrscheinlichkeit für den Ausfall  $DF_i$  eines Kreditengagements  $i$  bekannt (Krisenwahrscheinlichkeit) und für den Betrachtungszeitraum konstant, so sei diese mit  $EDF_i$  (Expectation of Default) bezeichnet.<sup>2</sup>

Im Normalfall ist mit dem Ausfall eines Kredites ein monetärer Verlust verknüpft, dessen Umfang u. a. von der Höhe, Art und Rangstellung der Sicherheiten sowie von der zeitlichen Differenz zwischen Kreditausfall und Realisierung des Sicherheitenerlöses determiniert wird. Durch Diskontierung des Sicherheitenerlöses auf den Ausfallzeit-

<sup>2</sup> Die Nomenklatur der Symbole und ihre Bedeutung stammen aus Kealhofer (1998), S. 5 ff.

punkt und die Fusionierung mit weiteren Einflussfaktoren wie beispielsweise den Kosten des Insolvenzprozesses erhält man die Rückzahlungsquote in Prozent des Nennwertes  $FV_i$  (Face Value) des Kredites. Diese sei für einen Kredit  $i$  mit  $ER_i$  (Expected Recovery) benannt.

Für den Verlustbeitrag im Insolvenzfall  $LGD_i$  (Loss-given-Default) gilt dann:

$$(1) \quad LGD_i = (1 - ER_i) \cdot FV_i$$

Der Verlust (Expected Loss)  $EL_i$ , der durch einen Kredit  $i$  zu erwarten ist, beträgt folglich:

$$(2) \quad EL_i = EDF_i \cdot LGD_i$$

Für den erwarteten Verlust  $EL_P$  aus allen Krediten des Portfolios  $P$  gilt somit:

$$(3) \quad EL_P = \sum_{i=1}^n EL_i$$

Der sogenannte Unerwartete Verlust (Unexpected Loss)  $UL_i$  ist als Standardabweichung der Verlufterwartung definiert. Also ergibt sich dieser bei Betrachtung eines einzelnen Engagements und konstantem Verlust im Insolvenzfall als:

$$(4) \quad UL_i = \sqrt{EDF_i \cdot (1 - EDF_i)} \cdot LGD_i$$

Wird die Betrachtung von Einzelengagements auf ein Kreditportfolio erweitert, so wird die Berücksichtigung von Interdependenzen der Kredite notwendig, um den unerwarteten Verlust ermitteln zu können. Bestehe ein Portfolio aus den Krediten  $1..n$  und sei angenommen, dass die Wahrscheinlichkeiten für Ausfälle verschiedener Kreditnehmer nicht unabhängig voneinander sind, dass also gilt:

$$(5) \quad \exists i, j, i, j \in \{1..n\} \wedge i \neq j \text{ mit } EDF_i | DF_j \neq EDF_i$$

dann lassen sich Korrelationen  $\rho_{ij}$  zwischen den Ausfällen beispielsweise über Branchenzugehörigkeit bestimmen, und für den Unerwarteten Verlust aus dem Portfolio  $P$  ergibt sich:

$$(6) \quad UL_P = \sqrt{\sum_{i,j=1}^n (UL_i \cdot UL_j \cdot \rho_{ij})}$$

Aufgrund der verhältnismäßig geringen Anzahl von Kreditereignissen verbunden mit ihren hohen Auswirkungen kann eine Normalverteilung der Verluste wie im Marktpreisrisikobereich nicht unterstellt werden. Stattdessen ist von einer rechtsschiefen Verteilung auszugehen, was bedeutet, dass der Median links vom Erwartungswert liegt.

### 3. Entwicklung eines Beispielfolios

In den folgenden Abschnitten wird ein Beispielfolio verwendet, um die verschiedenen Modelle zu erläutern. Dieses besteht aus zehn Krediten unterschiedlicher Nominalwerte und Ratingklassen<sup>3</sup> im Gesamtvolumen von zwei Mio. Geldeinheiten (GE). Die Zusammensetzung lässt sich Tabelle 2 entnehmen.

| <b>i</b>     | <b>FV</b>        | <b>ER</b> | <b>Rating</b> |
|--------------|------------------|-----------|---------------|
| 1            | 100.000          | 80%       | AAA           |
| 2            | 300.000          | 35%       | A             |
| 3            | 50.000           | 40%       | BB            |
| 4            | 100.000          | 60%       | BB            |
| 5            | 250.000          | 10%       | CCC           |
| 6            | 150.000          | 50%       | AA            |
| 7            | 450.000          | 55%       | A             |
| 8            | 350.000          | 60%       | B             |
| 9            | 200.000          | 30%       | CCC           |
| 10           | 50.000           | 20%       | BBB           |
| <b>Summe</b> | <b>2.000.000</b> |           |               |

Tabelle 2: Zusammensetzung des Beispielfolios

Anhand der Klassifizierungen der Kredite lassen sich erwartete Ausfallwahrscheinlichkeiten aus den historischen Ausfallraten von Krediten der Ratingkategorien deduzieren. Diese und die hieraus ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 3 für den Betrachtungszeitraum eines Jahres zusammengefasst.

Oft wird in den Fällen, in denen die historischen Ausfallraten null sind (siehe Engagements 1 und 6 in Tabelle 3), trotzdem zur Quantifizierung des Risikos eine zu erwartende Ausfallrate von 0,02 % bis 0,05 % unterstellt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass ein – wenn auch geringes – Restrisiko existiert, dass die entsprechenden Kredite ausfallen.

<sup>3</sup> Die hier verwendeten Ratingklassen verwenden die Nomenklatur gemäß Standard & Poor's. Aus der Klassifizierung folgende Schlüsse, wie beispielsweise historische Ausfallraten, entstammen Standard & Poor's (1997), S. 6 ff.

| <b>i</b>     | <b>FV</b>        | <b>ER</b> | <b>EDF</b> | <b>LGD</b> | <b>EL</b>        | <b>UL</b> |
|--------------|------------------|-----------|------------|------------|------------------|-----------|
| 1            | 100.000          | 80%       | 0,00%      | 20.000     | 0,00             | 0,00      |
| 2            | 300.000          | 35%       | 0,05%      | 195.000    | 97,50            | 4.359,24  |
| 3            | 50.000           | 40%       | 0,91%      | 30.000     | 273,00           | 2.848,77  |
| 4            | 100.000          | 60%       | 0,91%      | 40.000     | 364,00           | 3.798,36  |
| 5            | 250.000          | 10%       | 18,90%     | 225.000    | 42.525,00        | 88.089,44 |
| 6            | 150.000          | 50%       | 0,00%      | 75.000     | 0,00             | 0,00      |
| 7            | 450.000          | 55%       | 0,05%      | 202.500    | 101,25           | 4.526,91  |
| 8            | 350.000          | 60%       | 4,74%      | 140.000    | 6.636,00         | 29.749,01 |
| 9            | 200.000          | 30%       | 18,90%     | 140.000    | 26.460,00        | 54.811,21 |
| 10           | 50.000           | 20%       | 0,18%      | 40.000     | 72,00            | 1.695,53  |
| <b>Summe</b> | <b>2.000.000</b> |           |            |            | <b>76.528,75</b> |           |

Tabelle 3: Kennzahlen des Beispielportfolios

## 4. Aktuell diskutierte Kreditportfoliomodelle

### 4.1 Das aktuarische Modell CreditRisk+™

Werden als relevante Kreditereignisse 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 Beachtung finden müssen. Diese Überlegungen führten zu einer Adaptation versicherungsmathematischer Überlegungen auf das Kreditgeschäft im Rahmen der Entwicklung von CreditRisk+™ durch die Investmentbank Credit Suisse Financial Products im Jahr 1997.<sup>4</sup>

Das Konzept CreditRisk+™ stellt analytische Werkzeuge zur Verfügung, um die Wahrscheinlichkeitsverteilung potenzieller Verluste durch Kreditausfälle zu ermitteln. Anhand dieser 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.

---

<sup>4</sup> Vgl. Credit Suisse Financial Products (1997).

Die von CreditRisk+™ identifizierten Unsicherheitsfaktoren sind:<sup>5</sup>

- 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?
- In welchem Rahmen können die zukünftig zu erwartenden Ausfallraten der Kreditnehmer schwanken?
- Inwieweit korrelieren die Veränderungen der Ausfallraten kreditnehmerübergreifend, wenn Kreditnehmer ähnlichen ausfallrelevanten Einflussfaktoren ausgesetzt sind?

Zur Quantifizierung dieser Faktoren werden folgende Prämissen unterstellt:<sup>6</sup>

1. Jedem Kreditnehmer kann ein individueller und in der Betrachtungsperiode konstanter Verlust im Insolvenzfall zugeordnet werden. Sind Zinseffekte aufgrund unterschiedlicher Ausfallzeitpunkte zu berücksichtigen, so können die Verluste im Insolvenzfall mittels risikoloser Zinssätze auf den Zeitpunkt der Betrachtung abdiskontiert werden.
2. Jedem Kreditnehmer kann eine individuelle mittlere Ausfallrate zugeordnet werden. Der Ausfall eines Kreditnehmers verursacht den Ausfall sämtlicher Kredite des Kreditnehmers.
3. Die Ausfallraten jedes einzelnen Kreditnehmers sind sehr klein ( $EDF \ll 1$ ).
4. Jedem Kreditnehmer kann eine individuelle Standardabweichung der Ausfallrate zugeordnet werden.
5. Die erwartete Ausfallrate jedes Kreditnehmers und deren Standardabweichung lassen sich mit prozentualer Anteilsgewichtung auf kreditnehmerspezifische und systematische Einflussfaktoren zurückführen. Im Gegensatz zum spezifischen (idiosynkratischen) Einflussfaktor gelten systematische Einflussfaktoren kreditnehmerübergreifend.
6. Die den systematischen Einflussfaktoren zugeordneten Ausfallraten der einzelnen Kreditnehmer verändern sich parallel, gleichgerichtet und proportional zum Beitrag des einzelnen Kreditnehmers zu diesem systematischen Einflussfaktor. Die systematischen Einflussfaktoren stellen die einzige Ursache von Ausfallinterdependenzen der Kreditnehmer dar.

---

<sup>5</sup> Vgl. Rolfes (1999), S. 403 ff.

<sup>6</sup> Diese Explizierung der Prämissen ist entnommen aus Bröker (2000), S. 87 f.

7. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ausfallrate zu jedem Einflussfaktor genügt einer Gammaverteilung.
8. Alle systematischen und spezifischen Einflussfaktoren sind jeweils voneinander unabhängig.
9. Den idiosynkratischen Einflussfaktoren kann auf Portfolioebene eine Standardabweichung von null zugeordnet werden.

Die erwartete gesamte Anzahl der Insolvenzen  $ENDF_p$  (Expected Number of Defaults) des Kreditportfolios ergibt sich additiv aus den erwarteten Ausfallraten der einzelnen Engagements:

$$(7) \quad ENDF_p = \sum_{i=1}^n EDF_i$$

Für das Beispielportfolio ist also theoretisch zu erwarten, dass innerhalb eines Jahres etwa 0,45 Kredite ausfallen werden. Bei entsprechender Größe des Portfolios kann die Anzahl der erwarteten Insolvenzen durch Rundung geschätzt werden.

Um für vorgegebene Konfidenzniveaus die Anzahl der Insolvenzen bestimmen zu können, ist die Kenntnis des Erwartungswertes nicht ausreichend. Hierzu muss darüber hinaus der Verlauf der Wahrscheinlichkeitsverteilung bekannt sein. Sei für alle Engagements eine identische Ausfallrate unterstellt, sei also:

$$(8) \quad EDF_i = EDF_j = EDF \quad \forall i, j \text{ mit } i, j \in \{1..n\}$$

vorausgesetzt. In der Praxis lässt sich dieses durch die Betrachtung von Teilportfolios unterschiedlicher Bonität erreichen. In diesem Fall und bei unterstellter Unabhängigkeit der Ausfallereignisse lässt sich die Ausfallwahrscheinlichkeit durch eine Binomialverteilung der folgenden Form beschreiben:<sup>7</sup>

$$(9) \quad PDF_p(x) = \binom{n}{x} \cdot (EDF)^x \cdot (1 - EDF)^{n-x} \\ = \frac{n!}{(n-x)! \cdot x!} \cdot (EDF)^x \cdot (1 - EDF)^{n-x}$$

Es sei das Beispielportfolio dahingehend modifiziert, dass alle Kredite ein identisches Rating und somit eine identische historische Ausfallrate aufweisen. Hier seien alle En-

---

<sup>7</sup> Zu den Prämissen der Binomialverteilung vgl. u. a. Bamberg/Baur (1996), S. 99.

agements mit dem Rating CCC versehen, wodurch eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 18,90 % impliziert wird. Die Verteilungsfunktion ergibt sich nun wie folgt:

$$(10) \quad ENDF_p = \sum_{i=1}^{10} 0,189 = 1,89$$

$$(11) \quad PDF_p(x) = \binom{10}{x} \cdot (0,189)^x = \frac{3.628.800}{(10-x)! \cdot x!} \cdot 0,189^x \cdot 0,811^{10-x}$$

Aus obiger Gleichung ergibt sich, dass zu erwarten ist, dass in einem Jahr 1,89 Kredite ausfallen. Hierbei ist zu beachten, dass es sich um eine Zufallsvariable handelt. Beispielsweise fällt bei Münzwürfen, wo jede Seite mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % oben liegt, nicht sicher bei zehn Würfeln fünf Mal Kopf. Es können also durchaus signifikant mehr oder weniger als die erwartete Anzahl von Krediten ausfallen. Der Graph der Verteilungsfunktion zeigt, mit welchen Eintrittswahrscheinlichkeiten das Ereignis, dass  $x$  Kredite innerhalb eines Jahres ausfallen, zu bewerten sind (vgl. Abbildung 2):

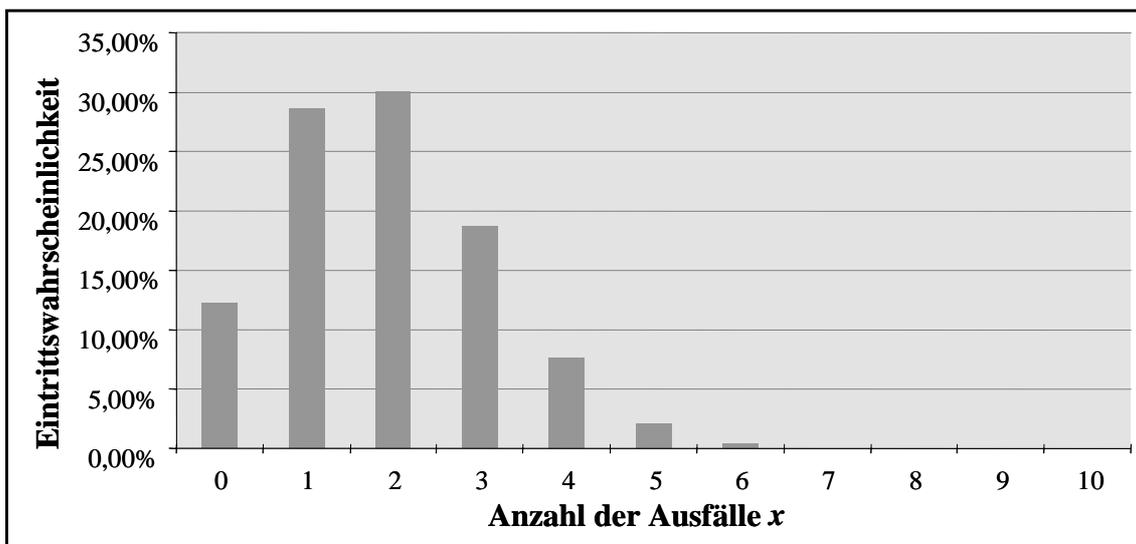


Abbildung 2: Binomialverteilung der Insolvenzergebnisse

Vorausgesetzt, dass die einzelnen Ausfallraten sehr gering sind, lässt sich die gesuchte Verteilungsfunktion durch eine Poisson-Verteilung approximieren,<sup>8</sup> für die gilt:

$$(12) \quad PDF_p(x) \approx e^{-ENDF_p} \cdot \frac{ENDF_p^x}{x!}$$

<sup>8</sup> In der Literatur zur Statistik wird gefordert, dass  $n \geq 50$ ;  $\forall i: EDF_i \leq 0,1$ ;  $ENDF_p \leq 10$  gelte. Siehe hierzu u. a. Bamberg/Baur (1996), S. 103.

Neben den Wahrscheinlichkeiten, mit denen bestimmte Anzahlen von Insolvenzen zu erwarten sind, ist die Ermittlung des erwarteten Ausfallvolumens des Kreditportfolios in Geldeinheiten von großem Interesse. Bisher ist keine Aussage darüber getroffen worden, in welcher Höhe Ausfälle zu erwarten sind. Fielen die zwei Kredite des Beispielportfolios mit dem niedrigsten Loss-given-Default aus, so entstünde ein Verlust von 50.000 GE. Ein Ausfall der beiden Engagements mit der maximalen Verlusterwartung führt hingegen zu Verlusten in Höhe von 427.500 GE! CreditRisk+™ teilt hierzu die Kredite in sogenannte Exposure-Bänder ein, fasst also Kredite mit ähnlicher Verlusterwartung zusammen. Dazu wird ein Verlustkoeffizient  $L$  festgelegt, auf dessen ganzzahlige Vielfache ( $LGD_L$ ) die erwarteten Verluste gerundet werden.

Wird für das Beispielportfolio ein Verlustkoeffizient von 20.000 GE gewählt, so ergibt sich die in der Tabelle 4 dargestellte Einteilung in Exposure-Bänder.

| <b>i</b>     | <b>LGD</b>          | <b>Exposure-Band</b> | <b>Exposure</b>     |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1            | 20.000,00           | 1                    | 20.000,00           |
| 2            | 195.000,00          | 10                   | 200.000,00          |
| 3            | 30.000,00           | 1                    | 20.000,00           |
| 4            | 40.000,00           | 2                    | 40.000,00           |
| 5            | 225.000,00          | 12                   | 240.000,00          |
| 6            | 75.000,00           | 4                    | 80.000,00           |
| 7            | 202.500,00          | 10                   | 200.000,00          |
| 8            | 140.000,00          | 7                    | 140.000,00          |
| 9            | 140.000,00          | 7                    | 140.000,00          |
| 10           | 40.000,00           | 2                    | 40.000,00           |
| <b>Summe</b> | <b>1.107.500,00</b> |                      | <b>1.120.000,00</b> |

Tabelle 4: Zuordnung der Kredite zu Exposure-Bändern

Die Abweichung der nunmehr approximierten maximalen Verlustsumme aus dem Portfolio beträgt in diesem Fall lediglich rund 1,13 % vom tatsächlichen Wert. Hier ist ein Abwägen zwischen der Anzahl der Exposure-Bänder und der Genauigkeit der berechneten Werte notwendig. Ein kleiner Wert für  $L$  liefert zwar Ergebnisse, die näher an der mathematisch exakten Lösung liegen, erhöht aber auch den Rechenaufwand. Zu berücksichtigen ist ebenfalls, mit welcher Sicherheit andere Parameter wie beispielsweise die Rückzahlungsquoten bestimmt worden sind, um einer Scheingenauigkeit der Ergebnisse vorzubeugen.

Als erwartete Verluste ergeben sich:

$$(13) \quad 1.107.500,00 \cdot 18,9\% = 209.317,50$$

für die Betrachtung des Ausgangsportfolios und:

$$(14) \quad 1.120.000,00 \cdot 18,9\% = 211.680,00$$

nach der Einteilung in Exposure-Bänder; die Werte liegen also in diesem Fall dicht beieinander.

Nachdem die Zuordnung der Kredite zu den Exposure-Bändern erfolgt ist, werden für jedes Band  $j$  die auf  $L$  normierten erwarteten Verluste  $\varepsilon_{L,j}$  mittels folgender Gleichung bestimmt:

$$(15) \quad \varepsilon_{L,j} = \sum_{i:LGD_{L,i}=j \cdot L} EDF_i \frac{LGD_i}{L}$$

Das Beispiel führt zu den Ergebnissen, die in Tabelle 5 aufgeführt sind.

| <b>j</b> | <b>Normierter erwarteter Verlust</b> |
|----------|--------------------------------------|
| 1        | 0,4725                               |
| 2        | 0,756                                |
| 3        | 0,00                                 |
| 4        | 0,70875                              |
| 5        | 0,00                                 |
| 6        | 0,00                                 |
| 7        | 2,646                                |
| 8        | 0,00                                 |
| 9        | 0,00                                 |
| 10       | 3,756375                             |
| 11       | 0,00                                 |
| 12       | 2,12625                              |

Tabelle 5: Normierte erwartete Verluste

Wird die Summe der normierten erwarteten Verluste in Höhe von 10,465875 mit der erwarteten Ausfallrate multipliziert, so ergibt sich wiederum das bekannte erwartete Ausfallvolumen (siehe Gleichung (13)):

$$(16) \quad (0,4725 + 0,756 + 0,70875 + 2,646 + 3,756375 + 2,12625) \cdot 20.000 \\ = 209.317,50$$

Mit Hilfe der normierten erwarteten Verluste lässt sich eine Rekursionsformel zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten  $E_{L,P}$  für Verluste in Höhe von Vielfachen des Verlustkoeffizienten  $L$  ableiten:

$$(17) \quad E_{L,P}(j) = \sum_{k=1}^j \frac{\varepsilon_{L,k}}{j} \cdot E_{L,P}(j-k)$$

$$E_{L,P}(0) = e^{-\sum_{k=1}^n EDF_k}$$

Tabelle 6 zeigt die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Verlusten in Höhe von Vielfachen von  $L$ :

| j  | Wahrscheinlichkeit | k=1   | k=2   | k=4   | k=7   | k=10  | k=12  |
|----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  | 15,11%             |       |       |       |       |       |       |
| 1  | 7,14%              | 7,14% |       |       |       |       |       |
| 2  | 7,40%              | 1,69% | 5,71% |       |       |       |       |
| 3  | 2,96%              | 1,17% | 1,80% |       |       |       |       |
| 4  | 4,42%              | 0,35% | 1,40% | 2,68% |       |       |       |
| 5  | 1,88%              | 0,42% | 0,45% | 1,01% |       |       |       |
| 6  | 1,58%              | 0,15% | 0,56% | 0,87% |       |       |       |
| 7  | 6,32%              | 0,11% | 0,20% | 0,30% | 5,71% |       |       |
| 8  | 3,28%              | 0,37% | 0,15% | 0,39% | 2,36% |       |       |
| 9  | 3,03%              | 0,17% | 0,53% | 0,15% | 2,17% |       |       |
| 10 | 6,96%              | 0,14% | 0,25% | 0,11% | 0,78% | 5,67% |       |
| 11 | 4,42%              | 0,30% | 0,21% | 0,41% | 1,06% | 2,44% |       |
| 12 | 6,21%              | 0,17% | 0,44% | 0,19% | 0,41% | 2,32% | 2,68% |
| 13 | 2,99%              | 0,23% | 0,26% | 0,16% | 0,32% | 0,86% | 1,17% |
| 14 | 4,29%              | 0,10% | 0,34% | 0,35% | 1,19% | 1,19% | 1,12% |
| 15 | 1,96%              | 0,14% | 0,15% | 0,21% | 0,58% | 0,47% | 0,42% |
| 16 | 2,00%              | 0,06% | 0,20% | 0,28% | 0,50% | 0,37% | 0,59% |
| 17 | 2,98%              | 0,06% | 0,09% | 0,12% | 1,08% | 1,40% | 0,23% |
| 18 | 1,85%              | 0,08% | 0,08% | 0,17% | 0,65% | 0,68% | 0,19% |
| 19 | 2,41%              | 0,05% | 0,12% | 0,07% | 0,87% | 0,60% | 0,71% |
| 20 | 2,25%              | 0,06% | 0,07% | 0,07% | 0,40% | 1,31% | 0,35% |

Tabelle 6: Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Verlusten

In CreditRisk+™ wird das hier beschriebene Vorgehen um volatile Ausfallraten und Sektoren (systematische Einflussfaktoren) erweitert. Hierzu wird häufig unterstellt, dass die Volatilität der Ausfallrate gleich der Ausfallrate ist. Für das Beispiel bedeutet dieses, dass zur Berechnung nicht nur eine erwartete Ausfallrate von 18,9 % angenommen wird, sondern, dass für deren Schwankung ebenfalls 18,9 % unterstellt wird. Üblicherweise findet die Zuordnung der Engagements jeweils hälftig auf zwei Sektoren (beispielsweise Binnenkonjunktur und Exportkonjunktur) statt.

## 4.2 Die Migrationsmodelle CreditMetrics™ und CreditPortfolio-View™

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 Kredites wird hierzu anhand dessen Einstufung in eine Risiko- bzw. Ratingklasse bestimmt. Durch Änderungen dieser Klassifizierung ändert sich entsprechend die wertorientierte Beurteilung des Engagements.

Während sich bei CreditRisk+™ der Wert eines Kredites 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, die Rating- und Sicherheitenkategorie, der Marktpreis sowie die Korrelationen zu anderen Positionen innerhalb des Portfolios.

Folgende Prämissen werden implizit von CreditMetrics™ unterstellt:<sup>9</sup>

1. Jedem Kreditengagement kann ein individueller und in der Betrachtungsperiode konstanter Zahlungsstrom aus Zins- und Tilgungsleistungen zugeordnet werden.
2. Jedem Kreditengagement kann eine individuelle Risikoklasse (Rating) zugewiesen werden. Die Zugehörigkeit zu einer Risikoklasse determiniert die Wahrscheinlichkeiten, mit denen innerhalb der betrachteten Perioden Migrationen in andere Risikoklassen oder Insolvenzen erfolgen. Die Migrationsraten sind zeitlich konstant.
3. Der Marktwert eines nicht ausgefallenen Kreditengagements lässt sich jederzeit als Barwert des ausstehenden Restzahlungsstromes bestimmen. Zur Diskontierung ist neben der Zinsstrukturkurve für risikolose Kredite eine Strukturkurve der Aufschläge (Credit Spreads) zu berücksichtigen, die durch die Zugehörigkeit des Kreditengagements zu einer Risikoklasse (Rating) determiniert wird.

---

<sup>9</sup> Entnommen aus Bröker (2000), S. 195 f.

4. Jedem Kreditengagement kann im Insolvenzfall ein individueller Marktpreis bzw. eine erwartete Rückzahlung und eine zugehörige Standardabweichung zugeordnet werden. Diese Werte sind zeitlich konstant und unabhängig von Migrationsereignissen.
5. Für eine beliebige Zustandskombination von Risikoklassen der Engagements des Kreditportfolios kann eine gemeinsame und zeitlich konstante Migrationswahrscheinlichkeit für das Erreichen dieses Zustandes am Periodenende angegeben werden.
6. Es existieren keine Transaktionskosten oder Steuern. Alle Wertpapiere sind beliebig teilbar.

Die Rating-Agentur Standard & Poor's ermittelte folgende Migrationsmatrix, die die über mehrere Jahre gemessenen Übergangswahrscheinlichkeiten von einer Ratingklasse zu einer anderen innerhalb eines Jahres enthält:

|                        |     | Rating am Jahresende |               |               |               |               |               |               |        |
|------------------------|-----|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
|                        |     | AAA                  | AA            | A             | BBB           | BB            | B             | CCC           | D      |
| Rating am Jahresbeginn | 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% |

Tabelle 7: Annualisierte Migrationsmatrix von Standard & Poor's

Während CreditRisk+™ lediglich die Ratingmigrationen in die Kategorie D (Kreditausfall) berücksichtigt, werden vom Modell CreditMetrics™ sämtliche Veränderungen von Kreditqualitäten innerhalb des Portfolios in Betracht gezogen. Hierzu sind die zu erwartenden zukünftigen Zahlungsströme der Kreditengagements anhand deren Klassifizierung zu bewerten. Zur Bestimmung der jeweiligen Barwerte werden die Cashflows 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. Tabelle 8 enthält exemplarisch für einen bestimmten Zeitpunkt die marktdeduzierten Zinsaufschläge für verschiedene Laufzeiten.

|            | Laufzeit in Jahren |      |      |      |      |      |
|------------|--------------------|------|------|------|------|------|
|            | 1                  | 2    | 3    | 5    | 7    | 10   |
| <b>AAA</b> | 0,30               | 0,32 | 0,34 | 0,38 | 0,40 | 0,45 |
| <b>AA</b>  | 0,34               | 0,36 | 0,38 | 0,42 | 0,47 | 0,53 |
| <b>A</b>   | 0,42               | 0,46 | 0,50 | 0,54 | 0,60 | 0,66 |
| <b>BBB</b> | 0,62               | 0,65 | 0,69 | 0,77 | 0,86 | 0,92 |
| <b>BB</b>  | 1,01               | 1,22 | 1,46 | 1,56 | 1,70 | 2,01 |
| <b>B</b>   | 1,73               | 2,13 | 2,53 | 2,90 | 3,30 | 3,90 |
| <b>CCC</b> | 3,00               | 3,60 | 4,05 | 4,65 | 5,45 | 6,65 |

Tabelle 8: Credit Spreads anhand der Ratingklassen von Standard &amp; Poor's

Die Credit Spreads ergeben sich aus den tatsächlich am Markt vereinbarten Risikoübernahmepremien 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.<sup>10</sup>

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. An dieser Stelle soll darauf verzichtet werden, stattdessen wird für die aktuellen Zinsaufschläge angenommen, sie seien in der Betrachtungsperiode konstant.

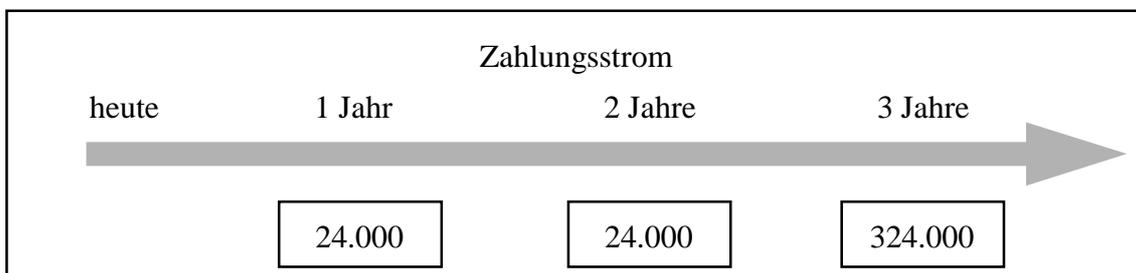


Abbildung 3: Zahlungsstrom bei einer Laufzeit von drei Jahren

<sup>10</sup> Vgl. Rolfes (1999), S. 419 f.

Exemplarisch sei hier der zweite Kredit des Beispielportfolios betrachtet und für diesen eine Restlaufzeit von drei Jahren vorausgesetzt. Der Zahlungsstrom dieses Engagements ist in Abbildung 3 dargestellt.

Da der Kredit ein aktuelles Rating von A aufweist, ist zur Bewertung der entsprechende Credit Spread zu den risikolosen Forward Rates<sup>11</sup> zu addieren.

|                                     | Laufzeit in Jahren |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                     | 1                  | 2     | 3     | 5     | 7     | 10    |
| <b>Risikoloser Forward-Zinssatz</b> | 3,83%              | 3,94% | 4,18% | 4,50% | 4,75% | 4,96% |
| <b>Credit Spread A</b>              | 0,42%              | 0,46% | 0,50% | 0,54% | 0,60% | 0,66% |
| <b>Zinssatz für Rating A</b>        | 4,25%              | 4,40% | 4,68% | 5,04% | 5,35% | 5,62% |

Tabelle 9: Ableitung der Zinsstruktur in einem Jahr zur Diskontierung

Bei einer unterstellten Zinsstruktur wie in Tabelle 9 ergibt sich, wenn der Kredit weiterhin der Ratingkategorie A angehört, für den Barwert des Kredites in einem Jahr (unmittelbar vor der Zinszahlung):

$$(18) \quad PV_{1,ohneMigr.} = 24.000 + \frac{24.000}{1,0425} + \frac{324.000}{(1,0440)^2} = 344.286,74$$

Wird die Möglichkeit der Ratingmigration mit einbezogen, so muss für alle möglichen Einstufungen innerhalb des Betrachtungshorizontes der daraus resultierende Barwert bestimmt werden.

Betrachtet sei der Zeitpunkt in einem Jahr. Das Engagement kann inzwischen mit den in Tabelle 7 aufgeführten Wahrscheinlichkeiten eine andere Ratingbeurteilung erhalten haben. Zur Berechnung des Barwertes in den einzelnen Fällen wird die Forward Rate mit den Credit Spreads kombiniert und zum Diskontieren verwendet.

Mit den bekannten Credit Spreads aus Tabelle 8 ergeben sich in Abhängigkeit von der vorliegenden Ratingklasse die Werte, die in Tabelle 10 aufgeführt sind.

---

<sup>11</sup> Vgl. Steiner/Bruns (1996), S. 150 ff.

| <b>Rating</b> | <b>Barwert des Kredites in Jahr 1</b> | <b>Eintrittswahrscheinlichkeit</b> | <b>Wertbeitrag</b> |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| <b>AAA</b>    | 345.112,14                            | 0,09%                              | 310,60             |
| <b>AA</b>     | 344.874,72                            | 2,27%                              | 7.828,66           |
| <b>A</b>      | 344.286,74                            | 91,05%                             | 313.473,08         |
| <b>BBB</b>    | 343.163,61                            | 5,52%                              | 18.942,63          |
| <b>BB</b>     | 339.875,99                            | 0,74%                              | 2.515,08           |
| <b>B</b>      | 334.714,26                            | 0,26%                              | 870,26             |
| <b>CCC</b>    | 326.624,84                            | 0,01%                              | 32,66              |
| <b>D</b>      | 105.000,00                            | 0,06%                              | 63,00              |
| <b>Alle</b>   | –                                     | 100,00%                            | 344.035,97         |

Tabelle 10: Berechnung des bonitätsabhängigen Wertes des Cashflows

Der Barwert der Zahlung ergibt sich aus der Abdiskontierung mit dem durch Forward Rate und Credit Spread implizierten Zinssatz. Gewichtet mit den Migrationswahrscheinlichkeiten (siehe Tabelle 7) der Ratingklasse A ergibt sich der Barwert im zweiten Jahr unter Berücksichtigung der Migrationen. In obigem Beispiel verbleibt der Kredit für den Rest der Laufzeit in der Ratingklasse, in die er im Laufe des ersten Jahres migriert ist. Für eine genauere Betrachtung wäre noch zu berücksichtigen, dass im zweiten Jahr eine erneute Bonitätsveränderung möglich ist. Im Insolvenzfall, also einer Migration in die Klasse D, findet bereits nach einem Jahr die Zahlung in Höhe der Rückzahlungsquote an Stelle der Zinszahlung statt (siehe Tabelle 3). Diese wird ebenfalls mit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit gewichtet zum Gesamtbarwert addiert (siehe Zeile D in Tabelle 10). Der gesamte Wert des Engagements beläuft sich also auf 344.035,97 Geldeinheiten.

Für den Übergang der Betrachtung 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 derselben Region zurückgegriffen wird. Eine weitere Vorgehensweise ergibt sich aus der Bestimmung von Gleichläufen in der Entwicklung der Unternehmensvermögen der Schuldner, da diese unmittelbaren Einfluss auf die Fähigkeit zur Bedienung der Ansprüche der Fremdkapitalgeber und damit auf die Bonität haben. Auf Portfolioebene wird die Entwicklung der Kredite mit hohem numerischen Aufwand beispielsweise mit Hilfe von Monte-Carlo-Methoden simuliert, um eine Wertverteilung der Portfoliowerte zu bestimmen.

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, können analog zur Vorgehensweise des Modells CreditRisk+™ zu Nominalwerten berücksichtigt werden. Wird insgesamt eine gute Diversifikation des Portfolios unterstellt, ist daher im Wesentlichen das systematische Ausfallrisiko für die Verlustverteilung ausschlaggebend. 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 derselben Ratingklasse zugeordnet sind, wodurch der ursprüngliche Ansatz um makroökonomische Faktoren erweitert wird.

### 4.3 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  $MV_D$  zusammen:<sup>12</sup>

$$(19) \quad V(t) = MV_S(t) + \sum MV_D(t)$$

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

$$(20) \quad V(t) = MV_S(t) + MV_{ZB}(t)$$

Wenn zum Fälligkeitszeitpunkt  $T$  des Zerobonds das gesamte Unternehmensvermögen den zurückzuzahlenden Betrag  $FV_{ZB}$  nicht erreicht oder übersteigt, ist das Unternehmen ökonomisch überschuldet.<sup>13</sup> In diesem Fall erhalten die Fremdkapitalgeber lediglich den verbleibenden Restwert des Unternehmens. Als Wert des Bonds ergibt sich somit:<sup>14</sup>

$$(21) \quad MV_{ZB}(t = T) = \min(V(T); FV_{ZB}) = FV_{ZB} + \min(V(T) - FV_{ZB}; 0)$$

---

<sup>12</sup> Vgl. Black, F., Scholes, M. (1973), S. 649 ff.

<sup>13</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 76.

<sup>14</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 128 ff.

In Abhängigkeit des Unternehmenswertes kann das in Abbildung 4 dargestellte Payoff-Diagramm erstellt werden. Aus Sicht der Fremdkapitalgeber entspricht das Kreditengagement folglich einem ausfallrisikolosen Kredit, kombiniert mit dem Verkauf einer (europäischen) Verkaufsoption (Short Put) der Laufzeit T und dem Basispreis  $FV_{ZB}$  auf das Unternehmen.

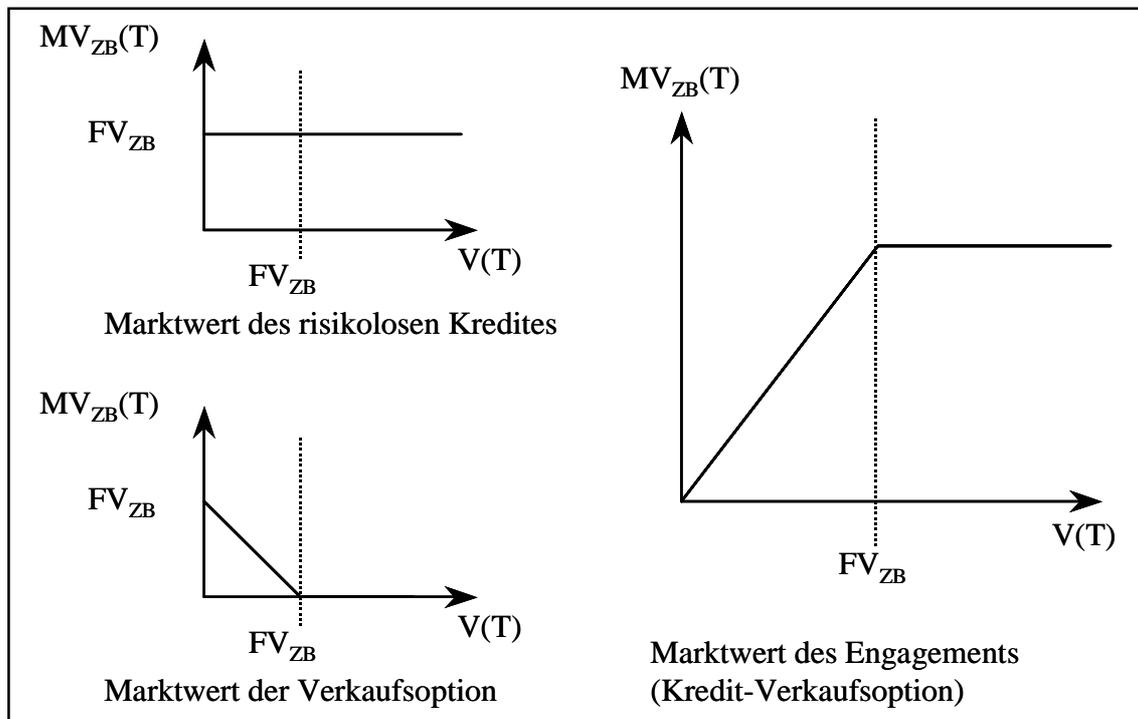


Abbildung 4: Marktwert des Fremdkapitals zum Fälligkeitszeitpunkt

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:

$$(22) \quad MV_S(t = T) = \max(V(T) - FV_{ZB}; 0)$$

Das sich aus Gleichung (21) ergebende Payoff-Profil für die Eigenkapitalposition wird in Abbildung 5 dargestellt und entspricht dem Kauf einer europäischen Kaufoption (Long Call) auf das Unternehmensvermögen mit der Laufzeit T und dem Basispreis  $FV_{ZB}$ .

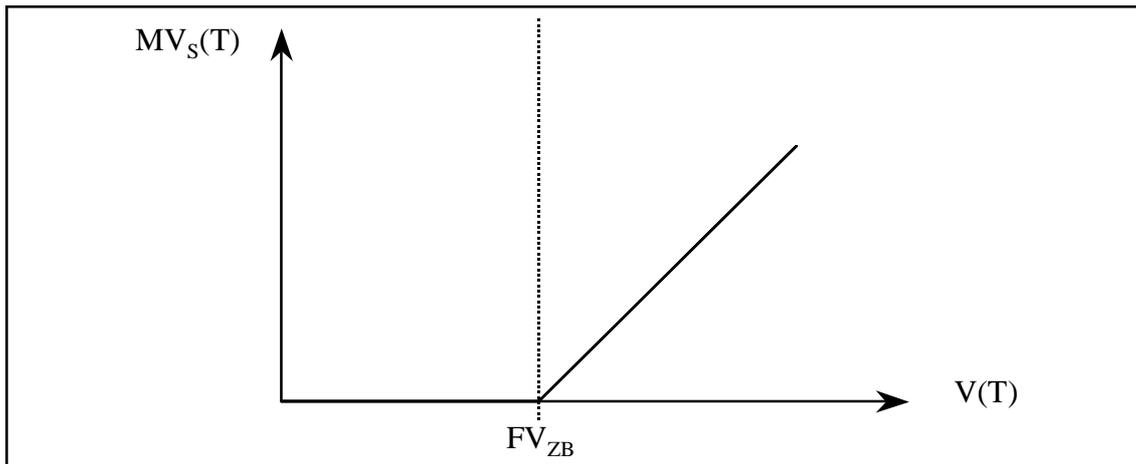


Abbildung 5: Marktwert des Eigenkapitals zum Fälligkeitszeitpunkt

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.<sup>15</sup> In jedem Fall erhält man ein Portfolio aus risikolosen Bonds und und verkauften Optionen. Da es sich hierbei jeweils um Marktpositionen handelt, kann dieses mit Portfoliomodellen für Marktpreisrisiken bewertet werden.

## 5. Abschließender Vergleich der diskutierten Kreditportfoliomodelle

Da sich die vorgestellten Verfahren in wesentlichen Punkten unterscheiden, werden diese in Tabelle 11 abschließend gegenübergestellt.

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

<sup>15</sup> Vgl. Treptow (1999), S. 548 ff.

anderen Seite sein.<sup>16</sup> Je nach verfügbarer Datenbasis und Informationsbedarf können für einzelne Institute auch spezielle Hybridmodelle sinnvoll sein, die die Eigenschaften aktuarischer, migrationsorientierter und optionspreistheoretischer Modelle vereinen.<sup>17</sup>

|                                     | <b>CreditRisk+™</b>            | <b>CreditMetrics™</b>                     | <b>CreditPortfolio-View™</b>                                       | <b>Optionspreismodelle</b>    |
|-------------------------------------|--------------------------------|---|--|-------------------------------|
| Kreditereignis                      | Kreditausfall                  | Bonitätsveränderung                       | Bonitätsveränderung  | Marktwertveränderung          |
| Ausfallraten                        | Internes Scoring/<br>Rating    | Rating<br>(-migrationen)<br>der Agenturen | wie CreditMetrics™,<br>zusätzlich Rating<br>von Branche,<br>Region | Markterwartung                |
| Veränderung<br>der Ausfallrate      | Volatilität der<br>Ausfallrate | nicht<br>berücksichtigt                   | Makroökonomische<br>Faktoren<br>als Basis                          | Implizit modelliert           |
| Volumensstruktur der<br>Engagements | Verlust im<br>Insolvenzfall    | Kreditäquivalent,<br>Rückzahlungsquoten   | wie CreditMetrics™   | Fair Value des<br>Engagements |

Tabelle 11: Übersicht der diskutierten Portfoliomodelle

<sup>16</sup> Vgl. Lehrbaß (1999), S. 133 f.

<sup>17</sup> Ein Beispiel eines institutsspezifischen Modells findet sich in Albrecht/Baetge/Jerschensky/Roeder (1999).

## Literatur

- Albrecht J., Baetge J., Jerschensky A., Roeder K.-H. (1999): Risikomanagement auf der Basis von Insolvenzwahrscheinlichkeiten, in: Die Bank 7/99, S. 494-499.
- Bamberg, G., Baur, F. (1996): Statistik, 9. Auflage, München, Wien 1996.
- Black, F., Scholes, M. (1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities, in: The Journal of Political Economy, Vol. 81, 1973, S. 637-654.
- Bröker, F. (2000): Quantifizierung von Kreditportfoliorisiken – Eine Untersuchung zu Modellalternativen und Anwendungsfeldern, Frankfurt am Main 2000.
- Credit Suisse Financial Products (1997): CreditRisk+™ – A Credit Management Framework, London 1997.
- Kealhofer, S. (1998): Portfolio Management of Default Risk, San Francisco 1998.
- Kirmße, S. (1996): Die Bepreisung und Steuerung von Ausfallrisiken im Firmenkundengeschäft der Kreditinstitute, Frankfurt am Main 1996.
- Lehrbaß, F. B. (1999): Risikomessung für ein Kreditportfolio – Ein Methodenvergleich, in: Die Bank 2/99, S. 130-134.
- Rolfes, B. (1999): Gesamtbanksteuerung, Stuttgart 1999.
- Steiner, M., Bruns, C. (1996): Wertpapiermanagement, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart 1996.
- Standard & Poor's (1997): Ratings Performance 1997, Stability and Transition, Special Report, New York 1997.
- Treptow T. M. (1999): Optionspreistheoretische Kalkulation von Ausfallrisikoprämien, in: ÖBA 7/99, S. 547-551.