

Georg-August-Universität Göttingen

Institut für Wirtschaftsinformatik

Professor Dr. Matthias Schumann



Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Telefon: + 49 551 39 - 44 33
+ 49 551 39 - 44 42

Telefax: + 49 551 39 - 97 35
www.wi2.wiso.uni-goettingen.de

Arbeitsbericht Nr. 8/2003

Hrsg.: Matthias Schumann

Andre Daldrup

Kreditrisikomodelle – State of the Art

© Copyright: Institut für Wirtschaftsinformatik, Abteilung Wirtschaftsinformatik II, Georg-August-Universität Göttingen. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	III
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Definition des Kreditrisikos	3
2.2 Bewertung der Kreditverluste auf Einzelgeschäftsebene.....	5
2.2.1 Konzept des Expected Loss	5
2.2.2 Konzept des Unexpected Loss	8
2.3 Expected und Unexpected Loss auf Portfolioebene	9
3 Klassifizierung von Kreditrisikomodellen	12
3.1 Firmenwertbasierte Modelle	12
3.1.1 Das Modell von Merton	13
3.1.2 Erweiterungsansätze des Grundmodells.....	24
3.2 Intensitätsbasierte Modelle	25
3.3 Vergleich der Modelle	28
4 Kreditportfoliomodelle	31
4.1 Einführung	31
4.2 CreditMetrics™	32
4.3 CreditPortfolioManager™	40
4.4 CreditPortfolioView™	46
4.5 CreditRisk+™	49
4.6 Vergleich der Modelle	56
5 Zusammenfassung.....	59
Literaturverzeichnis	VI

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung von Verlusten	4
Abbildung 2: Volatilität von Kreditverlusten	9
Abbildung 3: Aktiva und Passiva des Unternehmens	13
Abbildung 4: Auszahlungsprofil Eigen- und Fremdkapitalgeber	15
Abbildung 5: Eigenkapital- und Fremdkapitalpositionen bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption	18
Abbildung 6: Eigen- und Fremdkapitalposition bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Verkaufsoption	19
Abbildung 7: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmenswertes am Fälligkeitstag.....	22
Abbildung 8: Auszahlungsprofil der risikobehafteten Anleihe über zwei Perioden	27
Abbildung 9: Zuordnung der kommerziellen Kreditportfoliomodelle.....	31
Abbildung 10: Grundaufbau von CreditMetrics™	33
Abbildung 11: Ratingklassen-Schwellenwerte der Dichtefunktion relativer Unternehmenswertänderungen eines BBB-Unternehmens	38
Abbildung 12: Distance-to-Default.....	43
Abbildung 13: Faktormodell für die Aktivakorrelationen	45
Abbildung 14: Aufbauschema von CreditPortfolioView™	46
Abbildung 15: Aufbauschema von CreditRisk+™	50
Abbildung 16: Bildung von Hintergrundsektoren eines idealtypischen Portfolios	55
Tabelle 1: Vergleich der firmenwert- und intensitätsbasierten Kreditrisikomodelkategorien	30
Tabelle 2: Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten (%) innerhalb eines Jahres	34
Tabelle 3: Ratingspezifische Zinsstrukturkurven (one-year forward).....	35
Tabelle 4: Bondwerte in $t = 1$ in Abhängigkeit vom Rating	36
Tabelle 5: Risikofaktor und Rating-Migrationen	49
Tabelle 6: Einteilung der Kreditnehmer in Exposure-Bänder	52
Tabelle 7: Vergleich der Kreditportfoliomodelle	58

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

B	Wert der Fremdkapitalposition bzw. Wert des Zerobond
C	Call-Option
CaR	Credit at Risk
CE	Credit Exposure
CS	Credit Spread
CVaR	Credit Value at Risk
DD	Distance-to-Default
DP	Default Probability (Ausfallwahrscheinlichkeit)
DPT	Default Point
EDF	Expected Default Frequency
EL	Expected Loss einer Kreditposition
EL _p	Expected Loss eines Portfolios
E(x)	Erwartungswert der Verluste
L	Basiseinheit des potentiellen Verlustes
LGD	Loss Given Default
LS	Loss Severity (Verlustschwere, Verlustquote)
N	Anzahl der beobachteten Unternehmen
N _D	Anzahl der ausgefallenen Unternehmen
p	erwartete Ausfallrate
P	Put-Option
r	risikofreier Zinssatz
r*	risikoadjustierter Zinssatz
R	Rückzahlungsbetrag bzw. Nennwert einer Anleihe
R ^S	Wert einer risikolosen Anleihe
RP	Risikoprämie
RR	Recovery Rate (Wiedereinbringungsrate)
S	Marktwert der Aktien

SP	Survival Probability (Überlebenswahrscheinlichkeit)
UL	Unexpected Loss einer Kreditposition
UL _P	Unexpected Loss eines Portfolios
V	Marktwert des Unternehmens bzw. der Aktiva
W _n	Wahrscheinlichkeit für den Ausfall von n Kreditnehmern
X _{i,t}	makroökonomische Variable i zum Zeitpunkt t
Y _{j,t}	segmentspezifischer Index
β _{j,i}	segmentspezifische Sensitivitäten
δ _{j,i,t}	Fehlerterm in der Entwicklung der makroökonomischen Parameter
ε	Verhältnis erwarteter Verlust zu einer Basiseinheit potentiellen Verlustes
μ	Erwartungswert
σ ² _{DP}	Varianz der Default Probability
σ ² _{RR}	Varianz der Recovery Rate
σ _V	Standardabweichung bzw. Volatilität des Unternehmenswertes
τ _{j,t}	Fehlerterm in der Indexentwicklung
v	Verhältnis LGD zu einer Basiseinheit potentiellen Verlustes

1 Einleitung

Aufgrund steigender Insolvenzzahlen in den letzten Jahren und geringen Margen im Kreditgeschäft steigt die Anforderung an Banken, Preise für Kredite risikoadäquat zu bestimmen und die Kreditrisiken direkt zu steuern. Diese Anforderung wird nicht zuletzt durch die Aktionäre der Banken forciert, die unter dem Gesichtspunkt der Shareholder-Value-Orientierung eine dem Risiko entsprechende Rendite aus dem Kreditgeschäft erwarten.¹ Diese ökonomische und risikodifferenzierende Anforderung an die Banken steht jedoch in einem Widerspruch zu der regulatorischen Eigenkapitalanforderung. Gemäß der Basler Eigenkapitalvereinbarung von 1988 (Basel I) müssen Banken ihre Kredite pauschal mit 8 % Eigenkapital unterlegen. Diese regulatorische Anforderung führt dazu, dass das tatsächliche ökonomische Risiko von Teilen des Kreditportfolios geringer ist als die Eigenkapitalunterlegung anzeigt. Dieser Widerspruch zwischen ökonomischer und regulatorischer Anforderung führte dazu, dass der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht 1999 ein zweites Konsultationspapier mit dem Ziel veröffentlichte, die Eigenkapitalvereinbarung von 1988 durch eine neue Vereinbarung (Basel II) zu ersetzen, die eine risikogerechtere Regelung der Eigenkapitalunterlegung ermöglicht.²

Im Rahmen dieser neuen Vereinbarung wird den Banken zugestanden, ihr zu unterlegendes Eigenkapital anhand externer Ratings (Standardansatz) oder auf internen Ratings basierenden Ansätzen zu bestimmen.³ Zur Zeit ist es den Banken jedoch nicht gestattet, das zu unterlegende Eigenkapital anhand von (Portfolio-)Kreditrisikomodellen zu berechnen. Der Basler Ausschuss für Bankenaufsicht begrüßt jedoch eine weitergehende Entwicklung dieser Modelle, die ggf. in der Zukunft zur Ermittlung einer Eigenkapitalunterlegung, die dem individuellen Risikograd von Kreditnehmern Rechnung trägt, Verwendung finden.⁴ Kreditrisikomodelle werden daher in der Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen.

Die Entwicklung solcher Kreditrisikomodelle begann bereits in den 70er Jahren, wobei mit Hilfe der Optionspreistheorie Modelle zur Bewertung von ausfallrisikobehafteten Anleihen entwickelt wurden. In den 90er Jahren entstand parallel eine zweite Kategorie von Kreditrisikomodellen, die sich allerdings nicht mehr auf die Optionspreistheorie bezog, sondern auf Methoden basierte, die aus der Versicherungsmathematik und der mathematischen Zuverlässigkeitstheorie stammen. Die Zielvorstellung dieser zweiten

¹ Vgl. Niethen (2001), S. 1.

² Vgl. Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001a), S. 1.

³ Vgl. Basler Komitee (2003), S. 6.

⁴ Vgl. Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001b), S. 3.

Modellkategorie lag hierbei in der realistischen Erfassung der statistischen Eigenschaften des Ausfallzeitpunktes.⁵

Die beiden Modellkategorien haben heute jedoch nichts an ihrer Aktualität verloren. Vielmehr bilden sie die Grundlage für die neueren und zum Teil auch kommerziell eingesetzten Kreditrisikomodelle. In der folgenden Arbeit soll daher ein grundlegendes Verständnis für diese Modelle vermittelt werden.

In dem Grundlagenkapitel 2 wird hierfür eine Definition für den Begriff des Kreditrisikos festgesetzt, wobei ergänzend auf die grundlegende Bestimmung des erwarteten und unerwarteten Kreditverlustes auf Einzelgeschäfts- und Portfolioebene eingegangen wird. Das dritte Kapitel befasst sich mit einer Klassifikation der Kreditrisikomodelle, an die eine Darstellung der beiden Modellkategorien anschließt. Im vierten Kapitel werden vier in der Praxis verwendete Kreditportfoliomodelle und ihre Funktionsweise dargestellt, wobei das als Benchmark geltende Modell CreditMetrics™ detaillierter beschrieben wird. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und Ausblick ab.

⁵ Vgl. Schlögl (2000), S. 512.

2 Grundlagen

2.1 Definition des Kreditrisikos

Um den Begriff des „Kreditrisikos“ für die vorliegende Arbeit zu definieren, muss in einem ersten Schritt ein zweckmäßiger allgemeiner Risikobegriff festgelegt werden. Risiko wird in der finanzwirtschaftlichen Literatur häufig als die aus der Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen resultierende Gefahr der negativen Abweichung eines tatsächlich erzielten Wertes einer (finanzwirtschaftlichen) Zielgröße von seinem Erwartungswert definiert.⁶ Diese Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen beinhaltet laut Bröker ergänzend Informationsdefizite in Bezug auf aktuelle und historische Sachverhalte.⁷ Bei Risiko im engeren Sinn kann die Modellierung der Risikosituation durch Zuordnung von subjektiven bzw. objektiven Wahrscheinlichkeiten erfolgen; Risiko im weiteren Sinn betrachtet ergänzend die Ungewissheit, die nicht durch Wahrscheinlichkeiten zu quantifizieren ist.⁸ Im weiteren Verlauf der Arbeit wird ausschließlich das Risiko im engeren Sinn betrachtet.

Der Begriff des Kreditrisikos umfasst sowohl das Ausfallrisiko als auch das Bonitätsrisiko. Das Ausfallrisiko drückt hierbei die Gefahr aus, dass ein Kreditnehmer seinen vertragskonformen Zahlungsverpflichtungen aus dem Kreditvertrag nicht oder nur unvollständig nachkommt.⁹ In diesem Sinn bezeichnet das Ausfallrisiko also die Gefahr der Insolvenz eines Kreditnehmers. Demgegenüber bezeichnet das Bonitätsrisiko die Gefahr der Bonitätsverschlechterung des Schuldners während der Kreditlaufzeit. Somit ist der Begriff „Bonitätsrisiko“ umfassender als der des „Ausfallrisikos“, da der Kreditausfall als Extremfall der Bonitätsverschlechterung angesehen und somit dem Bonitätsrisiko zugeordnet werden kann.¹⁰ „Ausfallrisiko“ und „Bonitätsrisiko“ werden im Weiteren unter dem Oberbegriff „Kreditrisiko“ subsumiert.

Transformiert man den allgemeinen Risikobegriff auf das Kreditrisiko, so bezeichnet es die Gefahr der negativen Abweichung des tatsächlichen vom erwarteten Zahlungsstroms, der aus

⁶ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 21.

⁷ Vgl. Bröker (2000), S.9.

⁸ Vgl. Büschgen (1999), S. 865 f. sowie Bröker (2000), S. 9.

⁹ Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2000), S. 151.

¹⁰ Vgl. Schierenbeck (2001a), S. 314.

einer Forderung entsteht.¹¹ Hierbei werden jeweils die Barwerte betrachtet, wobei der erwartete Zahlungsstrom nicht dem vertraglich vereinbarten Zahlungsstrom entspricht. Dieser Sachverhalt resultiert aus der Tatsache, dass Kreditverluste anhand statistischer Wahrscheinlichkeiten prognostiziert werden können. Folglich können die mit Hilfe von Wahrscheinlichkeiten bestimmten Kreditverluste als Erwartungswerte der Zufallsvariable „Verlust“ angesehen werden.¹² Dieser so genannte „erwartete Verlust“ respektive „Expected Loss“ wird bereits im Vorfeld der Kreditvergabe in die Risikokostenkalkulation des Kreditgeschäftes, in Form von Risikoprämien, mit einbezogen und wird daher nicht zum eigentlichen Kreditrisiko gezählt. Der in dieser Arbeit verwendete Kreditrisikobegriff bezieht sich auf die Verlustüberraschung, d. h. auf den möglichen Verlustbetrag, der über den erwarteten Verlust hinausgeht, und als „unerwarteter Verlust“ respektive „Unexpected Loss“ bezeichnet wird.¹³ Die mögliche Differenz zwischen tatsächlichem und vertraglichem Zahlungsstrom kann als ökonomischer Verlust aus einer bestehenden Forderung interpretiert werden.¹⁴ Die folgende Abbildung zeigt graphisch den Zusammenhang zwischen Expected und Unexpected Loss.

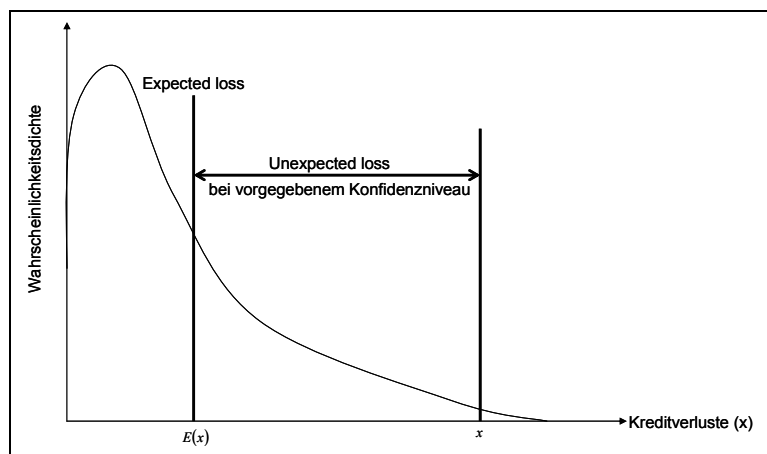


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung von Verlusten¹⁵

Abbildung 1 verdeutlicht, dass die Wahrscheinlichkeiten für Kreditverluste deutlich rechtsschief verteilt sind. Diese Rechtsschiefe und Asymmetrie lässt sich ökonomisch dadurch begründen, dass hohe Kreditverluste nur selten, und daher mit niedrigen Wahrscheinlichkeiten eintreten, währenddessen kleinere Verluste höhere Wahrscheinlichkeiten aufweisen und häufiger auftreten. Somit ist es möglich, dass in mehreren (aufeinander folgenden) Jahren der realisierte Kreditverlust geringer ist als der erwartete Kreditverlust $E(x)$. In anderen Jahren

¹¹ Vgl. Knapp (2002), S.9.

¹² Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2001b), S. 256.

¹³ Vgl. Bröker (2000), S. 13-15.

¹⁴ Vgl. Knapp (2002), S.9.

¹⁵ Vgl. Bröker (2000), S. 18.

kann der tatsächliche den erwarteten Kreditverlust jedoch auch stark übersteigen, so dass der Mittelwert $E(x)$ eine geeignete Kennzahl für den erwarteten Kreditverlust darstellt.¹⁶

Der Abbildung kann zusätzlich entnommen werden, dass mit einer Sicherheit von α % (Konfidenzniveau) kein Gesamtverlust (Expected + Unexpected Loss) auftreten wird, der den Betrag x übersteigt. Daher wird „das Kreditrisiko als derjenige, den Expected Loss übertreffende, monetäre Wertverlust quantifiziert, der mit einer prozentualen Wahrscheinlichkeit α % innerhalb eines Zeitraumes T nicht überschritten wird“.¹⁷

2.2 Bewertung der Kreditverluste auf Einzelgeschäftsebene

2.2.1 Konzept des Expected Loss

Der Expected Loss bezeichnet den erwarteten Kreditverlust eines Kreditengagements und ergibt sich als Produkt aus der (erwarteten) Ausfallwahrscheinlichkeit (Default Probability, DP) mit dem (erwarteten) Verlustumfang einer Forderung zum Zeitpunkt des Ausfalles (Credit Exposure, CE) und mit der Verlustquote (Loss Severity, LS). Das Produkt aus Credit Exposure und Loss Severity wird auch als Loss Given Default (LGD) bezeichnet.¹⁸

$$(1) \quad EL = DP \cdot CE \cdot LS$$

Die Loss Severity gibt den Teil des Credit Exposure an, der uneinbringlich ist. Sie wird aus der Differenz von 1 minus der Wiedereinbringungsrate bzw. Recovery Rate (1-RR) bestimmt.¹⁹ Durch Einsetzen dieses Zusammenhangs in Formel (1) erhält man die folgende Bestimmungsgleichung für den Expected Loss.

$$(2) \quad EL = DP \cdot CE \cdot (1 - RR)$$

Auf die drei Parameter zur Bestimmung des Expected Loss wird im Folgenden genauer eingegangen, da sie die Grundlage für eine Vielzahl von Ansätzen zur Quantifizierung von Kreditportfoliorisiken bilden.²⁰

¹⁶ Vgl. Kirmße (2001), S. 122.

¹⁷ Bröker (2000), S. 18.

¹⁸ Vgl. Heim/Balica (2001), S. 215.

¹⁹ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 313.

²⁰ Auf der Einzelgeschäftsebene werden diese drei Komponenten des erwarteten Verlustes in der Regel als unabhängige Variablen modelliert. Vgl. Bröker (2000), S. 22.

(1) Credit Exposure

Der Credit Exposure bezeichnet allgemein das Kreditvolumen, welches einem Ausfallrisiko ausgesetzt ist. Im klassischen Kreditgeschäft entspricht seine Höhe in der Regel dem Buchwert aller Forderungen gegenüber einem einzelnen Kreditnehmer.²¹ Diese Methodik ist durch ihre einfache Anwendbarkeit sowie ihren direkten Bezug zur Rechnungslegung charakterisiert. Zudem gibt sie einen recht guten Einblick in die offenen Positionen eines Schuldners.²² Bei ökonomischer Betrachtungsweise erscheint der Buchwert jedoch nicht als geeignete Quantifizierungsgröße für den Credit Exposure.²³ Fällt eine Forderung aus, so ist eine Wiederbeschaffung einer äquivalenten Kreditposition nur zu dem im Ausfallzeitpunkt aktuellen Marktwert und nicht zum aktuellen Buchwert möglich. Daher entspricht der Credit Exposure unter Verwendung des Barwertkonzepts dem aktuellen Betrag der Wiederbeschaffungskosten einer äquivalenten Kreditposition, wobei ein vollständiger Kreditausfall angenommen wird.²⁴

(2) Recovery Rate

Der Expected Loss wird im eingetretenen Insolvenzfall allein durch das Produkt aus Credit Exposure und Recovery Rate (LGD) determiniert. Die Recovery Rate bezeichnet dabei den prozentualen Anteil des Credit Exposure, der bei Ausfall eines Kreditnehmers an den Gläubiger zurückfließt.²⁵ In ihrer Höhe wird sie vor allem durch das im Ausfallzeitpunkt noch vorhandene Vermögen des Schuldners sowie durch Kreditsicherheiten und die Rangstellung der Gläubigerposition beeinflusst.²⁶ Bei Ausfall eines Schuldners kann der Gläubiger durch die Verwertung ggf. vorhandener Sicherheiten die Kreditverluste reduzieren und im optimalen Fall sogar gänzlich vermeiden. Als Wert für die gestellten Sicherheiten sollte möglichst der nachhaltig erzielbare Nettoerlös bei Sicherheitenverwertung angesetzt werden.

Recovery Rates lassen sich in der Praxis nur schwer bestimmen.²⁷ Aus diesem Grund werden sie häufig anhand von historischen Daten als Mittelwert respektive Median bestimmt. Aus pragmatischen Gründen werden die Recovery Rates jedoch selten für einzelne Kreditengagements, sondern in der Regel für bestimmte Risikoklassen ermittelt. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass sie innerhalb einer Risikoklasse konstant sind. Eine weitere

²¹ Vgl. Knapp/Hamerle (1999), S. 138.

²² Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 23.

²³ Vgl. Schierenbeck (2001a), S. 316.

²⁴ Vgl. Bröker (2000), S. 24.

²⁵ Vgl. Ong (2000), S. 63.

²⁶ Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2001a), S. 317.

²⁷ Vgl. Rohmann (2000), S. 127.

Möglichkeit Recovery Rates (auch für einzelne Engagements) zu bestimmen liegt in ihrer Schätzung durch eine Beta-Verteilung.²⁸

(3) Default Probability

Die Default Probability gibt die Wahrscheinlichkeit des Ausfalles bzw. der vollständigen oder partiellen Zahlungsunfähigkeit eines Schuldners an. Im Gegensatz zum Credit Exposure und der Recovery Rate, die sich auf einzelne Kreditpositionen beziehen, kann die Ausfallwahrscheinlichkeit eindeutig der Ebene des Kreditnehmers zugeordnet werden, da im Normalfall nicht eine einzelne Forderung, sondern ein Schuldner mit sämtlichen Forderungen ausfällt.²⁹ Die Default Probability von Kreditnehmern kann nicht direkt gemessen werden, sondern muss geschätzt werden.³⁰ Der einfachste Ansatz zu ihrer Schätzung besteht darin, die aus Vergangenheitsdaten ermittelte Ausfallrate, die der relativen Ausfallhäufigkeit einer Risiko- bzw. Ratingklasse entspricht, mit der Ausfallwahrscheinlichkeit gleichzusetzen.³¹ Es reicht jedoch nicht aus, die Default Probability eines Kreditnehmers einmal zu schätzen. Aufgrund der möglichen Qualitätsänderung eines Schuldners im Hinblick auf die vertragskonforme Bedienung seiner Kredite im Zeitverlauf, kann sich die Ausfallwahrscheinlichkeit verändern. Dieser Problematik kann durch die Schätzung einer mehrjährigen Default Probability begegnet werden. Um mehrjährige Ausfallwahrscheinlichkeiten bestimmen zu können, müssen die möglichen Übergänge der Schuldner zwischen verschiedenen Risikoklassen respektive Rating-Klassen betrachtet werden.³²

Wie bereits angedeutet wurde, sollte der Expected Loss, als Erwartungswert des Verlustes, in die Konditionengestaltung der Kredite mit einbezogen werden. Der erwartete Verlust kann somit als Kostenbestandteil des Kreditgeschäftes aufgefasst werden. Die jeweiligen Kostenbestandteile werden in Form von Risikoprämien jedem einzelnen Engagement zugerechnet und damit dem jeweiligen Schuldner belastet. Diese individuelle Berechnung der Standard-Risikokosten eines einzelnen Kreditvertrages wird in der Praxis jedoch aus pragmatischen Gründen kaum durchgeführt. Vielmehr werden Risikokategorien definiert (z. B. Kundensegmente oder Rating-Klassen), für die die Risikoprämien bestimmt werden. Die so ermittelten und über die Kreditkonditionen weitergegebenen Risikoprämien sollten die gesamten Risikokosten abdecken.³³ Aufgrund der Berücksichtigung im Rahmen der

²⁸ Vgl. Altman et al. (2002), S. 11.

²⁹ Vgl. Schierenbeck (2001a), S. 319.

³⁰ Vgl. Rohmann (2000), S. 46.

³¹ Vgl. auch im Folgenden Oehler/Unser (2002), S. 259 f.

³² Für eine genauere Betrachtung dieser (Rating-)Migrationsanalysen siehe Riekeberg (2002).

³³ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 313.

Konditionengestaltung stellt der Expected Loss eine Kostenkomponente dar, so dass das Kreditrisiko ausschließlich durch den Unexpected Loss quantifiziert wird.

2.2.2 Konzept des Unexpected Loss

Der Unexpected Loss quantifiziert die Schwankungen der auftretenden Verluste um den erwarteten Verlust.³⁴ Der unerwartete Verlust stellt somit die geschätzte Volatilität der Verluste um ihren Erwartungswert dar.³⁵ Demgemäß kann er symmetrisch anhand von Streuungsmaßen, wie z. B. Varianz oder Standardabweichung, oder asymmetrisch durch Shortfall- bzw. Downside-Risikomaße (z. B. Lower Partial Moments und Value at Risk) bestimmt werden.³⁶ Bei Betrachtung der Standardabweichung als Volatilitätsmaß ergibt sich der Unexpected Loss für ein Kreditengagement wie folgt:³⁷

$$(3) \quad UL = CE \cdot \sqrt{DP \cdot \sigma_{RR}^2 + (1 - RR)^2 \cdot \sigma_{DP}^2} \quad \text{mit} \quad \sigma_{DP}^2 = DP \cdot (1 - DP)$$

Der Wurzel-Term in der Gleichung (3) wird durch die Default Probability (DP), die Recovery Rate (RR) sowie den entsprechenden Varianzen (σ_{RR}^2 , σ_{DP}^2) determiniert. Wäre $\sigma_{DP}^2 = 0$ und $\sigma_{RR}^2 = 0$, d. h. gäbe es keine Unsicherheit bezüglich des Ausfalles und der Höhe der Recovery Rate, so ergäbe sich ein unerwarteter Verlust von Null, und somit bestünde kein Kreditrisiko.³⁸

Die Standardabweichung repräsentiert jedoch nur ein geeignetes Maß für den Unexpected Loss, solange eine Normalverteilung der Kreditverluste unterstellt werden kann. In Abschnitt 2.1 wurde bereits angedeutet, dass Kreditverluste in der Regel asymmetrische Verteilungen aufweisen. Als Alternative zur Standardabweichung kann das aus dem Marktrisikomanagement stammende, asymmetrische Maß des Value at Risk verwendet werden. Im Rahmen des Kreditrisikomanagements wird für Value at Risk häufig auch die Bezeichnung Credit Value at Risk (CVaR) oder kurz Credit at Risk (CaR) verwendet.³⁹

Der Credit Value at Risk (unerwarteter Verlust) wird anhand der Dichtefunktion der Kreditausfälle berechnet. In seiner jeweiligen Höhe entspricht er dem Risikokapital, welches zur Deckung des Kreditrisikos eines Engagements vorzuhalten ist. Somit kann der CVaR als Differenz von dem Verlustbetrag, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, und dem Expected Loss bestimmt werden. Der bei einer bestimmten

³⁴ Vgl. Kealhofer/Bohn (2001), S. 6.

³⁵ Vgl. Dunemann (2001), S. 188.

³⁶ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 338.

³⁷ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 341. Für eine Herleitung siehe Ong (2000), S. 116-118.

³⁸ Vgl. Ong (2000), S. 114.

³⁹ Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 342.

Wahrscheinlichkeit maximal entstehende Verlust entspricht dem Quantil der Verlustverteilung.⁴⁰

$$(4) \quad CVaR = \text{Quantil der Verlustverteilung} - EL$$

Der CVaR quantifiziert gemäß der Gleichung (4) das ökonomische Kapital, das ein Gläubiger bereithalten sollte, um sich gegen unerwartete und extreme Verluste abzusichern. Die folgende Abbildung verdeutlicht diesen Umstand.

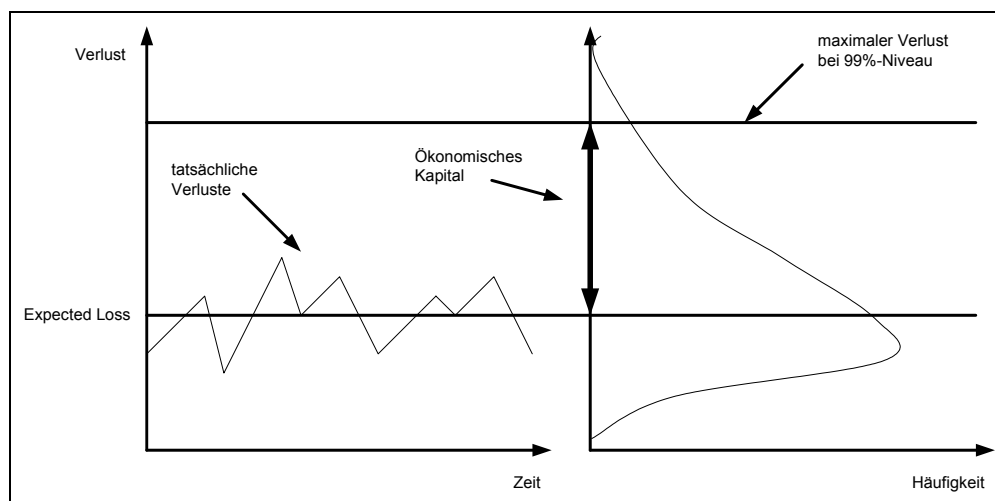


Abbildung 2: Volatilität von Kreditverlusten⁴¹

2.3 Expected und Unexpected Loss auf Portfolioebene

Im vorigen Abschnitt wurde die Ermittlung des Expected und Unexpected Loss auf Einzelgeschäftsebene aufgezeigt. Innerhalb der Portfoliobetrachtung lässt sich der erwartete Verlust des Portfolios (EL_P) durch die Summe der Erwartungswerte der einzelnen Kreditpositionen bestimmen.⁴²

$$(5) \quad EL_P = \sum EL$$

Für $i = 1, 2, \dots, N$ Kreditpositionen ergibt sich

$$(6) \quad EL_P = \sum_i (DP_i \cdot CE_i \cdot (1 - RR_i))$$

In der finanzwirtschaftlichen Praxis wird der Expected (und Unexpected) Loss üblicherweise auf das Credit Exposure standardisiert. Insofern ergibt sich der EL_P als Summe der (zu CE) relativen EL der einzelnen Kreditpositionen.⁴³

⁴⁰ Vgl. Heim/Balica (2001), S. 216.

⁴¹ Quelle: Heim/Balica (2001), S. 217.

⁴² Vgl. Ong (2000), S. 123.

⁴³ Vgl. Kealhofer/Bohn (2001), S.7 sowie Oehler/Unser (2002), S. 356.

$$(7) \quad \frac{EL_P}{CE_P} = \sum_i \omega_i \cdot EL_i$$

Die Gewichte ω_i bestimmen sich gemäß

$$(8) \quad \omega_i = \frac{CE_i}{\sum_i CE_i} \equiv \frac{CE_i}{CE_P}$$

Bei Annahme einer Normalverteilung für Kreditverluste und Betrachtung des unerwarteten Verlustes einer Kreditposition gemäß Gleichung (3) ergibt sich der Unexpected Loss eines Kreditportfolios gemäß Gleichung (9), wobei ρ_{ij} die Ausfallkorrelation zwischen den Kreditpositionen i und j angibt.⁴⁴

$$(9) \quad UL_P = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot UL_i \cdot UL_j} \quad ^{45}$$

Aus Gleichung (9) ist ersichtlich, dass der Unexpected Loss des Portfolios nicht der Summe der unerwarteten Verluste der einzelnen Kreditengagements entspricht.

$$(10) \quad UL_P \neq \sum_i UL_i$$

Aufgrund von Diversifikationseffekten ist der unerwartete Portfolioverlust vielmehr kleiner als die Summe der einzelnen unerwarteten Verluste. Dieser Sachverhalt impliziert, dass nur ein Teil des unerwarteten Kreditrisikos einer Kreditposition zum Gesamtrisiko eines Portfolios beiträgt.⁴⁶

Geht man von der realistischeren Annahme der rechtsschiefen Kreditverlustverteilung aus, so kann der unerwartete Verlust (bzw. der CVaR) eines Kreditportfolios mit Hilfe von Kreditportfoliomodellen geschätzt werden. Die Grundfunktion eines solchen Kreditportfoliomodells liegt in der Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Kreditverluste.⁴⁷ Anhand der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung kann jedem möglichen Kreditportfolioverlust die Wahrscheinlichkeit seines Auftretens zugeordnet werden. Der CVaR kann aus der Verteilung als Differenz von dem maximalen Kreditverlust, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, und dem Expected Loss des Portfolios abgelesen werden. Korrelationen zwischen verschiedenen Kreditnehmern werden hierbei modellimmanent mit berücksichtigt.⁴⁸

⁴⁴ Vgl. Kiesel/Schmid (2000), S. 73.

⁴⁵ Gleichung (9) bestimmt den Unexpected Loss in (absoluten) Währungseinheiten. Bei analoger Standardisierung auf das Credit Exposure in Form eines relativen UL_P (UL_P / CE_P) gemäß EL_P , ergibt sich für den UL_P : $UL_P = \sqrt{\sum_i \sum_j \omega_i \cdot \omega_j \cdot \rho_{ij} \cdot UL_i \cdot UL_j}$. Vgl. hierzu Oehler/Unser (2002), S.

357.

⁴⁶ Vgl. Ong (2000), S.125.

⁴⁷ Vgl. Ott (2001), S. 63.

⁴⁸ Vgl. Kirmße (2001), S. 120.

In dem vorangegangenen Kapitel wurde die allgemeine Bestimmung des erwarteten und unerwarteten Kreditverlustes dargestellt. In der Realität sind die benötigten Variablen jedoch nicht einfach zu ermitteln. Kreditrisikomodelle stellen Ansätze dar, die mit Hilfe verschiedener Annahmen Ausfallwahrscheinlichkeiten schätzen und den erwarteten Kreditverlust bestimmen. Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die grundlegende Klassifikation von Kreditrisikomodellen. Die Funktionsweisen der jeweiligen Basismodelle werden dabei kurz dargestellt.

3 Klassifizierung von Kreditrisikomodellen

Allgemein können Kreditrisikomodelle anhand der verwendeten Eingangsparameter klassifiziert werden.⁴⁹ Die Einteilung der Modelle erfolgt in firmenwertbasierte und intensitätsbasierte Kreditrisikomodelle.⁵⁰ Duffie und Singleton verwenden eine andere Terminologie. Sie bezeichnen die firmenwertbasierten Modelle als Structural Models und die intensitätsbasierten als Reduced Models.⁵¹ Unterscheiden lassen sich die beiden Modellkategorien dadurch, dass die intensitätsbasierten Modelle direkt mit Ausfallwahrscheinlichkeiten arbeiten, die anhand historischer Ausfallhäufigkeiten geschätzt werden, während die firmenwertbasierten Modelle auf der Veränderung von Marktwerten der Unternehmung basieren.⁵² Letztere gehen von der Annahme aus, dass ein Kreditausfall vorliegt, wenn das Vermögen eines Unternehmens die Schulden unterschreitet. Das Ausfallrisiko hängt somit von der stochastischen Entwicklung der Unternehmensaktiva ab.⁵³ Die intensitätsbasierten Modelle sind von ihrer Entwicklung neueren Datums und bilden die praxisrelevantere der beiden Modellkategorien ab, da sie die Kreditausfälle direkt modellieren und weniger Dateninput benötigen.⁵⁴

3.1 Firmenwertbasierte Modelle

Die firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle bzw. Structural Models basieren auf dem Ansatz von Merton (1974)⁵⁵, der mithilfe der Optionspreistheorie von Black und Scholes (1973)⁵⁶ ein grundlegendes Modell zur Bewertung von ausfallrisikobehafteten Unternehmensanleihen entwickelte. Anhand der firmenwertbasierten Modelle können die Risikoprämie, der Credit Spread, der Anleihepreis sowie die Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt werden.⁵⁷

⁴⁹ Vgl. Lipponer (2000), S. 43.

⁵⁰ Vgl. Rehm (2002), S. 50.

⁵¹ Siehe hierzu Duffie/Singleton (1999). Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die entsprechenden Begriffe synonym verwendet.

⁵² Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2000), S. 3.

⁵³ Vgl. Merton (1974), S. 450.

⁵⁴ Vgl. Lipponer (2000), S. 43 f. sowie Henn (2001), S. 19 f.

⁵⁵ Siehe Merton (1974).

⁵⁶ Siehe Black/Scholes (1973).

⁵⁷ Vgl. Devic (2001), S. 140.

3.1.1 Das Modell von Merton

In dem Modell von Merton wird von einem Unternehmen mit beschränkter Haftung ausgegangen, welches sich durch Eigen- und Fremdkapital finanziert. Die Fremdfinanzierung erfolgt durch die Emission einer Nullkuponanleihe⁵⁸ (Zerobond), die Eigenfinanzierung durch Ausgabe von Aktien zum Zeitpunkt $t = 0$.⁵⁹ Der Zerobond als Fremdkapital sowie die Aktien als Eigenkapital bilden die Passiva des Unternehmens ab. Demgemäß entspricht der Marktwert des Unternehmens V_0 der Summe des Marktwertes der Zerobonds B_0 und des Marktwertes der Aktien S_0 .⁶⁰

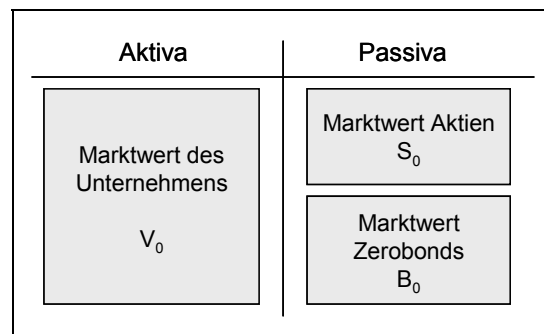


Abbildung 3: Aktiva und Passiva des Unternehmens

Im Zeitpunkt $t = 0$ haben die Zerobonds einen Wert von B_0 und die Gläubiger erhalten zum Fälligkeitszeitpunkt T einen vorher vertraglich festgelegten Rückzahlungsbetrag (bzw. Nennwert) R . Die Forderungen der Gläubiger unterliegen in dem Modell dem Risiko, dass der Unternehmenswert (V_T) zum Fälligkeitszeitpunkt T unterhalb des Rückzahlungsbetrages liegt, so dass das Unternehmen seinen Zahlungsverpflichtungen nicht mehr nachkommen kann. Tritt der Fall ein, dass der Unternehmenswert kleiner als R ist, so ist definitionsgemäß ein Kreditausfall eingetreten und die Gläubiger bekommen den Marktwert des Unternehmens. In diesem Fall kann die Recovery Rate als Anteil des Unternehmenswertes am Wert der Schulden interpretiert werden.^{61,62} Befindet sich der Unternehmenswert im Zeitpunkt T oberhalb des Tilgungsbetrages, so erhalten die Gläubiger den vertraglich vereinbarten Betrag R .⁶³ Hierbei wird also von der Annahme ausgegangen, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit

⁵⁸ Eine Nullkuponanleihe (Zerobond) bezeichnet eine Anleihe, die nicht mit einem Kupon ausgestattet ist, und somit keine regelmäßigen Zinszahlungen während der Laufzeit gewährt. Die zum Emissionszeitpunkt vereinbarten Zinsen werden incl. Zinseszinsen am Ende der Laufzeit ausgezahlt. In seiner grundlegenden Form entspricht ein Zerobond einer abgezinsten Anleihe, die im Fälligkeitszeitpunkt zu einem Kurs von 100% zurückgezahlt wird. Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 134.

⁵⁹ Vgl. Rehm (2002), S. 52.

⁶⁰ Vgl. Kirmße (1996), S. 77 f.

⁶¹ Vgl. Ott (2001), S. 84.

⁶² Da sich die Recovery Rate aus dem Zusammenhang zwischen Ausfall und Kapitalstruktur ergibt und somit vom Modell erklärt wird, stellt sie eine endogene Variable dar.

⁶³ Vgl. Pfeiffer (1999), S. 230.

durch die Entwicklung des Unternehmenswertes bestimmt wird.⁶⁴ Ergänzend zu den bereits erläuterten, basiert das Modell auf den folgenden Annahmen:⁶⁵

- Von Transaktionskosten und Steuern wird abstrahiert, Aktiva sind beliebig teilbar.
- Der Markt verfügt über eine ausreichende Menge an Investoren, so dass die Anleger unbegrenzt Wertpapiere kaufen und verkaufen können.
- Der Zinssatz für Geldanlage und -aufnahme ist identisch.
- Leerverkäufe sind in beliebiger Höhe erlaubt.
- Das Modigliani-Miller Theorem gilt, so dass der Unternehmenswert unabhängig von der Kapitalstruktur ist.
- Es wird von einer flachen Zinsstrukturkurve ausgegangen, bei der der risikofreie Zinssatz bekannt und über die Zeit konstant ist.
- Ein Kreditausfall kann nur zum Fälligkeitszeitpunkt auftreten, nicht während der Laufzeit.
- Fremdkapital unterschiedlichen Ranges und unterschiedlicher Fälligkeit werden im Modell nicht beachtet. Die Verbindlichkeiten des Unternehmens werden vollständig im Zeitpunkt T fällig.
- Die Entwicklung des Unternehmenswertes im Zeitverlauf wird durch den folgenden stochastischen Prozess beschrieben.⁶⁶

$$dV = (\alpha V - A)dt + \sigma V dz$$

α ist hierbei die momentan erwartete Ertragsrate der Unternehmung und A entspricht der gesamten Ausschüttung des Unternehmens an die Aktionäre oder Fremdkapitalgeber (Dividenden oder Zinsen). σ^2 bezeichnet die Volatilität des Unternehmenswertes und z folgt einer Geometrisch Brownschen Bewegung.⁶⁷

Für die Fremdkapitalgeber stellt sich die Situation dar, dass sie den vertraglich vereinbarten Betrag R erhalten, insofern der Unternehmenswert bei Fälligkeit größer ist als der Rückzahlungsbetrag. Andernfalls erhalten sie lediglich den Marktwert des Unternehmens. Die Eigenkapitalgeber erhalten im Fall des Kreditausfalles einen Kapitalrückfluss in Höhe von Null. Übersteigt der Unternehmenswert jedoch den Betrag R, so erhalten sie die Differenz in Höhe

⁶⁴ Vgl. Overbeck (1999), S. 106.

⁶⁵ Vgl. Merton (1974), S. 450 sowie Rehm (2002), S. 53.

⁶⁶ Vgl. Merton (1974), S. 450.

⁶⁷ Vgl. Henn (2001), S. 22.

von $V_T - R$. Die Auszahlungsprofile der Fremdkapitalgeber (B_T) und Eigenkapitalgeber (S_T) lassen sich formal folgendermaßen darstellen:⁶⁸

$$(11) \quad B_T = \min[V_T; R]$$

$$(12) \quad S_T = \max[V_T - R; 0]$$

Die in den Gleichungen (11) und (12) dargestellten Zusammenhänge lassen sich wie folgt graphisch veranschaulichen:

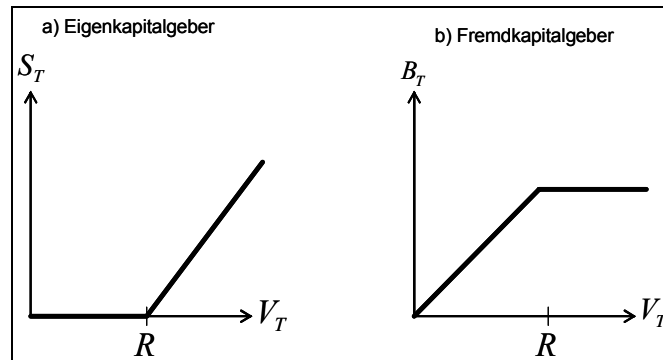


Abbildung 4: Auszahlungsprofil Eigen- und Fremdkapitalgeber⁶⁹

Das Auszahlungsprofil der Eigenkapitalgeber in Abbildung 4 a) entspricht dem Payoff-Diagramm einer gekauften europäischen Kauf-Option (Long Call), während das Diagramm in Abbildung 4 b) mit dem einer verkauften europäischen Verkaufs-Option (Short Put) übereinstimmt.⁷⁰ Die Fremd- und Eigenkapitalpositionen zum Fälligkeitszeitpunkt lassen sich daher durch die entsprechenden Optionen duplizieren und damit bewerten. Anhand der ermittelten Optionswerte lassen sich Risikoprämien bestimmen und damit indirekt der erwartete Kreditverlust ableiten. Für die Ableitung der Risikoprämien können zwei verschiedene Herangehensweisen genutzt werden. Entweder bildet die Bestimmung des Wertes der Eigenkapitalposition (Call-Variante) oder die Bestimmung der Fremdkapitalposition (Put-Variante) den Ausgangspunkt. Aufgrund der Put-Call-Parität für europäische Optionen führen beide Ansätze zu demselben Ergebnis.⁷¹

⁶⁸ Vgl. Dunemann (2001), S. 202 f. Die Auszahlung an die Fremdkapitalgeber entspricht dem Wert der Fremdkapitalposition bzw. der Anleihe und die Auszahlung an die Eigenkapitalgeber stellt den Marktwert der Aktien dar.

⁶⁹ Vgl. Ritchken (1987), S. 331 f.

⁷⁰ Vgl. auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 79.

⁷¹ Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 321 f. sowie Kirmße (1996), S. 79 f.

Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption

Bei diesem Ansatz lässt sich der Marktwert der Eigenkapitalposition durch eine europäische Call-Option C_t auf den Marktwert des Unternehmens (als Underlying) mit dem Basispreis (R) darstellen.⁷² Zum Fälligkeitszeitpunkt $t = T$ bzw. für den Zeitpunkt $t = 0$ gilt somit:

$$(13) \quad S_T = C_T$$

$$(14) \quad S_0 = C_0(V_0, R, T)$$

Der Wert der europäischen Call Option ist damit abhängig vom Unternehmenswert, vom vertraglich vereinbarten Rückzahlungsbetrag der Anleihe als Basispreis R sowie vom Fälligkeitszeitpunkt T .⁷³ Die Berechnung des Wertes der Kaufoption kann anhand von Optionspreismodellen erfolgen. Die bekanntesten klassischen Modelle sind von Black/Scholes⁷⁴ für den zeitstetigen Fall sowie das Modell von Cox/Ross/Rubinstein⁷⁵ für den zeitdiskreten Fall. Gemäß der Bewertungsformel von Black/Scholes ermittelt sich der Wert einer europäischen Call Option entsprechend Gleichung (15).⁷⁶

$$(15) \quad C_0 = V_0 \cdot N(d_1) - R \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2) \quad \text{mit}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{R}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2\right) \cdot T}{\sigma \sqrt{T}} \quad \text{und}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{R}\right) + \left(r - \frac{1}{2} \cdot \sigma^2\right) \cdot T}{\sigma \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Die Variable r symbolisiert den risikofreien Zinssatz, T die Restlaufzeit der Option und σ^2 die Volatilität des Underlyings. $N()$ bezeichnet die Verteilungsfunktion der Standard-Normalverteilung.⁷⁷

Mit Hilfe des ermittelten Wertes der Call-Option kann anschließend eine Ausfallrisikoprämie bestimmt werden. Unter Beachtung des Zusammenhangs, dass sich der Unternehmenswert aus der Summe der Marktwerte von Aktien und Zerobond ($V_0 = S_0 + B_0$) ergibt, kann die

⁷² Vgl. auch im Folgenden Pfeiffer (1999), S. 230 f.

⁷³ Vgl. Kirmße (1996), S. 80.

⁷⁴ Siehe hierzu Black/Scholes (1973).

⁷⁵ Siehe hierzu Cox/Ross/Rubinstein (1979).

⁷⁶ Vgl. Black/Scholes (1973), S. 644, Black/Scholes (1972), S. 401 und Kirmße (1996), S. 92 f.

⁷⁷ Vgl. Black/Scholes (1972), S. 401.

ausfallrisikobehaftete Anleihe bzw. der Wert der Fremdkapitalposition als Differenz aus Unternehmenswert und Call-Option bestimmt werden.⁷⁸

$$(16) \quad B_0 = V_0 - C_0$$

Die Risikoprämie ergibt sich aus der Differenz des Wertes der risikobehafteten Anleihe und dem Wert einer risikofreien Anleihe (R^S) mit identischer Ausstattung.⁷⁹ Der Wert der risikofreien Anleihe R^S zum Zeitpunkt $t = 0$ berechnet sich durch Abzinsung des vereinbarten Rückzahlungsbetrages R mit dem risikofreien Zinssatz r auf den aktuellen Zeitpunkt. Die so ermittelte Risikoprämie quantifiziert den jeweiligen erwarteten Kreditverlust der Fremdkapitalposition.⁸⁰

$$(17) \quad RP_0 = \frac{R^S}{(1+r)^T} - B_0$$

Durch Einsetzen von (16) in (17) erhält man letztendlich

$$(18a) \quad RP_0 = \frac{R^S}{(1+r)^T} - (V_0 - C_0(V_0, R, T)).$$

Bei kontinuierlicher Verzinsung bestimmt sich die Risikoprämie gemäß

$$(18b) \quad RP_0 = \frac{R^S}{e^{rT}} - (V_0 - C_0(V_0, R, T))$$

Dieser Ansatz geht von der Annahme aus, dass die Eigenkapitalgeber die Unternehmung für den erhaltenen Kreditbetrag an die Fremdkapitalgeber verkaufen. Im Gegenzug erhalten die Aktionäre eine Call-Option, mit der sie das Unternehmen im Fälligkeitszeitpunkt T zum Basispreis (bzw. Nennwert des Zerobond) R zurückkaufen können.⁸¹ Die Fremdkapitalgeber respektive Kreditgeber sind somit Stillhalter einer Call-Option (Short Call).

Anhand der beschriebenen Zusammenhänge kann die in Abbildung 4 dargestellte Gesamtposition in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt werden. Die Eigenkapitalposition wird durch den Wert einer Kauf-Option dargestellt, während die Fremdkapitalposition durch den angenommenen Verkauf des Unternehmens an die Kreditgeber durch eine Long Position in Aktien und eine Short Position in einen Call dupliziert werden kann.⁸²

⁷⁸ Vgl. Ritchken (1987), S. 332.

⁷⁹ Eine identische Ausstattung bedeutet gleiche Laufzeit und Effektivverzinsung wie die risikobehaftete Anleihe.

⁸⁰ Vgl. Black/Scholes (1973), S. 650 und auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 80.

⁸¹ Vgl. Rehm (2002), S. 52 sowie Ritchken (1987), S. 332.

⁸² Vgl. Kirmße (1996), S. 81.

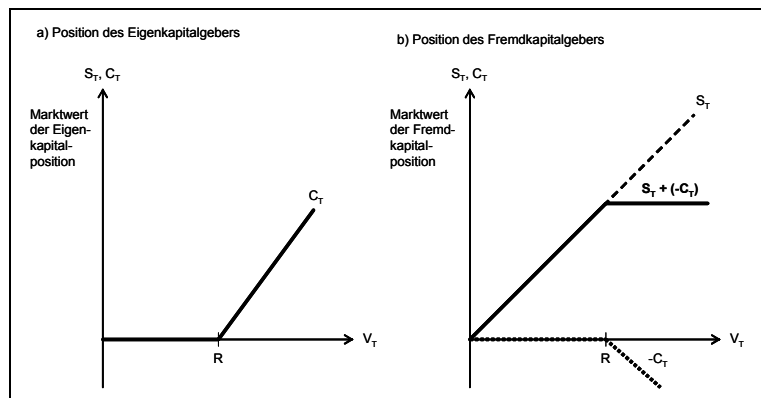


Abbildung 5: Eigenkapital- und Fremdkapitalpositionen bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption⁸³

Die in Abbildung 5 a) aufgezeigte Position der Eigenkapitalgeber ergibt sich als Kaufoptionsposition analog der Abbildung 4 a). Bei der Position des Fremdkapitalgebers wird die Long Position der Aktien durch die Gerade S_T dargestellt.⁸⁴ Die durch $(-C_T)$ angezeigte Short Call-Position verliert an Wert, sobald sie den Wert R erreicht. Werden die beiden Positionen zusammengefasst, so ergibt sich die aus Abbildung 4 b) bekannte Darstellung $(S_T + (-C_T))$.

Kreditnehmer als Käufer einer Verkaufsoption

Gemäß Gleichung (12) entspricht der Wert der Fremdkapitalposition im Fälligkeitszeitpunkt dem Minimum von Unternehmenswert und Rückzahlungsbetrag der ausfallrisikobehafteten Anleihe. Die folgenden Zusammenhänge verdeutlichen diesen Sachverhalt nochmals:⁸⁵

$$\left. \begin{array}{l} V_T > R \Rightarrow R - \max[R - V_T, 0] = R - 0 = R \\ V_T < R \Rightarrow R - \max[R - V_T, 0] = R - (R - V_T) = V_T \end{array} \right\} B_T = \min[V_T, R]$$

Anhand dieser Darstellung lässt sich erkennen, dass das Minimum von Unternehmenswert und Rückzahlungsbetrag identisch ist mit der Differenz aus Rückzahlungsbetrag und dem Maximum von Null und der Differenz aus Rückzahlungsbetrag und Unternehmenswert. Entsprechend kann die Gleichung (12) zur Bestimmung des Wertes der Fremdkapitalposition im Fälligkeitszeitpunkt folgendermaßen aufgestellt werden.⁸⁶

$$(19) \quad B_T = R - \max[R - V_T, 0]$$

⁸³ Quelle: Kirmße (1996), S. 81.

⁸⁴ Aufgrund der Annahme, dass das Unternehmen an die Kreditgeber verkauft wurde, finanziert sich das Unternehmen ausschließlich mit Eigenkapital, so dass hier $V_T = S_T$ gilt.

⁸⁵ Vgl. auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 82.

⁸⁶ Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

Der Ausdruck $\max [R - V_T, 0]$ stellt den Wert einer europäischen Verkaufsoption am Verfalltag (P_T) mit einem Basispreis gleich dem Nennwert der Anleihe (R) und dem Unternehmenswert als Underlying dar.⁸⁷ Der Wert der ausfallrisikobehafteten Fremdkapitalposition am Fälligkeitstag kann somit durch die Differenz einer risikofreien Anleihe und eines Put bestimmt werden.⁸⁸

$$(20) \quad B_T = R^S - P_T$$

Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass die Kreditgeber von den Kreditnehmern einen ausfallrisikofreien Zerobond erwerben und zusätzlich eine Verkaufsoption an die Unternehmenseigentümer verkaufen. Der Put spiegelt hierbei die beschränkte Haftung der Eigenkapitalgeber wider.⁸⁹ Unter den getroffenen Annahmen entspricht die Eigenkapitalposition hier einem Portefeuille aus Long Aktienposition und einer Long Put-Position. Die Fremdkapitalposition kann dagegen durch eine risikofreie Anleihe und eine Short Put-Position dupliziert werden.⁹⁰ Durch die Zusammenfassung der einzelnen Portefeuille-Bestandteile erhält man die in Abbildung 4 dargestellten Auszahlungsprofile für Eigen- und Fremdkapitalgeber. Die folgende Abbildung veranschaulicht diesen Zusammenhang.

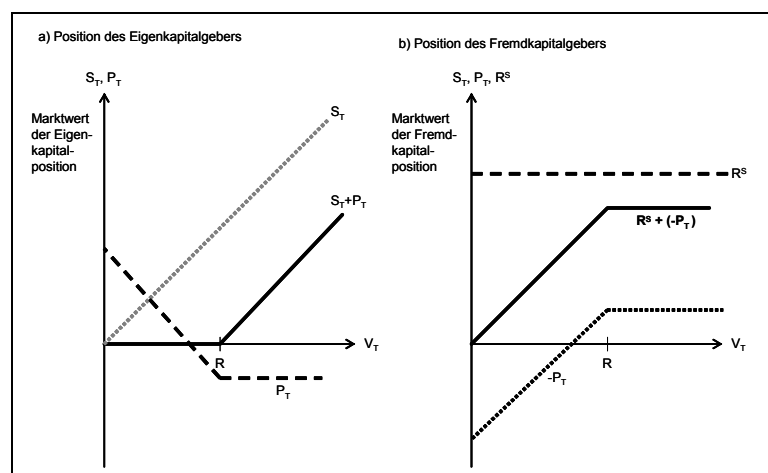


Abbildung 6: Eigen- und Fremdkapitalposition bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Verkaufsoption⁹¹

Um den Marktwert der Fremdkapitalposition zum Zeitpunkt $t = 0$ zu bestimmen, muss der aktuelle Wert der risikolosen Anleihe und der aktuelle Wert des Put berechnet werden. Der Wert der Fremdkapitalposition bestimmt sich gemäß Gleichung (21).⁹²

⁸⁷ Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 297.

⁸⁸ Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

⁸⁹ Vgl. Kirmße (1996), S. 84.

⁹⁰ Vgl. Kirmße (1996), S. 83.

⁹¹ Quelle: Kirmße (1996), S. 83.

⁹² Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

$$(21) \quad B_0 = \frac{R^S}{e^{rT}} - P_0(V_0, R, T)$$

Für den angeführten Fall, dass sich der aktuelle Marktwert der Fremdkapitalposition durch die Differenz von risikolosem Zerobond und Put-Option ergibt, entspricht die zu bestimmende Risikoprämie dem Wert des Put.⁹³

$$(22) \quad RP_0 = P_0(V_0, R, T)$$

Analog zur Berechnung des Call im vorigen Abschnitt kann der Put ebenfalls durch das Optionsbewertungsmodell von Black/Scholes bestimmt werden. Ein europäischer Put lässt sich anhand folgender Gleichung berechnen.⁹⁴

$$(23) \quad P_0 = R \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2) - V_0 \cdot N(-d_1)$$

Die Berechnung von d_1 und d_2 erfolgt analog der Bestimmungsgleichung (15) für einen europäischen Call.

Alternativ zu in Währungseinheiten ausgedrückten Risikoprämien kann der erwartete Kreditverlust auch durch risikoadjustierte Zinssätze quantifiziert werden. Der aktuelle Wert der Fremdkapitalposition respektive der Wert des ausfallrisikobehafteten Zerobond kann durch die Abzinsung des Rückzahlungsbetrages R mit dem risikoadjustierten Zinssatz r^* berechnet werden.⁹⁵

$$(24) \quad B_0 = \frac{R}{e^{r^*T}}$$

Durch Auflösung nach r^* erhält man die Bestimmungsgleichung für den risikoadjustierten Zinssatz.

$$(25) \quad r^* = -\frac{\ln\left(\frac{B_0}{R}\right)}{T}$$

Die Differenz von risikoadjustiertem und risikofreiem Zins ergibt den so genannten Credit Spread (CS), der als Zinsaufschlag für die Übernahme des (gegenüber einer risikofreien Anlage) höheren Risikos interpretiert werden kann.⁹⁶ Unter Verwendung der

⁹³ Vgl. Pechtl (1999), S. 191.

⁹⁴ Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 329.

⁹⁵ Vgl. Pfeiffer (1999), S. 233.

⁹⁶ Vgl. Bröker (2000), S. 140.

Bewertungsformel für Put-Optionen kann der Credit Spread folgendermaßen berechnet werden.⁹⁷

$$(26) \quad CS = r^* - r = -\frac{1}{T} \cdot \ln \left(N(d_2) + \frac{V_0}{\text{Re}^{-rT}} \cdot N(-d_1) \right)$$

Anhand Gleichung (26) ist zu erkennen, dass der Credit Spread von der Laufzeit T und von der Kapitalstruktur des Unternehmens abhängt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die beiden gezeigten Ansätze zu dem selben Ergebnis kommen. Der Unterschied liegt lediglich in den unterschiedlichen Interpretationen von Eigen- und Fremdkapitalposition. Bestimmt man die Risikoprämie gemäß Gleichung (18), so wird die Eigenkapitalposition als Long Call-Position und die Fremdkapitalposition als Portfolio bestehend aus einer Long Position auf den Unternehmenswert (Aktien) und einer Short Call-Position interpretiert. Bei der Berechnung des Wertes einer Put-Option als Risikoprämie wird die Eigenkapitalposition als Kombination einer Long Aktienposition und einer Long Put-Position dargestellt. Die Fremdkapitalposition bei diesem zweiten Ansatz wird durch ein Portfolio aus einer risikofreien Anleihe und einer Short Put-Position dupliziert.⁹⁸ Die Abbildungen 5 und 6 belegen hierbei, dass beide Ansätze zu dem gleichen Auszahlungsprofil wie Abbildung 4 führen.

Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kreditverluste

Im Bereich der firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle orientiert sich ein möglicher Kreditausfall am Unternehmenswert des kreditnehmenden Unternehmens. Aus der Annahme von Black/Scholes⁹⁹ und Merton¹⁰⁰, dass sich die Marktwertänderungen des Unternehmensvermögens durch einen kontinuierlichen und stationären Zufallsprozess beschreiben lassen, resultiert eine Log-Normalverteilung für den Marktwert der Unternehmensaktiva,¹⁰¹ deren Wahrscheinlichkeitsverteilung anhand von historischen Daten geschätzt werden kann.¹⁰²

⁹⁷ Vgl. Pfeiffer (1999), S. 233.

⁹⁸ Vgl. Kirmße (1996), S. 84.

⁹⁹ Vgl. Black/Scholes (1973), S. 640.

¹⁰⁰ Vgl. Merton (1974), S. 450.

¹⁰¹ Vgl. Black/Scholes (1973), S. 640.

¹⁰² Vgl. Ott (2001), S. 83.

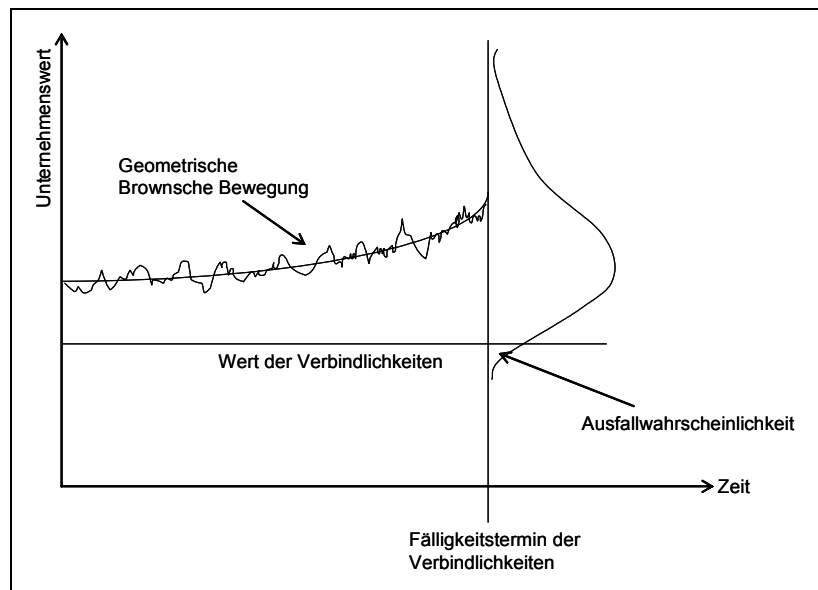


Abbildung 7: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmenswertes am Fälligkeitstag¹⁰³

Firmenwertbasierte Kreditrisikomodelle definieren den Kreditausfall in Form eines Unternehmenswertes, der am Fälligkeitstag unterhalb der Verbindlichkeiten liegt. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, kann anhand der geschätzten Wahrscheinlichkeitsverteilung und dem Wert der Verbindlichkeiten die Ausfallwahrscheinlichkeit des Unternehmens bestimmt werden. In einem nächsten Schritt kann für jeden möglichen Unternehmenswert eine Ausfallprämie bestimmt werden. Werden die entsprechenden Ausfallprämien mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten der jeweiligen Werte des Unternehmensvermögens gewichtet, so erhält man eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der (barwertigen) Kreditverluste auf Einzelkreditebene.¹⁰⁴ Anhand der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kreditverluste kann der unerwartete Kreditverlust respektive das Kreditrisiko eines einzelnen Kreditengagements in Form eines Credit Value at Risk für beliebige Konfidenzniveaus (α) bestimmt werden. Hierfür muss zuerst der Unternehmenswert $V_{1-\alpha}$ ermittelt werden, der zum Fälligkeitszeitpunkt T mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - \alpha$ genau unterschritten wird.¹⁰⁵ Der $CVaR_\alpha$ berechnet sich für ein Konfidenzniveau von α entsprechend der $CVaR$ -Definition aus Gleichung (4) aus der Differenz des Wertes der Put-Option für den Unternehmenswert $V_{1-\alpha}$ und dem erwarteten Verlust. Den erwarteten Kreditverlust erhält man durch Aufzinsung des Wertes der Put-Option auf den Unternehmenswert V_0 .

Um die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung auf ein Kreditportfolio mit N Kreditengagements zu übertragen, muss ergänzend von den folgenden Annahmen

¹⁰³ Quelle: Ott (2001), S. 83.

¹⁰⁴ Vgl. Bröker (2000), S. 142.

¹⁰⁵ Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 147.

ausgegangen werden.¹⁰⁶ Die Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsverteilung basiert dabei auf einem Indexmodell.¹⁰⁷

- Die Aktienkursentwicklung der Kreditnehmer wird anhand von so genannten β -Faktoren mit der Wertentwicklung eines Aktienindexes verknüpft, wobei die Eigenkapitalrenditen der Kreditnehmer sich proportional zur Rendite des Marktindex verhalten.
- Analog der Unternehmenswertänderungen können die Wertveränderungen des Indexes durch einen kontinuierlichen und stationären Zufallsprozess dargestellt werden.

Unter diesen Annahmen werden Kreditausfälle nicht mehr als Unterschreitung des Unternehmensvermögens unter den Rückzahlungsbetrag definiert. Vielmehr treten jetzt Kreditausfälle auf, sobald der Aktienindex zu einem kreditnehmerindividuellen Zeitpunkt unter einen bestimmten Wert sinkt, der ebenfalls pro Kreditnehmer festzusetzen ist.

Zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste muss zunächst die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Aktienindexes ermittelt werden.¹⁰⁸ Da die Aktienkursentwicklungen über die jeweiligen Beta-Faktoren mit der Wertentwicklung des Indexes gekoppelt sind, können die Wertänderungen des Indexes auf die Eigenkapitalwerte der Kreditnehmer übertragen werden. Die Beta-Faktoren verdeutlichen hierbei das Ausmaß der Sensitivität der Eigenkapitalwerte auf Veränderungen des Indexes,¹⁰⁹ so dass für jeden beliebigen Indexwert der entsprechende Wert des Eigenkapitaltitels pro Kreditnehmer bestimmt werden kann, wenn die Ausgangswerte des Eigenkapitals bekannt sind. Aufgrund der Proportionalität von Eigenkapitalrenditen und Indexrenditen ist es mit Hilfe der Beta-Faktoren ebenfalls möglich die Volatilität der Eigenkapitalwerte abzuleiten.¹¹⁰ In einem weiteren Schritt können nun die Volatilitäten und die Eigenkapitalwerte jedes Kreditnehmers auf das entsprechende Unternehmensvermögen und dessen Volatilität übertragen werden, so dass man für jeden Kreditnehmer die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmensvermögens erhält. Mit diesen Daten können nun für die jeweiligen Kreditnehmer die individuellen Risikoprämien bestimmt werden. Abschließend können diese Zwischenergebnisse zur Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kreditverluste zusammengefasst werden. Die erwarteten Verluste des Kreditportfolios bestimmen sich durch die Summe der

¹⁰⁶ Vgl. Bröker (2000), S. 148 f.

¹⁰⁷ Dieser Ansatz lässt sich dabei ausschließlich auf börsennotierte Unternehmen anwenden.

¹⁰⁸ Vgl. für eine formale Darstellung der Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung Bröker (2000), S. 150-156.

¹⁰⁹ Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 64.

¹¹⁰ Vgl. Bröker (2000), S. 151.

Risikoprämien der Einzelengagements.¹¹¹ Der unerwartete Verlust des Portfolios bestimmt sich analog zum unerwarteten Verlust des Einzelkredites, allerdings wird jetzt kein Unternehmenswert, sondern ein Indexwert ermittelt, der mit der Wahrscheinlichkeit $1 - \alpha$ genau unterschritten wird.

3.1.2 Erweiterungsansätze des Grundmodells

Das beschriebene Modell von Merton geht von der Annahme aus, dass ein Kreditausfall nur zum Fälligkeitszeitpunkt der einzig vorhandenen Verbindlichkeit eintreten kann. Des Weiteren abstrahiert er von unterschiedlichen Rängen des Fremdkapitals. Verschiedene Erweiterungen dieses Basismodells versuchen durch Ablegung einzelner Prämissen eine höhere Realitätsnähe zu erreichen. Beispielhaft werden im Folgenden einige Erweiterungen kurz dargestellt.

Geske (1977)¹¹² erweiterte beispielsweise das Modell von Merton um die Möglichkeit der Kuponbetrachtung und um Fremdkapitaltitel unterschiedlicher Ränge.¹¹³ Das Modell von Geske geht dabei jedoch von der Annahme aus, dass der Kreditnehmer bzw. der Emittent der Anleihe eine börsennotierte Aktiengesellschaft ist, so dass die Anwendung des Modells auf diese Unternehmen beschränkt ist.¹¹⁴

Black und Cox (1976)¹¹⁵ legen die Annahme ab, dass ein Unternehmensausfall nur zum Fälligkeitszeitpunkt auftreten kann. Sie nehmen dafür einen exogen vorgegebenen Schwellenwert an, dessen Unterschreitung durch das Unternehmensvermögen während der Laufzeit einen Kreditausfall anzeigt. Das kreditnehmende Unternehmen muss zu diesem Zeitpunkt Umstrukturierungsmaßnahmen durchführen, ansonsten geht die Unternehmung an die Fremdkapitalgeber über.¹¹⁶ Modelle, die einen Ausfall vor Fälligkeit der Verbindlichkeit zulassen, werden auch First Passage Time Modelle genannt.¹¹⁷

¹¹¹ Vgl. Bröker (2000), S. 153.

¹¹² Siehe Geske (1977).

¹¹³ Vgl. Rehm (2002), S. 53.

¹¹⁴ Vgl. Devic (2001), S. 140.

¹¹⁵ Siehe Black/Cox (1976).

¹¹⁶ Vgl. Henn (2001), S. 25.

¹¹⁷ Vgl. Rehm (2002), S. 53 f.

In den 80er und 90er Jahren wurde begonnen firmenwertbasierte Modelle zu entwickeln, die sich auf die Bewertung von Swaps sowie auf Optionen mit Gegenparteiisiken bezogen. Beispielhaft erwähnt seien hier Johnson und Stulz (1987)¹¹⁸ sowie Hull und White (1995)^{119, 120}.

3.2 Intensitätsbasierte Modelle

Im Gegensatz zu den firmenwertbasierten Modellen wird bei den intensitätsbasierten Modellen kein Zusammenhang zwischen dem Wert einer risikobehafteten Finanzanlage, deren Ausfallwahrscheinlichkeit und der Entwicklung des Unternehmenswertes unterstellt. Die intensitätsbasierten Modelle leiten die Ausfallrate aus historischen Daten ab, so dass sie als exogen vorgegebene Variable in das Modell einfließt.¹²¹ Als Modellvariablen fungieren daher nicht mehr der Unternehmenswert, sondern am Markt beobachtbare Credit Spreads, Unternehmensratings oder Bondpreise. Ein Kreditausfall kann annahmegemäß zu jeder Zeit mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten. „Der Begriff der Intensität bezieht sich hierbei auf die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls und die Höhe der Recovery Rate, die durch Zufallsvariablen mit unterschiedlicher Intensität dargestellt werden.“¹²² Die Ausfallintensität (λ) beschreibt dabei die durchschnittliche Ausfallrate bei vollkommenem Informationsstand zum Zeitpunkt t . Gemessen wird sie als erwartete Anzahl von Kreditausfällen pro Jahr.¹²³ Ein Ausfallintensitätswert von 0,10 % würde damit z. B. zehn Kreditausfälle bei 10.000 Schuldnern bedeuten.

Bei den intensitätsbasierten Modellen wird der Ausfallprozess als Poisson-Prozess (Sprungprozess) modelliert, mit dessen Hilfe die Überraschung der Kreditgeber über einen Ausfall dargestellt wird. Sobald ein Sprung eintritt, wird davon ausgegangen, dass der Kreditnehmer ausgefallen ist. Die Ausfallintensität kann somit als die Wahrscheinlichkeit für einen Sprung bzw. für einen Kreditausfall innerhalb eines Zeitintervalls interpretiert werden und ist für jedes Zeitintervall größer Null.¹²⁴

In Abhängigkeit der jeweiligen Kreditrisikofaktoren lassen sich die intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle grob in die zwei Bereiche Credit Spread Modelle und Credit Rating Modelle¹²⁵ einteilen.¹²⁶ Im Folgenden wird das Grundmodell von Credit Spread Modellen kurz

¹¹⁸ Siehe Johnson/Stulz (1987).

¹¹⁹ Siehe Hull/White (1995).

¹²⁰ Für einen tabellarischen Überblick über firmenwertbasierte Modelle siehe stellvertretend Henn (2001), S. 31 f.

¹²¹ Vgl. Ott (2001), S. 87.

¹²² Rehm (2002), S. 57.

¹²³ Vgl. Kiesel/Schmid (2000), S. 64.

¹²⁴ Vgl. Henn (2001), S. 35.

¹²⁵ Als Beispiel für ein Credit Rating Modell siehe Jarrow/Lando/Turnbull (1997).

beschrieben, wobei nur das Kreditrisiko betrachtet wird. Von Zinsänderungsrisiken wird abstrahiert.¹²⁷

Bei den intensitätsbasierten Modellen wird allgemein angenommen, dass es risikobehaftete und risikofreie Zerobonds für alle Laufzeiten gibt. Die risikofreien Zerobonds (R^S) bestimmen sich dabei durch¹²⁸

$$(27) \quad R^S(t, T) = \frac{1}{1 + r(t, T)}$$

t bezeichnet hierbei den Betrachtungszeitpunkt, T den Fälligkeitstermin und $r(t, T)$ den risikofreien Zinssatz.¹²⁹

Eine risikobehaftete Anleihe ($B(t, T)$) zahlt vertragsgemäß am Ende der Laufzeit den Nominalwert zurück. Bei Ausfall der Anleihe erhält der Anleger jedoch nur die Recovery Rate (RR). Damit determinieren die Ausfallwahrscheinlichkeit und die Höhe der Recovery Rate den Wert der risikobehafteten Anleihe.¹³⁰ In deren Bestimmungsgleichung wird daher die Ausfallwahrscheinlichkeit (DP) zur Abbildung des Risikos von Kreditverlusten aufgenommen.

Für die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit wird zuerst die Überlebenswahrscheinlichkeit (SP) mit Hilfe des Poisson-Prozesses bestimmt. Ein Poisson-Prozess mit einer Intensität λ kann dabei als ein stochastischer Prozess verstanden werden, der nur ganzzahlige Werte annehmen kann.¹³¹ Dieser Sprung-Prozess startet daher mit Null und in jedem Zeitpunkt t erfolgt entweder ein Sprung um 1 nach oben, oder er bleibt unverändert. Als Kreditausfall wird somit der erste Sprung von Null auf Eins definiert. Unter Beachtung dieses stochastischen Prozesses lassen sich die Überlebenswahrscheinlichkeiten von t bis T sowie die bedingten Überlebenswahrscheinlichkeiten ableiten, wobei s einen beliebigen Zeitpunkt im Intervall $[t, T]$ bezeichnet.¹³²

$$(28) \quad SP(t, T) = e^{-\lambda(T-t)} \quad \text{und} \quad SP(t, s, T) = e^{-\lambda(T-s)}$$

Die für die Bestimmung des Wertes der risikobehafteten Anleihe benötigte Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt sich entsprechend der Differenz von 1 und der Überlebenswahrscheinlichkeit.

¹²⁶ Vgl. Rehm (2002), S. 58.

¹²⁷ Für eine detailliertere Darstellung eines intensitätsbasierten Modells unter Beachtung von Zinsänderungsrisiken siehe Jarrow/Turnbull (1995).

¹²⁸ Vgl. Rehm (2002), S. 62.

¹²⁹ Vgl. Jarrow/Turnbull (1995), S. 55.

¹³⁰ Vgl. Rehm (2002), S. 62.

¹³¹ Vgl. auch im Folgenden Schönbucher (2000), S. 586 f.

¹³² Für die Herleitung dieser Überlebenswahrscheinlichkeiten siehe Schönbucher (2000), S. 579-587.

Zur Vereinfachung der Darstellung wird die Ausfallwahrscheinlichkeit sowie die Recovery Rate als im Zeitverlauf konstant angesehen (d.h. $DP_0 = DP_1$). Zur Verdeutlichung der Wertbestimmung der risikobehafteten Anleihe zeigt die folgende Abbildung unter der Annahme der Risikoneutralität das Auszahlungsprofil der Anleihe für zwei Perioden.

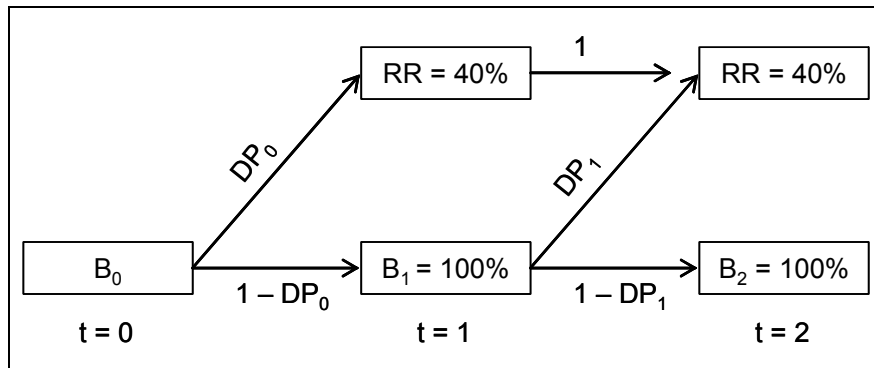


Abbildung 8: Auszahlungsprofil der risikobehafteten Anleihe über zwei Perioden¹³³

Am Ende einer jeden Periode bzw. eines Zeitintervalls ist die Anleihe entweder mit einer Wahrscheinlichkeit von DP ausgefallen und es wird die Recovery Rate in Höhe von 40 % des Nennwertes ausgezahlt, oder die Anleihe befindet sich mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - DP$ (SP) im Überlebenszustand. In letzterem Fall wird der volle Nennwert der Anleihe zurückgezahlt. Bei einem Ausfall wird davon ausgegangen, dass sich die ausgefallene Anleihe bis zum Fälligkeitszeitpunkt im Default-Zustand befindet. Anhand dieser Abbildung lässt sich nun die Bewertungsgleichung für die risikobehaftete Anleihe einfach ableiten.¹³⁴ Der Wert der Anleihe bestimmt sich durch die Abzinsung der erwarteten Rückzahlungen mit dem risikofreien Zinssatz für eine Periode.¹³⁵

$$(29) \quad B(0,1) = \frac{DP_0 \cdot RR + (1 - DP_0) \cdot 1}{1 + r(0,1)} = \frac{1}{1 + r(0,1)} \cdot [DP_0 \cdot RR - DP_0 + 1]$$

Da der Term $1/(1+r(0,1))$ gemäß Gleichung (27) den Wert einer risikofreien Anleihe bestimmt, kann der Wert der einperiodigen Anleihe aus (29) auch folgendermaßen ermittelt werden:

$$(30) \quad B(0,1) = R^S(0,1) \cdot [DP_0 \cdot RR - DP_0 + 1] = R^S(0,1) \cdot [1 - (1 - RR) \cdot DP_0]$$

Der Wert eines risikobehafteten Zerobond kann allgemein auch durch die Abzinsung des Cash Flow mit einem risikoadjustierten Zinssatz bestimmt werden. Dieser Zinssatz kann als Summe aus risikofreiem Zins und einem Zinsaufschlag (Credit Spread) interpretiert werden.

¹³³ In Anlehnung an Rehm (2002), S. 63.

¹³⁴ Aus Vereinfachungsgründen wird hier nur eine Periode betrachtet. Eine Darstellung des Sachverhalts über mehrere Perioden zeigt Rehm (2002), S. 62-68.

¹³⁵ Vgl. Rehm (2002), S. 59.

$$(31) \quad B(0,1) = \frac{1}{1 + r(0,1) + CS(0,1)}$$

Betrachtet man Gleichung (27) und (31), so fällt auf, dass der Credit Spread eindeutig die Höhe des erwarteten Kreditverlustes definiert.¹³⁶ Setzt man nun die Formeln (30) und (31) gleich, so erhält man durch Auflösung nach CS eine Bestimmungsgleichung für den Credit Spread, der analog der firmenwertbasierten Modellen den erwarteten Kreditverlust quantifiziert.

$$(32) \quad CS(0,1) = \frac{DP_0 \cdot (1 - RR) \cdot [1 + r(0,1)]}{1 - DP_0 \cdot (1 - RR)}$$

Hat man die Werte der risikobehafteten und risikofreien Anleihen bestimmt, so lässt sich aus deren Differenz auch eine Risikoprämie ausgedrückt in Geldeinheiten bestimmen.

$$(33) \quad RP_0 = R_0^S - B_0$$

In der Realität schwanken die Ausfallwahrscheinlichkeiten im Zeitverlauf. Allgemein lässt sich dieser Sachverhalt durch eine Auswirkung von sich ändernden ökonomischen Gegebenheiten interpretieren. Für jede ökonomische Gegebenheit kann eine bedingte Wahrscheinlichkeit für den Kreditnehmer bestimmt werden. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der potenziellen Kreditverluste erhält man somit durch die Zusammenfassung aller bedingten Ausfallwahrscheinlichkeiten eines Kreditnehmers.¹³⁷ Der unerwartete Verlust für einen einzelnen Kredit bzw. Kreditnehmer kann als CVaR wiederum durch das Quantil der Verlustverteilung abzüglich des erwarteten Verlustes bestimmt werden.¹³⁸

3.3 Vergleich der Modelle

Die dargestellten Kreditrisikomodellkategorien unterscheiden sich vor allem in ihrer Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeiten. Die intensitätsbasierten Modelle leiten die Ausfallwahrscheinlichkeit anhand von historischen durchschnittlichen Ausfallraten ab, während die firmenwertbasierten Modelle die Wahrscheinlichkeit aus der Entwicklung des Unternehmensvermögens bestimmen. Problematisch im Bereich der firmenwertbasierten Modelle ist daher die Parameterschätzung. Hierbei zeigt sich die Schwierigkeit den Marktwert eines Unternehmens zu beobachten.¹³⁹ Aufgrund der Bestimmungsproblematik des Unternehmenswertes sind die firmenwertbasierten Modelle nicht sehr realitätsnah.

¹³⁶ Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 59.

¹³⁷ Vgl. Bröker (2000), S. 268.

¹³⁸ Vgl. Abschnitt 2.2.2.

¹³⁹ Vgl. Henn (2001), S. 33.

Approximativ kann die Unternehmenswertentwicklung über Aktienrenditen geschätzt werden.¹⁴⁰ Bei dieser Approximation können jedoch nur börsennotierte Unternehmen bewertet werden. Die praxisrelevantere Modellkategorie wird daher durch die intensitätsbasierten Modelle dargestellt. Ihr Vorteil liegt in der geringeren Menge benötigter Inputdaten. Diese Modelle modellieren die Kreditausfälle z. B. direkt, d.h. in jedem Zeitpunkt kann ein Kreditausfall eintreten, wozu lediglich die Wahrscheinlichkeiten für diese Ausfallereignisse spezifiziert werden müssen.¹⁴¹ Im Grunde zeigt diese Betrachtung des jederzeit möglichen Kreditausfalls, dass der Auslöser für einen Kreditausfall in den intensitätsbasierten Kreditrisikomodellen irrelevant ist.¹⁴² Demgegenüber definieren die firmenwertbasierten Modelle einen Kreditausfall als einen Zustand, bei dem der Unternehmenswert kleiner ist, als der Wert der Verbindlichkeiten. D. h. diese Modelle definieren einen stochastischen Prozess für den Unternehmenswert, der die Kreditausfälle indirekt auslöst. Die dargestellten Grundmodelle unterscheiden sich zudem in der Definition des möglichen Zeitpunktes für den Kreditausfall. Während die intensitätsbasierten Modelle Kreditausfälle zu jedem (diskreten) Zeitpunkt eines betrachteten Zeitintervalls für möglich erachten, geht Merton in dem Grundmodell der firmenwertbasierten Modelle davon aus, dass ein Kreditausfall lediglich zum Fälligkeitstermin der Verbindlichkeiten auftreten kann. Ein weiterer Unterschied bei den Grundmodellen liegt in der Behandlung der Recovery Rate. Beim firmenwertbasierten Modell geht die Recovery Rate als endogene Variable ein, die durch den Zusammenhang zwischen Ausfallereignis und Kapitalstruktur erklärt wird. Die intensitätsbasierten Modelle verwenden eine geschätzte Recovery Rate, die somit eine exogene Variable darstellt.¹⁴³

Die Gemeinsamkeit der beiden Modellkategorien liegt in der Möglichkeit Risikoprämien in Form von Geldbeträgen oder Credit Spreads zur Bepreisung von Krediten zu ermitteln. Des Weiteren kann mit beiden Modellen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der potenziellen Verluste ermittelt werden, so dass hieraus auch der unerwartete Kreditverlust, und damit das Kreditrisiko, quantifiziert werden kann.

Die folgende Tabelle gibt abschließend einen vergleichenden Überblick über die beiden Modellkategorien.

¹⁴⁰ Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2000), S. 46.

¹⁴¹ Vgl. Lipponer (2000), S. 44.

¹⁴² Vgl. Rehm (2002), S. 57.

¹⁴³ Die Unterscheidung der Modelle anhand der Recovery Rate und dem Ausfallzeitpunkt gilt jedoch nicht für alle firmenwertbasierten Modelle. Einige Erweiterungen des Grundmodells von Merton treffen diese Annahmen nicht und behandeln auch Kreditausfälle vor Fälligkeit der Verbindlichkeit.

	firmenwertbasierte Modelle (Merton Modell)	intensitätsbasierte Modelle (Grundmodell)
Risikodefinition	Marktwertänderung	Ausfallverlust
Risikotreiber	Vermögenswert	erwartete Ausfallrate
Default Prozess/ Definition	Unternehmenswert < Verbindlichkeiten	Poisson-Prozess
Umfang der Datenanforderung	relativ hoch	relativ gering
Default-Zeitpunkt	bei Fälligkeit	jederzeit
Recovery Rate	endogene Variable	exogene Variable

Tabelle 1: Vergleich der firmenwert- und intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle

4 Kreditportfoliomodelle

4.1 Einführung

Im vorangegangenen Kapitel wurden die zwei Kategorien von Kreditrisikomodelle anhand zweier Grundmodelle dargestellt. In diesem Rahmen wurde vor allem die Quantifizierung des erwarteten und unerwarteten Kreditverlustes eines Einzelengagements behandelt. Innerhalb des Kreditrisikomanagements ist jedoch auch die Betrachtung von Portfoliorisiken, insbesondere für die Kreditrisikosteuerung, ein elementarer Bestandteil. Um diese Portfoliorisiken zu bestimmen reicht es nicht aus, die Risiken der Einzelengagements zu addieren. Vielmehr gilt es Portfolioeffekte bzw. Korrelationen der einzelnen Kreditnehmer zu beachten.¹⁴⁴ Erst seit 1997 wurde die Entwicklung von Ansätzen, die sich mit der Berücksichtigung von Portfolioeffekten beschäftigen, systematisch vorangetrieben. Besonders einige in der Praxis entwickelte kommerzielle Portfoliomodelle haben die wissenschaftliche Diskussion in diesem Bereich angeregt. Zu den bekanntesten Vertretern zählen CreditMetrics™ von J.P. Morgan, CreditRisk+™ von Credit Suisse Financial Products, CreditPortfolioView™ von McKinsey sowie CreditPortfolioManager™ von KMV. Diese Kreditportfoliomodelle basieren jeweils in ihren theoretischen Grundlagen auf einer der im vorigen Kapitel aufgezeigten Modellkategorien.

firmenwertbasierte Modelle	intensitätsbasierte Modelle
<div data-bbox="411 1397 639 1496" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> CreditMetrics™ (J.P. Morgan) </div> <div data-bbox="427 1525 767 1624" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Credit Portfolio Manager™ (KMV) </div>	<div data-bbox="804 1397 1032 1496" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> CreditRisk+™ (CSFP) </div> <div data-bbox="863 1525 1155 1624" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Credit Portfolio View™ (McKinsey) </div>

Abbildung 9: Zuordnung der kommerziellen Kreditportfoliomodelle¹⁴⁵

Analog zu den firmenwertbasierten Modelle hängt bei CreditMetrics™ und beim CreditPortfolioManager™ die Korrelationsbestimmung bzw. die Ausfallwahrscheinlichkeit von der stochastischen Entwicklung des Unternehmenswertes ab. CreditRisk+™ sowie CreditPortfolioView™ verwenden wie die intensitätsbasierten Modelle

¹⁴⁴ Vgl. Niethen (2001), S. 1.

¹⁴⁵ Quelle: Huschens/Locarek-Junge (2000), S. 29.

Ausfallwahrscheinlichkeiten, die mithilfe von historischen Ausfallraten ermittelt werden. In den folgenden Abschnitten werden diese vier kommerziellen Kreditportfoliomodelle und ihre Funktionsweisen kurz dargestellt. Ein Vergleich der vier Modelle schließt diese Betrachtung ab.

4.2 CreditMetrics™

CreditMetrics™ wurde 1997 von J.P. Morgan entwickelt und wird in der Literatur den firmenwertbasierten Kreditrisikomodellen zugeordnet, obwohl das Kreditrisiko innerhalb des Modells anhand von Wahrscheinlichkeiten aus Migrationsmatrizen, basierend auf historischen Daten, bestimmt wird. Im Grunde könnte CreditMetrics™ somit auch in die Kategorie der intensitätsbasierten Modelle eingeordnet werden, da sich die Ausfallwahrscheinlichkeiten der Kreditnehmer nicht anhand von Unternehmenswertänderungen ergeben. Die Zuordnung zu den firmenwertbasierten Modellen resultiert jedoch aus der Schätztechnik für die Korrelationen der Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer, die auf Veränderungen des Unternehmenswertes basieren.¹⁴⁶ Neben der Gefahr des Ausfalles eines Kreditnehmers wird bei CreditMetrics™ auch das Risiko von Bonitätsveränderungen betrachtet.¹⁴⁷ Eine Bonitätsveränderung wird dabei durch einen Wechsel des Kreditnehmers in ein andere Ratingklasse angezeigt. Daher zählt CreditMetrics™ auch zu den Migrationsmodellen zur Kreditrisikoquantifizierung. Das Ziel dieses Portfoliomodells liegt somit in der Bestimmung des Portfoliorisikos bzw. in der Quantifizierung der Unsicherheit des zukünftigen Portfoliowertes, welche aus der Veränderung der Kreditnehmerbonität resultiert.¹⁴⁸

CreditMetrics™ geht bei der Quantifizierung des Kreditrisikos in drei Schritten vor, wobei das Kreditrisiko abschließend durch einen Credit Value at Risk angezeigt wird.¹⁴⁹

1. Zuerst wird der betragsmäßige Credit Exposure für jede Portfolioposition bestimmt. Hierbei differenziert das Modell jedoch zwischen Instrumenten deren Credit Exposure stabil ist (z. B. Floating Rate Note)¹⁵⁰ und Instrumenten mit variablen Exposure (z. B. Swaps und festverzinsliche Anleihen).
2. In einem weiteren Schritt werden alle möglichen Wertschwankungen (Volatilität) der einzelnen Portfoliopositionen berechnet, die aus Ratingänderungen bzw. aus einem Kreditausfall resultieren können. Hierzu wird jeder potentiellen

¹⁴⁶ Vgl. Rehm (2002), S. 134.

¹⁴⁷ Vgl. Kern (2001), S. 211.

¹⁴⁸ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 276.

¹⁴⁹ Vgl. Jovic (1999), S. 137 f. sowie Schwicht/Neske (1997), S. 470.

¹⁵⁰ Die Stabilität des Credit Exposure bei Floating Rate Notes resultiert aus der Tatsache, dass sie immer nahe bei pari notiert.

Ratingänderung eine bestimmte Migrationswahrscheinlichkeit zugeordnet. Der entsprechende Wert der Kreditposition für die jeweilige Migration ergibt sich aus der Bewertung des zugrunde liegenden Zahlungsstroms mithilfe einer der Ratingklasse entsprechenden Zinsstruktur und veränderten Credit Spreads.¹⁵¹

3. Abschließend werden die einzelnen Volatilitäten der Einzelpositionen zu einer Portfoliovolatilität aggregiert, wobei Korrelationen zwischen den Migrationen berücksichtigt werden. Aus der Portfoliovolatilität kann schließlich der Credit Value at Risk für einen vorgegebenen Zeithorizont bestimmt werden.¹⁵²

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Grundaufbau von CreditMetrics™.

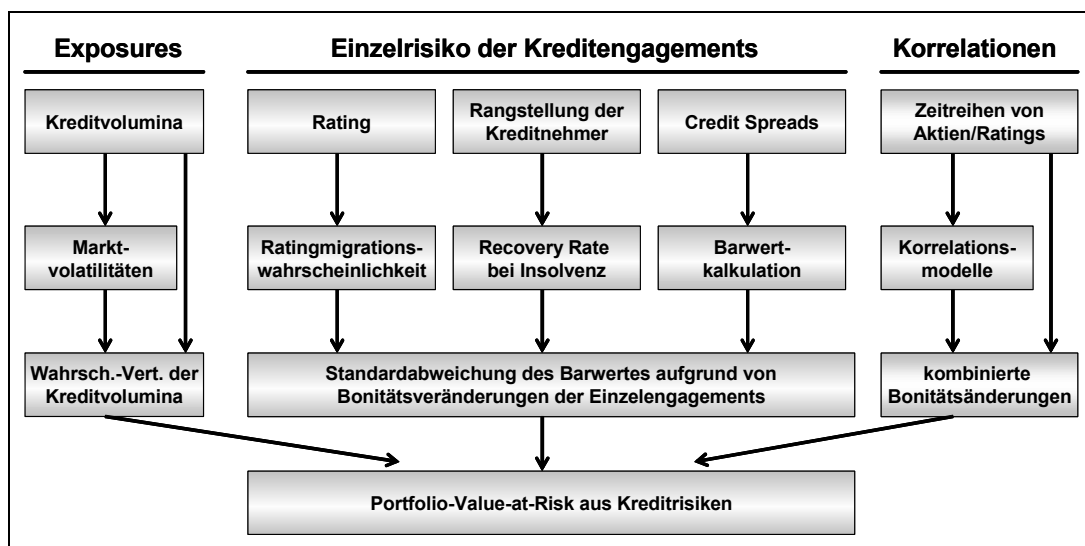


Abbildung 10: Grundaufbau von CreditMetrics™¹⁵³

Zu den wichtigsten Inputparametern zur Quantifizierung des Kreditrisikos gehören:¹⁵⁴

- Cash Flows der Einzelengagements,
- Ratingklassen der einzelnen Kredite,
- Transitions- bzw. Migrationsmatrix¹⁵⁵ mit den entsprechenden Migrationswahrscheinlichkeiten zwischen den Ratingklassen,
- Recovery Rate im Insolvenzfall und
- eine risikofreie Zinsstrukturkurve sowie Credit Spreads je Ratingklasse und Laufzeit.

¹⁵¹ Vgl. Offermann/Büschgen (2001), S. 124 f.

¹⁵² Vgl. Offermann/Büschgen (2001), S. 125.

¹⁵³ In Anlehnung an Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 41 sowie Bröker (2000), S. 195.

¹⁵⁴ Vgl. Bröker (2000), S. 195 sowie Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 20 f.

¹⁵⁵ Die beiden Begriffe werden im Weiteren synonym verwendet.

Im Folgenden wird die Kreditrisikoberechnung zuerst anhand eines einzelnen Bonds dargestellt. In einem weiteren Schritt wird dann die Quantifizierung des Kreditrisikos auf Portfolios erweitert.¹⁵⁶

Kreditrisikoberechnung am Beispiel eines einzelnen Bonds

Die Grundvoraussetzung zur Kreditrisikobewertung mithilfe von CreditMetrics™ ist eine Übergangs- bzw. Migrationsmatrix. Ratingagenturen, wie z. B. Standard & Poors (S&P) und Moody's Investors Service (Moody's), bewerten viele Emittenten und Bonds in Bezug auf ihr Bonitätsrisiko anhand von Ratings. In diesem Zuge veröffentlichen sie auch Migrationsmatrizen, die neben ratingspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten auch die Wahrscheinlichkeiten für den Verbleib oder den Wechsel eines Emittenten/Bonds in eine andere Ratingklasse angeben, wobei die Wahrscheinlichkeiten anhand von historischen Daten ermittelt werden.¹⁵⁷ Problematisch ist in diesem Zusammenhang zu sehen, dass die Ratingagenturen überwiegend amerikanische Großunternehmen bewerten, während die Anzahl der europäischen und deutschen Unternehmen mit einem öffentlichen Rating noch relativ gering sind. Daher ist die Aussagekraft dieser Migrationsmatrizen für Deutschland und Europa fraglich. Als Alternative könnten Banken – soweit vorhanden – anhand historischer Daten über intern vergebene Ratings eine eigene Übergangsmatrix aufstellen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Überführung der internen auf öffentliche Ratings mittels Mapping und anschließender Verwendung der veröffentlichten Transitionsmatrizen.¹⁵⁸ Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes wird von der folgenden einjährigen Übergangsmatrix von S&P ausgegangen.

Rating in t=0	Rating in t = 1							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
AAA	90,81	8,33	0,68	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00
AA	0,70	90,65	7,79	0,64	0,06	0,14	0,02	0,00
A	0,09	2,27	91,05	5,52	0,74	0,26	0,01	0,06
BBB	0,02	0,33	5,95	86,93	5,30	1,17	0,12	0,18
BB	0,03	0,14	0,67	7,73	80,53	8,84	1,00	1,06
B	0,01	0,11	0,24	0,43	6,48	83,46	4,07	5,20
CCC	0,21	0,00	0,22	1,30	2,38	11,24	64,86	19,79

Tabelle 2: Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten (%) innerhalb eines Jahres¹⁵⁹

Betrachtet man die obige Übergangsmatrix an dem Beispiel eines mit A gerateten Bonds, so kann abgelesen werden, dass der Bond mit einer Wahrscheinlichkeit von 5,52 % in die

¹⁵⁶ Die Kreditrisikoquantifizierung für Kredite verläuft analog zum Ansatz für Bonds. Vgl. hierzu ausführlicher Wohlert (1999), S. 356.

¹⁵⁷ Vgl. Wohlert (1999), S. 340 f.

¹⁵⁸ Vgl. Kern (2001), S. 211 f.

¹⁵⁹ Quelle: Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 20.

Ratingklasse BBB wechselt und zu 91,05 % in seiner Bonitätsklasse verbleibt. Ein Ausfall würde mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,06 % eintreten.

Zur Veranschaulichung der Quantifizierung des Kreditrisikos durch CreditMetrics™ wird beispielhaft von einem 5jährigen Bond mit einem Nennwert von 100 €, einem Kupon von 5 % und einem Rating von BBB ausgegangen. J.P. Morgan verwendet in ihrem Technical Document zu CreditMetrics™¹⁶⁰ die Ratingklassen von S&P, prinzipiell ist aber die Verwendung von jeglichen sinnvollen Bonitätsklasseneinteilungen innerhalb des Modells möglich.

Für die Kreditrisikoquantifizierung des einzelnen Bonds werden im nächsten Schritt die möglichen Wertveränderungen in Abhängigkeit der möglichen Ratings nach einem Jahr bestimmt. Hierfür werden als Inputdaten der Nennwert, die Restlaufzeit, ratingspezifische Forward-Zinskurven und für einen möglichen Kreditausfall die Recovery Rate benötigt.¹⁶¹ Für die Recovery Rate stellt JP Morgan im Rahmen von CreditMetrics™ historisches Datenmaterial in Abhängigkeit der Rangstellung (seniority class) bereit. Für den Beispielbond unterstellt JP Morgan eine durchschnittliche Ausfallrate von 48,87 %, woraus eine Recovery Rate in Höhe von 51,13 € pro 100 € Nennwert resultiert.¹⁶² Fällt der Emittent des Bonds nicht aus, ermittelt sich der ratingklassenabhängige Wert des Bonds für $t = 1$ aus der Summe der Kuponzahlung für den Zeitraum von $t = 0$ bis $t = 1$ und dem Barwert der zukünftigen Kupon- bzw. Rückzahlungen.¹⁶³ Für die Barwertbestimmung werden die folgenden ratingklassenspezifischen Marktzinssätze verwendet, die sich aus der Kombination aus am Markt beobachtbaren risikolosen (Forward) Zinssätzen und (Forward) Credit Spreads ergeben.¹⁶⁴

Ratingklasse	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
AAA	3,60	4,17	4,73	5,12
AA	3,65	4,22	4,78	5,17
A	3,72	4,32	4,93	5,32
BBB	4,10	4,67	5,25	5,63
BB	5,55	6,02	6,78	7,27
B	6,05	7,02	8,03	8,52
CCC	15,05	15,02	14,03	13,52

Tabelle 3: Ratingspezifische Zinsstrukturkurven (one-year forward)¹⁶⁵

Die Berechnung der möglichen Bondwerte nach einem Jahr wird hier beispielhaft für einen Wechsel der Anleihe von BBB nach AA aufgezeigt.

¹⁶⁰ Siehe Gupton/Finger/Bhatia (1997).

¹⁶¹ Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 26 f.

¹⁶² Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 26.

¹⁶³ Vgl. Ott (2001), S. 98.

¹⁶⁴ Vgl. Dunemann (2001), S. 198 f.

¹⁶⁵ Quelle: Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 27.

$$(34) \quad B_1^{AA} = 5 + \frac{5}{(1+0,0365)} + \frac{5}{(1+0,0422)^2} + \frac{5}{(1+0,0478)^3} + \frac{105}{(1+0,0517)^4} = 104,60 \text{ €}$$

Gemäß Gleichung (34) können nun die Bondwerte für jede mögliche Ratingklasse für den Zeitpunkt $t = 1$ ermittelt werden. Tabelle 3 zeigt die hypothetischen Werte sowie den Erwartungswert an, wobei die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Werte anhand des Anfangsratings (BBB) aus der Übergangsmatrix (Tabelle 1) entnommen wurden.

Rating	Kupon	Forward-Preis	Bondwert (Forward-Preis+Kupon)	Eintritts- wahrscheinlichkeit
AAA	5,00	99,78	104,78	0,02
AA	5,00	99,60	104,60	0,33
A	5,00	99,08	104,08	5,95
BBB	5,00	98,00	103,00	86,93
BB	5,00	92,59	97,59	5,30
B	5,00	88,76	93,76	1,17
CCC	5,00	74,72	79,72	0,12
Ausfall			51,13	0,18
Erwartungs- wert			102,55	

Tabelle 4: Bondwerte in $t = 1$ in Abhängigkeit vom Rating¹⁶⁶

Die beiden rechten Spalten der Tabelle 3 stellen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Bondwerte dar. Mit ihrer Hilfe kann nun das Kreditrisiko für eine einzelne Position quantifiziert werden. CreditMetrics™ bietet hierfür wahlweise als Kreditrisikomaß die Standardabweichung oder einen Credit Value at Risk an.¹⁶⁷ Da eine Normalverteilungsannahme und damit die Kreditrisikomessung anhand der Standardabweichung realitätsfern erscheint und zu unzulänglichen Ergebnissen führen können,¹⁶⁸ wird im Folgenden nur die Kreditrisikobestimmung durch den Credit Value at Risk aufgezeigt.¹⁶⁹

Im Rahmen von CreditMetrics™ wird anhand des Credit Value at Risk derjenige Verlust aus Bonitätsveränderungen bzw. Kreditausfall bestimmt, der mit einer bestimmten, vorgegebenen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird. Im Falle des 1%-Quantils wird somit der Verlust ermittelt, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % unterschritten und lediglich mit 1 % überschritten wird.¹⁷⁰

Das 1%-Quantil für die Beispielanleihe wird berechnet, indem man die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die hypothetischen Bondwerte, beginnend bei der Ratingklasse AAA,

¹⁶⁶ In Anlehnung an Wohler (1999), S. 342 f.

¹⁶⁷ Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 15.

¹⁶⁸ Vgl. Schiller/Tytko (2001), S. 271 f.

¹⁶⁹ Für die Berechnung der Standardabweichung als Kreditrisikomaß bei CreditMetrics™ siehe Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 28-30 sowie Wohler (1999), S. 343 f.

¹⁷⁰ Vgl. Wohler (1999), S. 345.

so lange aufsummiert, bis diese kumuliert 99 % erreichen.¹⁷¹ Dieser Wert wird bei der Ratingklasse B mit 99,7 % erstmalig überschritten, so dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % davon ausgegangen werden kann, dass die Anleihe in $t = 1$ mindestens ein Rating von B oder besser aufweisen wird. Dementsprechend beträgt der Wert des Bonds mit derselben Wahrscheinlichkeit mindestens 93,76. Der Credit Value at Risk berechnet sich schließlich aus der Differenz des Erwartungswertes (102,55) und dem Anleihewert bei einem Rating von B (93,76). CreditMetricsTM weist demnach für die Anleihe ein Kreditrisiko in Höhe von 8,79 € aus.

Kreditrisikoberechnung im Portfoliokontext

Für den Fall eines Portfolios bestehend aus zwei Titeln verläuft die Kreditrisikomessung ähnlich dem oben beschriebenen Ansatz bei einer einzelnen Anleihe. Jeder der zwei Bonds weist nach Ablauf eines Jahres acht mögliche Ratingsituationen auf. Für das gesamte Portfolio ergeben sich somit 64 mögliche Ratingkombinationen der zwei Anleihen, so dass für alle Möglichkeiten eine Wahrscheinlichkeit sowie ein Portfoliowert bestimmt werden müssen.¹⁷² Der jeweilige Portfoliowert pro Ratingkombination berechnet sich durch die Summe der entsprechenden Positionswerte. Die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten lassen sich jedoch schwer bestimmen, da Korrelationen zwischen den Ratingänderungen der einzelnen Anleihen berücksichtigt werden müssen.¹⁷³ Für die Korrelationsschätzung verwendet CreditMetricsTM die Basisannahme der firmenwertbasierten Modelle, dass ein Unternehmen ausfällt, wenn sein Unternehmenswert unter den Wert der Verbindlichkeiten sinkt.¹⁷⁴ JP Morgan erweitert diesen Ansatz, indem nicht nur der Ausfall, sondern auch Bonitätsveränderungen und damit das Rating über die Entwicklung des Unternehmenswertes erklärt werden. Hierbei werden mögliche Schwellenwerte der (relativen) Änderung des Unternehmenswertes festgesetzt, die eine Zuordnung von Ratingklassen ermöglichen.¹⁷⁵ Die folgende Abbildung verdeutlicht dies am Beispiel eines BBB-Unternehmens.¹⁷⁶

¹⁷¹ Vgl. auch im Folgenden Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 31.

¹⁷² Vgl. Wohler (1999), S. 346.

¹⁷³ Vgl. Ott (2001), S. 100.

¹⁷⁴ Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 36 f.

¹⁷⁵ Vgl. Ott (2001), S. 100 f. sowie Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 37.

¹⁷⁶ Hierbei wird ergänzend die Annahme einer Normalverteilung des Unternehmenswertes getroffen. Vgl. hierzu Bröker (2000), S. 209.

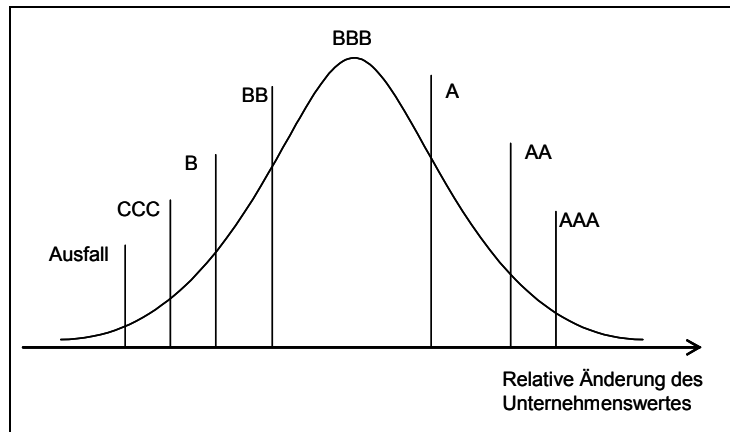


Abbildung 11: Ratingklassen-Schwellenwerte der Dichtefunktion relativer Unternehmenswertänderungen eines BBB-Unternehmens¹⁷⁷

Der Ratingklassenwechsel wird somit annahmegemäß durch die Unternehmenswertentwicklung determiniert, so dass die Wahrscheinlichkeiten der gemeinsamen Ratingänderungen durch die Korrelation der relativen Änderungen des Unternehmenswertes ermittelt werden können.¹⁷⁸

Größere Portfolios weisen jedoch das Problem auf, dass die Korrelationsmatrix zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten für eine pragmatische Lösung zu umfangreich wird.¹⁷⁹ Des Weiteren lassen sich in der Realität Unternehmenswertänderungen i. A. nicht beobachten, womit die entsprechenden Korrelationen nicht zu bestimmen sind. JP Morgan löst diese beiden Probleme, indem das Modell Unternehmenswertkorrelationen durch die Verwendung von Aktienrenditekorrelationen approximiert.¹⁸⁰ Es wird weiterhin von der Annahme ausgegangen, dass die Renditen von Länder- und Branchenindizes die Aktienrenditen zum Teil erklären. D. h., die Korrelationen der Aktienrenditen können somit auf die Korrelationen der Indexrenditen zurückgeführt werden, wodurch eine kleinere Korrelationsmatrix zur Verfügung steht, um die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten von Ratingklassenwechseln ermitteln zu können.¹⁸¹ Diese Wahrscheinlichkeiten und die Positionswerte der jeweiligen Ratingklasse bilden zusammen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfoliowerte.

Die Bestimmung des Portfolio-Kreditrisikos kann ebenfalls durch die beiden Risikomaße Standardabweichung und Credit Value at Risk durchgeführt werden. Während die Standardabweichung auch für größere Portfolios noch analytisch berechnet werden kann, muss bei der Berechnung des Credit Value at Risk ggf. auf Simulationen zurückgegriffen

¹⁷⁷ Quelle: Ott (2001), S. 101.

¹⁷⁸ Vgl. Ott (2001), S. 101.

¹⁷⁹ Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 93.

¹⁸⁰ Vgl. Ott (2001), S. 102.

¹⁸¹ Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 93.

werden.¹⁸² CreditMetrics™ verwendet hierfür die Monte Carlo Simulation¹⁸³, die sich schematisch mit den folgenden Schritte beschreiben lässt.¹⁸⁴

- Für jede Portfolioposition werden pro Simulationslauf korrelierte und normalverteilte Aktienrenditen erzeugt.
- In einem weiteren Schritt werden die simulierten Renditen entsprechend den festgesetzten Schwellenwerten (siehe Abbildung 11) den entsprechenden Ratings zugeordnet. Somit wird für jede Einzelposition des Portfolios ein prognostiziertes Rating festgesetzt, so dass pro Simulationsdurchlauf eine mögliche Ratingkombination für das Gesamtportfolio ermittelt wird.¹⁸⁵ Dieses Verfahren wird jedoch nur für die Ratingklassen angewendet, die noch keinen Default bedeuten. Beim Ausfall wird daher zur Ermittlung der Recovery Rate entweder ein fester Prozentsatz angenommen, oder sie wird durch eine weitere Monte-Carlo-Simulation ermittelt, wobei CreditMetrics™ keine Normalverteilung, sondern eine Beta-Verteilung unterstellt.¹⁸⁶
- Anhand der ratingklassenabhängigen Forward-Zinssätze werden anschließend die entsprechenden Barwerte der Positionen für den Zeitpunkt $t = 1$ ermittelt. Der mögliche Portfoliowert ergibt sich durch die Addition der Einzelpositionen.
- Dieser Simulationslauf wird mehrere tausend Mal wiederholt, so dass für jedes Intervall zwischen den Schwellenwerten die Anzahl der Häufigkeiten ins Verhältnis zur Gesamtzahl an Simulationsläufen gesetzt wird. Diese Verhältniszahl entspricht dann der gesuchten Eintrittswahrscheinlichkeit für den entsprechenden Portfoliowert.¹⁸⁷

Anhand der so bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung kann nun das Kreditrisiko analog zur obigen Beschreibung durch die Standardabweichung oder einen Credit Value at Risk quantifiziert werden.

CreditMetrics™ stellt einen Portfolio-Ansatz für die Kreditrisikoquantifizierung dar, der neben dem Ausfallrisiko auch das Risiko von Bonitätsveränderungen berücksichtigt. In seiner Entwicklung ist CreditMetrics™ das erste Modell, das eine Barwertbetrachtung vorgenommen hat und somit die Auswirkung von Bonitätsveränderungen auf den ökonomischen Wert eines Kredites aufzeigt.¹⁸⁸ Die Kritikpunkte an diesem Ansatz liegen in der ungenügenden Berücksichtigung von Marktrisiken aufgrund deterministischer Zinssätze sowie der Voraussetzung einer externen Bonitätsbeurteilung. Eine interne Bonitätsbeurteilung kann zwar

¹⁸² Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 40.

¹⁸³ Vgl. Wohlert (1999), S. 354.

¹⁸⁴ Vgl. auch im Folgenden Heim/Balica (2001), S. 230 f.

¹⁸⁵ Vgl. Bröker (2000), S. 223.

¹⁸⁶ Vgl. Wohlert (1999), S. 355.

¹⁸⁷ Vgl. Heim/Balica (2001), S. 231.

¹⁸⁸ Vgl. Ott (2001), S. 102.

theoretisch in das Modell eingebunden werden, allerdings ist die Beschaffung der Inputfaktoren, wie z. B. Migrationsmatrizen und Zinsstrukturkurven, kaum bzw. schwer zu realisieren. Diese Inputfaktoren können zwar approximativ für ein internes Ratingsystem ermittelt werden, dies hätte jedoch eher eine Verschlechterung der Ergebnisqualität zur Folge.¹⁸⁹ CreditMetrics™ basiert zudem auf Migrationsmatrizen, die aufgrund ihrer Bestimmung anhand von historischen Daten kritisiert werden, da sie das aktuelle ökonomische Umfeld der Schuldner nicht berücksichtigen. Zudem differenzieren sie nicht zwischen den einzelnen Schuldnern einer Ratingklasse, was vor allem für die Verwendung des Modells für den (deutschen) Mittelstand problematisch erscheint.¹⁹⁰ Trotz der genannten Kritikpunkte kann CreditMetrics™ insgesamt als ein modernes Modell zur Bestimmung des Kreditrisikos auf Portfolioebene angesehen werden, das einen Fortschritt gegenüber den herkömmlichen Verfahren darstellt.¹⁹¹

4.3 CreditPortfolioManager™

Das Modell CreditPortfolioManager™ (CPM) von KMV¹⁹² wird in die Kategorie der firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle eingeordnet und ermittelt die Ausfallwahrscheinlichkeiten für jeden einzelnen Kreditnehmer anhand eines Optionspreisansatzes. Durch diese individuelle Bonitätsbetrachtung unterscheidet es sich von CreditMetrics™, das die Ausfallwahrscheinlichkeiten über historische Daten der Ratingagenturen bestimmt und damit identische Wahrscheinlichkeiten für alle Unternehmen einer Ratingkategorie unterstellt. Der Vorteil des Modells von KMV liegt damit in der Möglichkeit, die Ausfallwahrscheinlichkeiten (theoretisch) beliebig oft neu zu berechnen, so dass Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer besser erfasst werden können, als dies über die relativ selten aktualisierten Ratings möglich ist.¹⁹³ Die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit basiert somit nicht nur auf dem Rating der einzelnen Kreditnehmer. Vielmehr entspricht sie bei CPM einer Funktion der Kapitalstruktur, der Volatilität der Aktivarenditen und dem aktuellen Unternehmenswert.¹⁹⁴ Auf der Einzelkreditebene verwendet das Modell als Maßzahl für die Ausfallwahrscheinlichkeit innerhalb eines Jahres die so genannte Expected Default Frequency (EDF).¹⁹⁵

¹⁸⁹ Vgl. Ott (2001), S. 102-104.

¹⁹⁰ Vgl. Kern (2001), S. 214 sowie Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 66.

¹⁹¹ Vgl. Wohler (1999), S. 358.

¹⁹² Die Abkürzung von KMV steht für die Anfangsbuchstaben der Unternehmensgründer Kealhofer, McQuown und Vasicek.

¹⁹³ Vgl. Lipponer (2000), S. 44 f.

¹⁹⁴ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 85.

¹⁹⁵ Vgl. Rehm (2002), S. 142.

Softwareseitig besteht das Modell aus zwei Modulen, dem CreditMonitor und dem PortfolioManager, die den zweistufigen Bewertungsvorgang eines Portfolios abbilden.¹⁹⁶

Im ersten Schritt wird im Rahmen des CreditMonitor die EDF durch Schätzung des Unternehmenswertes und der entsprechenden Volatilität sowie durch die so genannte Distance to Default (DD) bestimmt. Im PortfolioManager werden abschließend die Korrelationen im Portfoliokontext berücksichtigt.

Bestimmung der EDF

Die Bestimmung der EDF kann in drei grundlegende Schritte eingeteilt werden:¹⁹⁷

1. Schätzung des Unternehmenswertes und der Unternehmenswertvolatilität.
2. Berechnung der Distance-to-Default.
3. Bestimmung der Expected Default Frequency.

Zur Ermittlung des Unternehmenswertes und der Volatilität bedient sich das Modell der Annahme der firmenwertbasierten Modelle, dass ein Ausfall eintritt, wenn der Unternehmenswert die Verbindlichkeiten unterschreitet.¹⁹⁸ Bei Unternehmen, deren Eigen- sowie Fremdkapital am Markt gehandelt wird, ergibt sich der Unternehmenswert direkt aus der Summe der Marktwerte der ausstehenden Titel. Dieses Szenario trifft jedoch selten zu, so dass CPM vorwiegend auf die Betrachtung von börsennotierten Unternehmen abstellt, für deren Eigenkapital Marktpreise beobachtbar sind¹⁹⁹, während das Fremdkapital nicht oder nur teilweise am Markt gehandelt wird.²⁰⁰ Der Wert des Eigenkapitals bestimmt sich hierbei durch den Börsenwert der Aktien. Gemäß den Annahmen der firmenwertbasierten Modelle lässt sich das Eigenkapital als Call-Option auf den Unternehmenswert mit dem Wert des Fremdkapitals als Ausübungspreis interpretieren, und die Volatilität der Eigenkapitalrenditen (bzw. des Call-Preises) kann über die Volatilität der Aktienrenditen geschätzt werden.²⁰¹ Mit diesen Werten sowie der Kenntnis des risikofreien Zinssatzes und des Wertes des Fremdkapitals lassen sich mithilfe des Optionsbewertungsmodells von Black/Scholes Gleichungen für den Unternehmenswert (V) sowie dessen Volatilität (σ_V) ableiten. Im Gegensatz zur klassischen Bestimmung des Optionspreises wird hier also ein inverses Vorgehen verwendet, indem der

¹⁹⁶ Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 142 f.

¹⁹⁷ Vgl. Crosbie/Bohn (2002), S. 8.

¹⁹⁸ Siehe hierzu Abschnitt 3.1.1.

¹⁹⁹ Nicht börsennotierte Unternehmen werden bewertet, indem Daten vergleichbarer Aktiengesellschaften verwendet werden. Vgl. Offermann/Büschgen (2001), S. 136 sowie Estrella (2000), S. 117.

²⁰⁰ Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 42 f.

²⁰¹ Vgl. Rehm (2002), S. 143 sowie Hamerle (2000), S. 470.

Preis der Option bekannt ist, und das Underlying (der Unternehmenswert) die zu berechnende Größe darstellt.²⁰²

Zur Lösung der Gleichungen wird letztlich der Wert des Fremdkapitals benötigt, bei dessen Unterschreitung durch den Unternehmenswert der Kreditausfall angenommen wird. Für die Bestimmung des Fremdkapitalwertes werden ausgegebene Bonds mit ihren Marktpreisen, Kredite mit den aktuellen Zinssätzen und die kurzfristigen Verbindlichkeiten mit ihrem Nominalbetrag bewertet, wobei von der Annahme ausgegangen wird, dass das Fremdkapital nur aus diesen Positionen besteht.²⁰³ KMV hat in Untersuchungen jedoch herausgestellt, dass die gesamten Verbindlichkeiten selten dem realen Ausfall-Punkt entsprechen. Vielmehr liegt diese Ausfallsschwelle zwischen den kurzfristigen und den gesamten Verbindlichkeiten. Im Rahmen des CPM verwendet KMV approximativ als Ausfall-Schwelle respektive Wert des Fremdkapitals die Summe aus kurzfristigen Verbindlichkeiten und 50 % der langfristigen Verbindlichkeiten. Eine individuelle Vorgabe der Ausfall-Schwelle durch den Anwender ist jedoch ebenfalls möglich.²⁰⁴

Zur Berechnung der EDF verwendet KMV in einem Zwischenschritt ein weiteres Risikomaß, die so genannte Distance-to-Default (DD), die die Differenz zwischen dem Unternehmenswert zum Zeitpunkt T (V_T) und dem Default Point (DPT) angibt.²⁰⁵ Allgemein wird sie folgendermaßen definiert, wobei die Differenz mit der Unternehmensvolatilität normiert wird:²⁰⁶

$$(35) \quad DD = \frac{V_T - DPT}{\sigma_V}$$

Aufgrund der Annahme der Log-Normalverteilung des Unternehmenswertes bei firmenwertbasierten Modellen und der Verwendung des Optionspreismodells von Black/Scholes, ergibt sich die DD gemäß Gleichung (36).²⁰⁷

$$(36) \quad DD = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{DPT_T}\right) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma_V^2\right) \cdot T}{\sigma_V \cdot \sqrt{T}}$$

Die DD entspricht bei dieser Betrachtung der Anzahl der Standardabweichungen, die der Unternehmenswert zum Zeitpunkt T vom Default Point entfernt ist.²⁰⁸ Somit stellt sie ein ordinales Maß zur Kreditrisikobestimmung dar und liefert daher nicht die exakte Höhe des

²⁰² Vgl. Hamerle (2000), S. 470.

²⁰³ Vgl. Lipponer (2000), S. 45.

²⁰⁴ Vgl. Ott (2001), S. 94 sowie Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 88 f.

²⁰⁵ Vgl. Hamerle (2000), S. 468.

²⁰⁶ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 89 sowie Kassberger/Wentges (1999), S. 45.

²⁰⁷ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 90.

²⁰⁸ Vgl. Altman/Saunders (1997), S. 1725.

Kreditrisikos. Dieses von KMV entwickelte Risikomaß ist jedoch für den Vergleich des Ausfallrisikos verschiedener Unternehmen gut geeignet und kann ergänzend zur Kreditüberwachung herangezogen werden.²⁰⁹ Die folgende Abbildung veranschaulicht das Risikomaß DD abschließend, wobei der Wert der Verbindlichkeiten hier vereinfacht über den Betrachtungszeitraum als konstant angenommen wird.

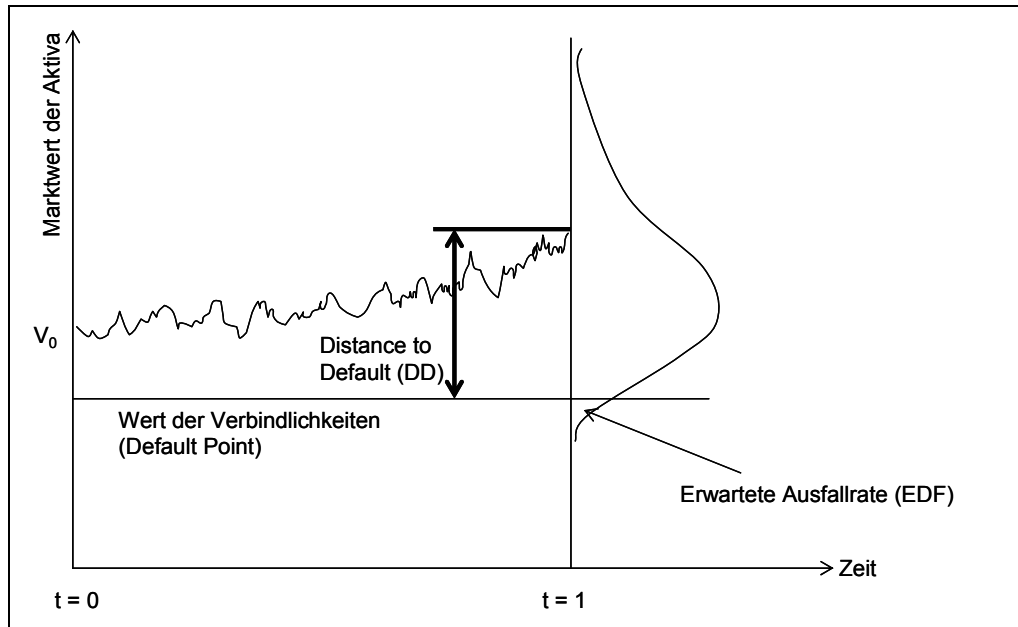


Abbildung 12: Distance-to-Default²¹⁰

Anhand der DD lassen sich theoretische Ausfallwahrscheinlichkeiten (EDF) bestimmen. Im Rahmen des CreditMonitor beschränkt sich KMV jedoch auf die Angabe von empirischen Ausfallwahrscheinlichkeiten.²¹¹ Diese werden bestimmt, indem die DD anhand von historischen Ausfalldaten auf Ausfallwahrscheinlichkeiten abgebildet werden. KMV verfügt hierfür über eine Datenbank, die Daten über Zahlungsausfälle von US-amerikanischen Unternehmen der letzten 20 Jahre beinhaltet.²¹² In einer Untersuchung von ca. 100.000 Unternehmensjahren und über 2.000 Ausfallereignissen hat KMV für unterschiedliche Zeithorizonte (1 – 5 Jahre) festgestellt, wie viele Unternehmen mit einer bestimmten DD am Ende des Zeithorizontes ausgefallen sind.²¹³ Der empirische Wert der EDF berechnet sich als relativer Anteil der ausgefallenen Unternehmen (N_D) mit einer bestimmten DD zu der Gesamtzahl der beobachteten Unternehmen (N) mit gleicher DD.²¹⁴

²⁰⁹ Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 45 sowie Hamerle (2000), S. 469.

²¹⁰ Quelle: Hamerle (2000), S. 469.

²¹¹ Vgl. Rehm (2002), S. 144.

²¹² Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 45.

²¹³ Die genauen Ergebnisse dieser Untersuchung wurden von KMV jedoch nicht veröffentlicht.

²¹⁴ Vgl. Rehm (2002), S. 144 f. sowie Spellmann (2002), S. 282 f.

$$(37) \quad \text{Empirische EDF} = \frac{N_D}{N}$$

Auf Grundlage der von KMV erhobenen Daten ist es möglich, die EDF in Ratingklassen umzurechnen und eine Transitionsmatrix zu erstellen, die anstatt der von Ratingagenturen veröffentlichten Matrizen als Inputparameter für andere Kreditrisikomodelle wie CreditMetrics™ verwendet werden können.²¹⁵

Portfoliobetrachtung

Für die Berechnung des Kreditrisikos auf Portfolioebene hat KMV das Modul PortfolioManager entwickelt. Im Rahmen dieses Modells wird anhand der empirischen EDF der erwartete Portfolioverlust bestimmt, indem der Durchschnitt der erwarteten Verluste der Einzelengagements gebildet wird, wobei diese entsprechend ihrer Anteile am Gesamtportfolio gewichtet werden.²¹⁶

Um den unerwarteten Portfolioverlust bestimmen zu können, müssen die Ausfallkorrelationen zwischen den einzelnen Kreditnehmern bzw. Unternehmen bekannt sein. Ein Verfahren, welches die Korrelationen direkt und zufrieden stellend ermittelt, ist jedoch noch nicht entwickelt worden.²¹⁷ Es bietet sich daher an, die paarweisen Ausfallkorrelationen indirekt aus den individuellen EDF der beiden Unternehmen sowie ihrer gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit zu berechnen. Allerdings müssen für die Ermittlung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeiten die Aktivkorrelationen für jedes Firmenpaar bestimmt werden. Als Problempunkt stellt sich hier jedoch die Anzahl der zu schätzenden Aktivkorrelationen heraus, die bei größeren Portfolios sehr hoch ist. Alleine bei 1000 Unternehmen im Portfolio müssten 499.500 ($x = N \cdot (N - 1) / 2$) Korrelationen geschätzt werden.²¹⁸

Zur Lösung dieses Problems hat KMV im PortfolioManager ein Faktormodell implementiert, wobei davon ausgegangen wird, dass die zur Korrelationsbestimmung approximativ verwendeten Aktivrenditen durch idiosynkratische und systematische Faktoren bestimmt werden. Die Korrelationen zwischen den Aktivrenditen werden jedoch ausschließlich durch die systematischen Faktoren bestimmt, die alle Unternehmen gemeinsam betreffen.²¹⁹ Das Faktormodell bei KMV zeigt folgende Struktur auf:

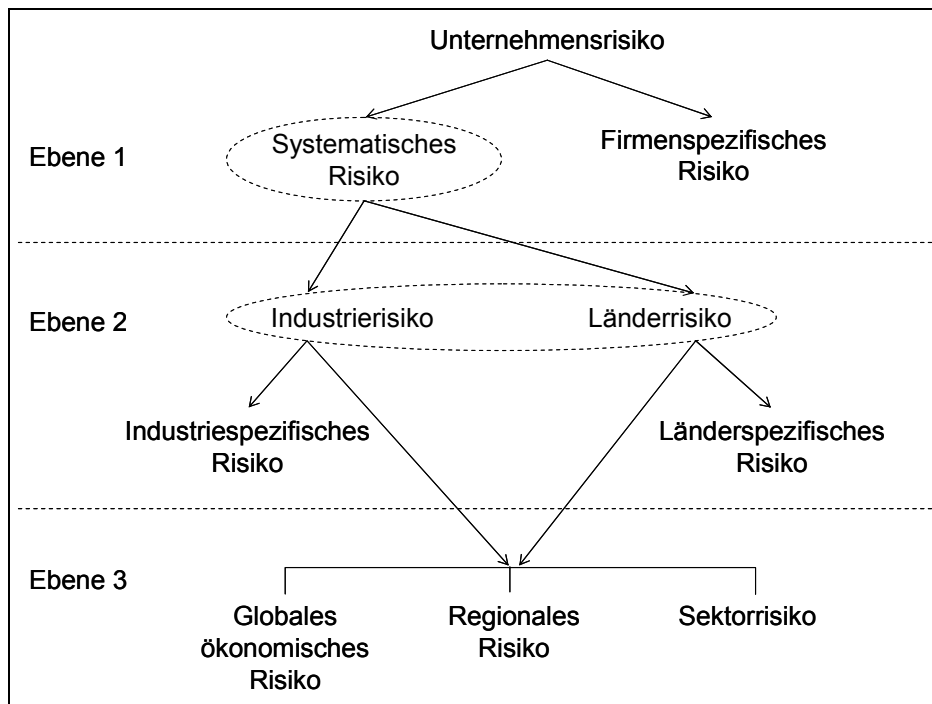
²¹⁵ Vgl. Rehm (2002), S. 146.

²¹⁶ Vgl. Rehm (2002), S. 147.

²¹⁷ Vgl. auch im Folgenden Lipponer (2000), S. 47.

²¹⁸ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 103.

²¹⁹ Vgl. Lipponer (2000), S. 48.

Abbildung 13: Faktormodell für die Aktivakorrelationen²²⁰

Auf der ersten Ebene wird das Unternehmensrisiko in das firmenspezifische bzw. idiosynkratische Risiko und das systematische Risiko aufgegliedert.²²¹ In einem nächsten Schritt folgt die Aufteilung des systematischen Risikos in Industrierisiko- und Länderrisiko-Faktoren, worauf auf der dritten Ebene eine Aufgliederung in globales ökonomisches, regionales und sektorspezifisches Risiko folgt. Diese Faktorstruktur kann in eine Gleichungsform überführt werden, mit der die Korrelationen der Aktivarenditen bestimmt werden können.²²² Mit den ermittelten Parametern bestimmt das Modell eine erwartete Verlustverteilung, anhand derer das Kreditrisiko des Portfolios durch einen Credit Value-at-Risk quantifiziert wird.²²³

²²⁰ Quelle: KMV Corporation, abgedruckt: Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 106.

²²¹ Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 148.

²²² Für einen Ansatz zur Herleitung siehe stellvertretend Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 103-107 sowie Lipponer (2000), S. 47-50.

²²³ Vgl. Rehm (2002), S. 148.

4.4 CreditPortfolioView™

CreditPortfolioView™ (CPV) von McKinsey zählt zu den intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle und bestimmt das Kreditrisiko, ähnlich wie CreditMetrics™, mithilfe eines Rating-Migrationsansatzes. McKinsey geht im Gegensatz zu den grundlegenden Rating-Migrationsansätzen von der Überlegung aus, dass eine ausschließliche Betrachtung von Ratings und deren Migrationswahrscheinlichkeiten für die Kreditrisikoquantifizierung nicht ausreicht, und dass makroökonomische Größen einen hohen Einfluss auf die Ausfallwahrscheinlichkeiten haben. Daher bestimmt CPV das Kreditrisiko mithilfe einer Monte-Carlo-Simulation unter Berücksichtigung makroökonomischer Größen²²⁴ und spezifischer Länder- und Branchenabhängigkeiten (Sektorendiversifikation), wobei von der Annahme ausgegangen wird, dass bei einem gut diversifizierten Portfolio die Schwankungen der Ausfallraten sowie der Rating-Migrationen der Kreditnehmer zum Großteil durch die Entwicklung der makroökonomischen Größen erklärt werden können.²²⁵ Allgemein wird daher die Prämisse aufgestellt, dass die Ausfall- sowie die Rating-Migrationswahrscheinlichkeiten von der wirtschaftlichen Entwicklung abhängen, was dazu führen müsste, dass in einer Aufschwungphase die tatsächlichen Ausfallraten unter und bei einer Rezession über den zeitlichen Durchschnittswerten der Migrationsmatrizen liegen.²²⁶ Der grundlegende Aufbau von CPV wird in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

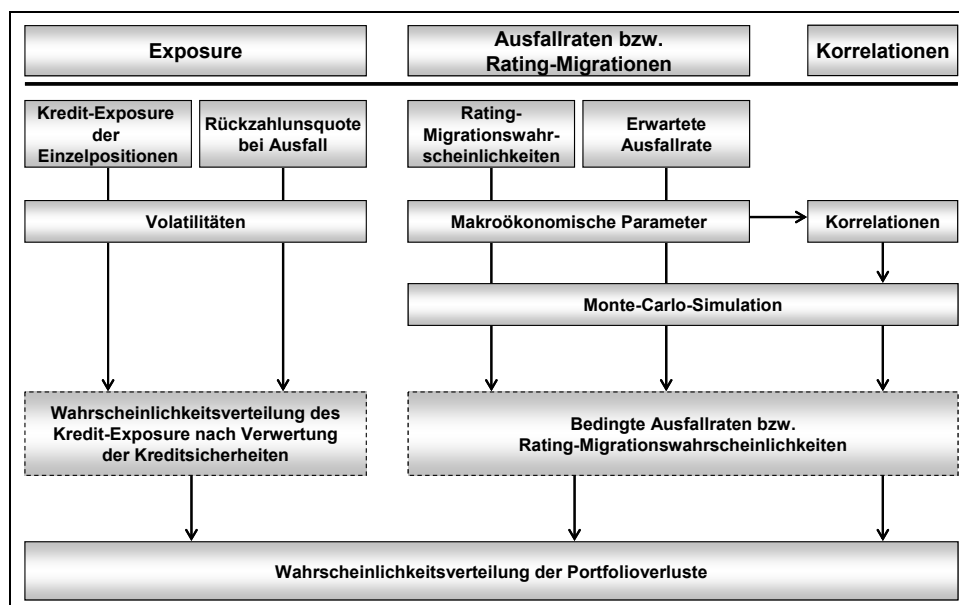


Abbildung 14: Aufbauschema von CreditPortfolioView™²²⁷

²²⁴ Zu diesen Größen gehören beispielsweise die Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukt, Arbeitslosenquote, langfristiges Zinsniveau, etc.

²²⁵ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 282 f.

²²⁶ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 284.

²²⁷ Quelle: Schierenbeck (2001b), S. 283.

Die Quantifizierung des Kreditrisikos wird bei CPV anhand von zwei Komponenten durchgeführt. Im Rahmen der ersten Komponente wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Credit-Exposure der Kreditnehmer ermittelt. Die Exposure-Berechnung von am Markt handelbaren Positionen erfolgt analog zu CreditMetrics™ durch die Diskontierung der noch ausstehenden Zahlungen durch ratingspezifische Zinsstrukturkurven. Credit-Exposure nicht-handelbarer Titel werden durch die Diskontierung der zukünftigen potentiellen Verluste auf den Betrachtungszeitpunkt bestimmt. Die dem Modell zugrunde liegende (unkorrelierte) Migrationsmatrix muss vom Benutzer des Modells bereitgestellt werden.²²⁸

Die zweite Komponente umfasst die Bestimmung von sektorspezifischen bedingten Ausfallraten bzw. Rating-Migrationswahrscheinlichkeiten, deren Werte signifikant durch die makroökonomischen Faktoren determiniert werden. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass die Ausfallkorrelationen zwischen den Kreditnehmern nur von den Korrelationen zwischen den systematischen Einflussfaktoren abhängen.²²⁹ Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste wird abschließend durch die Zusammenführung der beiden Komponenten ermittelt.²³⁰

Die Vorgehensweise innerhalb der zweiten Komponente kann grundlegend in drei Schritte unterteilt werden.²³¹ Im ersten Schritt werden potentielle makroökonomische Zustände simuliert, indem auf Basis von Daten aus den Vorperioden zukünftige Ausprägungen der makroökonomischen Variablen für jedes Segment bzw. Sektor (z. B. Land oder Industrie) geschätzt werden.²³² Dabei wird die Entwicklung der i-ten makroökonomischen Variable im j-ten Segment zum Zeitpunkt t durch die Gleichung (38) dargestellt, wobei die Parameter $k_{j,i}$ aus historischen Daten zu schätzen sind. Diese Parameter sind Konstanten, anhand derer die historischen Zeitreihen ($t < 0$) gut zu erklären sind. $\delta_{j,i,t}$ stellen zu simulierende Fehlerterme dar, die als Prognosefehler in der Entwicklung des makroökonomischen Parameters angesehen werden können.²³³

$$(38) \quad X_{j,i,t} = k_{j,i,0} + k_{j,i,1} \cdot X_{j,i,(t-1)} + k_{j,i,2} \cdot X_{j,i,(t-2)} + \delta_{j,i,t}$$

Anschließend wird im zweiten Schritt gemäß Gleichung (39) ein segmentspezifischer Index $y_{j,t}$ als Funktion der im ersten Schritt geschätzten makroökonomischen Einflussfaktoren bestimmt, wobei diese mit ihren entsprechenden segmentspezifischen Sensitivitäten $\beta_{j,i}$

²²⁸ Vgl. Kern (2001), S. 217, Schierenbeck (2001b), S. 283 f. sowie Spellmann (2002), S. 316.

²²⁹ Vgl. Rehm (2002), S. 151.

²³⁰ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 284.

²³¹ Für eine detaillierte und analytische Darstellung siehe Wilson (1997a), S. 114-117, Wilson (1997b), S. 56-61 sowie

²³² Vgl. Wilson (1997a), S. 114 sowie Schierenbeck (2001b), S. 286.

²³³ Vgl. Spellmann (2002), S. 317.

gewichtet werden. $\tau_{j,t}$ stellt hierbei die unerwartete Komponente in der Indexentwicklung dar.²³⁴

$$(39) \quad y_{j,t} = \beta_{j,0} + \sum_i \beta_{j,i} \cdot X_{j,i,t} + \tau_{j,t}$$

Zur Herleitung des segmentspezifischen Index sollten makroökonomische Einflussfaktoren (Arbeitslosenquote, Wachstumsrate des BIP. etc.) ausgewählt werden, die einen signifikanten Einfluss auf die sektorspezifische Ausfallwahrscheinlichkeit aufweisen. Diese segmentspezifischen Wahrscheinlichkeiten $DP_{j,t}$ lassen sich anschließend mittels einer Logit-Funktion²³⁵ anhand des segmentspezifischen Indexes berechnen.²³⁶

$$(40) \quad DP_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{y_{j,t}}}$$

Da die beiden Fehlerterme $\delta_{j,i,t}$ und $\tau_{j,t}$ untereinander korreliert sind, werden sie als multivariat verteilte Zufallsvariablen zu einer aus historischen Daten ermittelten Kovarianzmatrix aggregiert.²³⁷ Durch eine Cholesky Dekomposition dieser Kovarianzmatrix kann anschließend die Verteilung der Ausfallwahrscheinlichkeiten simuliert werden. Dadurch werden korrelierte Fehlerterme ermittelt, aus denen für jeden Simulationslauf verschiedene Werte für den Index $y_{j,t}$ und die Ausfallwahrscheinlichkeit $DP_{j,t}$ berechnet werden können.²³⁸

Die von Ratingagenturen veröffentlichten Transitionsmatrizen stellen historische Durchschnittswerte mehrerer Konjunkturzyklen und verschiedener Industriesektoren dar, sind dabei jedoch unabhängig vom jeweiligen Zustand der Ökonomie. Im letzten Schritt der zweiten Modellkomponente werden daher diese unkorrelierten Migrationsmatrizen an den erwarteten makroökonomischen Zustand und das jeweilige Segment angepasst. Die Adjustierung der Migrationsmatrizen erfolgt anhand der durch Simulation ermittelten segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten. Diese Ausfallwahrscheinlichkeiten werden mit den tabellierten durchschnittlichen Wahrscheinlichkeiten von den Ratingagenturen ins Verhältnis gesetzt und durch einen so genannten Risikofaktor (RF) ausgedrückt.²³⁹

$$(41) \quad RF = \frac{DP_{j,t}}{DP}$$

Falls $RF > 1$ ist, liegt ein ungünstiges Makroszenario vor, und die Migrations- sowie Ausfallwahrscheinlichkeiten der empirischen Migrationstabellen in dem betrachteten Segment

²³⁴ Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 235 sowie Wilson (1997a), S. 113.

²³⁵ Durch die Logit-Funktion ist der Bereich der Ausfallwahrscheinlichkeiten auf 0 bis 100 % beschränkt, und sie stellt eine gute Adaption an empirische Ergebnisse dar. Vgl. Bröker (2000), S. 235.

²³⁶ Vgl. Wilson (1997a), S. 112.

²³⁷ Vgl. Spellmann (2002), S. 319.

²³⁸ Siehe hierzu Wilson (1997a), S. 114 f. sowie Rehm (2002), S. 152.

²³⁹ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 290.

müssen angehoben werden. Ist das Ergebnis jedoch kleiner als Eins, so müssen die Werte nach unten korrigiert werden. CPV bedient sich hierbei eines „Shift-Operator“, der jeweils Wahrscheinlichkeitsmasse aus der empirischen Transitionsmatrix, je nach simuliertem Ergebnis, nach rechts oder nach links verschiebt.²⁴⁰ Sind die simulierten und empirischen Ausfallraten identisch ($RF = 1$), so entspricht die sich einstellende Konjunkturlage der durchschnittlichen Konjunkturlage, und die makroökonomischen Einflussfaktoren haben keine Auswirkung auf die Rating-Migrationen.

Risikofaktor	Konjunkturlage	Einfluss auf Rating-Migrationen
$RF = 1$	Langfristiger Wachstumstrend	Kein
$RF > 1$	Rezession	Vermeehrt abwärts tendierende Rating-Migrationen
$RF < 1$	Aufschwung	Vermeehrt aufwärts tendierende Rating-Migrationen

Tabelle 5: Risikofaktor und Rating-Migrationen²⁴¹

Somit erhält man als Ergebnis der zweiten Komponente korrelierte Migrationsmatrizen, die den makroökonomischen Zustand berücksichtigen. Anhand der aus der ersten Komponente ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Credit-Exposure kann letztendlich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste bestimmt werden. Das Kreditrisiko kann dann durch einen Credit Value-at-Risk ermittelt werden, wobei für die Recovery Rates zufällige Rückzahlungsquoten verwendet werden, die aus einer auf historischen Erfahrungen basierenden Verteilung unabhängig gezogen werden.²⁴²

4.5 CreditRisk+™

Das zu der Kategorie der intensitätsbasierten Modelle gehörende CreditRisk+™ wurde 1997 von Credit Suisse Financial Products entwickelt und bedient sich eines versicherungsmathematischen Ansatzes, um die Wahrscheinlichkeitsverteilung von Kreditportfolioverlusten und damit den unerwarteten Verlust auf Portfolioebene zu bestimmen.²⁴³ Im Rahmen des Modells wird jedoch ausschließlich das Ausfallrisiko betrachtet, so dass Bonitätsveränderungen während der Laufzeit nicht berücksichtigt werden. Somit kann ein Kredit bzw. Finanztitel am Ende des Betrachtungszeitraumes nur die beiden Zustände

²⁴⁰ Vgl. Lipponer (2000), S. 61 f.

²⁴¹ Quelle: Schierenbeck (2001b), S. 290.

²⁴² Vgl. Lipponer (2000), S. 62.

²⁴³ Vgl. Gaal/Plank (1998), S. 76.

„Ausfall“ oder „Nicht-Ausfall“ annehmen. Der Default-Zustand tritt dabei mit einer Wahrscheinlichkeit von DP ein, während eine vertragskonforme Kreditbedienung mit der Wahrscheinlichkeit $1-DP$ zu erwarten ist.²⁴⁴ Zudem trifft das Modell keine Annahme über die Ursachen eines Kreditausfalls, sondern betrachtet Kreditausfälle als eine Folge von Ereignissen, die weder vom Zeitpunkt noch von der tatsächlichen Anzahl prognostizierbar sind.²⁴⁵ Das Modell zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass es mit sehr wenigen Inputdaten auskommt. Für die Ermittlung des unerwarteten Verlustes werden lediglich die Credit-Exposure und Recovery Rate der einzelnen Kreditnehmer sowie die erwartete Ausfallrate und deren Volatilität benötigt.²⁴⁶ Abbildung (15) veranschaulicht dies ergänzend anhand des schematischen Aufbaus von CreditRisk+™.

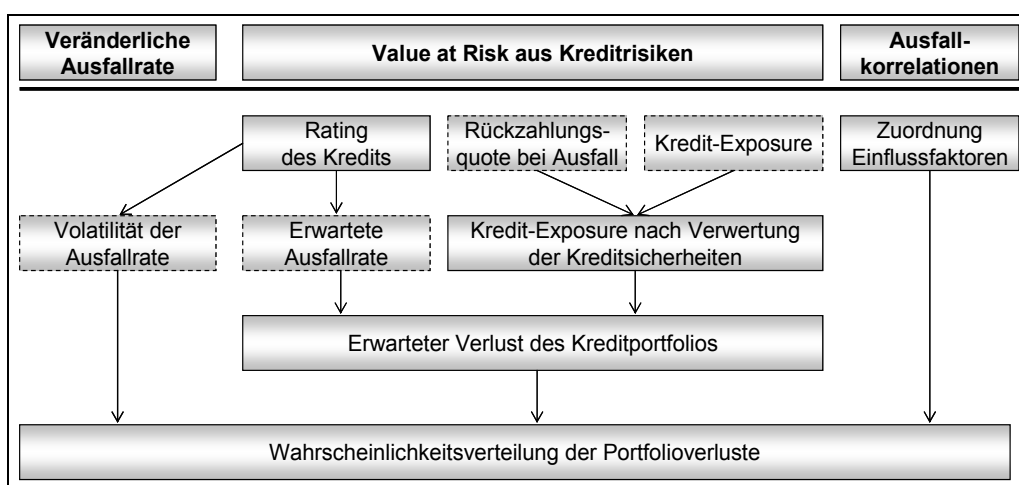


Abbildung 15: Aufbauschema von CreditRisk+™²⁴⁷

In der Abbildung (15) wird aufgezeigt, dass die erwartete Ausfallrate jedes einzelnen Kreditnehmers von der jeweiligen Ratingklasse abhängt, wobei für das Modell sowohl interne als auch externe Ratingkategorien verwendet werden können. Zur Vereinfachung wird zunächst davon ausgegangen, dass die erwarteten Ausfallraten konstant und die Kreditnehmer untereinander unabhängig sind, so dass zur Bestimmung des unerwarteten Portfolioverlustes im Wesentlichen die Anzahl der Kreditausfälle sowie die Verlusthöhe der einzelnen Ausfälle von Interesse sind.²⁴⁸ Die zu erwartende Anzahl der Kreditausfälle für ein Portfolio, bestehend aus N Krediten, ergibt sich aus der Summe der erwarteten Ausfallraten je Kreditnehmer.

²⁴⁴ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 107.

²⁴⁵ Vgl. Kretschmer (1999), S. 367.

²⁴⁶ Vgl. Wilde (1997), S. 11.

²⁴⁷ Quelle: Schierenbeck (2001b), S. 263.

²⁴⁸ Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 91.

$$(42) \quad \mu = \sum_{i=1}^N p_i$$

mit: μ = erwartete Anzahl an Kreditausfällen

p_i = erwartete Ausfallrate des Kreditnehmers i

Bei Annahme identischer Ausfallraten der Kreditnehmer ($p = p_i$), lässt sich die Verteilung der Kreditausfälle durch die Binomialverteilung darstellen, wobei aus den so ermittelten, kumulierten Wahrscheinlichkeiten Aussagen getroffen werden können, mit welcher Wahrscheinlichkeit nicht mehr als eine bestimmte Anzahl von Krediten ausfallen werden.²⁴⁹ Da die Annahme identischer Ausfallraten in der Praxis jedoch ungeeignet ist, unterstellt CreditRisk+™ zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeitsverteilung eine Poissonverteilung. Diese stellt bei niedrigen Ausfallraten eine gute Approximation der Binomialverteilung dar und berücksichtigt zudem unterschiedliche Ausfallraten der Kreditnehmer.²⁵⁰ Die Wahrscheinlichkeiten der Kreditausfälle lassen sich unter Berücksichtigung der unterstellten Poissonverteilung gemäß Gleichung (40) bestimmen, wobei W_n die Wahrscheinlichkeit für n Kreditnehmersausfällen bezeichnet.

$$(43) \quad W_n = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^n}{n!} \quad 251$$

In einem nächsten Schritt wird nun aus der Verteilung der Anzahl der Verluste auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste geschlossen. Ein bestimmter Portfolioverlust kann aus unterschiedlichen Kreditausfallkonstellationen resultieren, wenn die Credit-Exposure der einzelnen Engagements unterschiedliche Höhen aufweisen. Die gleiche Verlustsumme kann demgemäß z. B. aus wenigen Ausfällen mit hohen Exposure oder aus vielen Ausfällen mit niedrigen Exposure herrühren. Unterschiedliche Exposure haben im Gegensatz zu den unterschiedlichen Ausfallraten Einfluss auf die Verteilung, so dass ggf. keine Poissonverteilung mehr gegeben ist.²⁵² Daher bildet CreditRisk+™ die Volumenstruktur des Portfolios ab, indem die Credit-Exposure, reduziert um ihre jeweilige Recovery Rate (=LGD), in Größenklassen, so genannte Exposure-Bänder, eingeteilt werden.²⁵³

Hierzu werden für jeden Kreditnehmer der LGD_i und der erwartete Verlust $EL_i = LGD_i \cdot DP_i$ auf eine portfolioindividuelle Basiseinheit L des potentiellen Verlustes bezogen.²⁵⁴

²⁴⁹ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 265 f.

²⁵⁰ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 267.

²⁵¹ Diese Wahrscheinlichkeitsfunktion der Poissonverteilung hängt lediglich von dem Parameter μ ab, und ist somit unabhängig von der Anzahl der Credit-Exposure.

²⁵² Vgl. Kretschmer (1999), S. 368.

²⁵³ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 268.

²⁵⁴ Vgl. auch im Folgenden Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

$$(44) \quad \nu_i = \frac{LGD_i}{L} \quad \text{und} \quad \varepsilon_i = \frac{EL_i}{L}$$

Wie aus Tabelle (5) zu entnehmen ist, wird der als Multiplikator interpretierbare Parameter ν_i ($LGD_i = L \cdot \nu_i$) auf die jeweils nächste ganze Zahl gerundet, so dass die LGD_i näherungsweise als ganzzahliges Vielfaches der Basiseinheit ausgedrückt werden kann.

Kreditnehmer	Exposure	Exposure in €100.000	gerundeter, auf L normierter Exposure	Exposure-Band
	LGD_i	ν_i	ν_j	j
1	400.000	4	4	4
2	340.000	3,4	3	3
3	230.000	2,3	2	2
4	50.000	0,5	1	1
5	545.000	5,45	5	5
6	420.000	4,2	4	4

Tabelle 6: Einteilung der Kreditnehmer in Exposure-Bänder²⁵⁵

In Abhängigkeit der gewählten Basiseinheit werden nun die Kreditnehmer mit dem identischen Wert von ν_j einem Exposure-Band j zugeordnet. Der durchschnittliche LGD_j der verschiedenen Bänder bestimmt sich allgemein aus dem Produkt von L (100.000 €) und dem Exposure-Band j .²⁵⁶ CreditRisk+TM betrachtet die einzelnen Exposure-Bänder als unabhängige Portfolios und unterstellt bei allen Kreditnehmern eines Exposure-Bandes einen annähernd identischen LGD . Auf diese Weise kann für jedes Band wiederum die Poissonverteilung angenommen werden.²⁵⁷

Jedes Exposure-Band wird somit durch den auf L normierten und gerundeten LGD (ν_j), durch den in Einheiten von L ausgedrückten erwarteten Verlust (ε_j) und durch die erwartete Anzahl von Kreditausfällen der entsprechenden Größenklasse j charakterisiert, so dass folgende Beziehungen zwischen den Größen bestehen:²⁵⁸

$$(45) \quad \varepsilon_j = \nu_j \cdot \mu_j \quad \text{mit} \quad (43) \quad \mu_j = \frac{\varepsilon_j}{\nu_j} = \sum_{i:\nu_i=\nu_j} \frac{\varepsilon_i}{\nu_i}$$

Für das gesamte Portfolio ergibt sich die erwartete Anzahl an Kreditausfällen aus der Summe der erwarteten Kreditausfälle aller Exposure-Bänder.²⁵⁹

²⁵⁵ In Anlehnung an Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 110.

²⁵⁶ Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

²⁵⁷ Vgl. Wilde (1997), S. 19 sowie Kretschmer (1999), S. 369.

²⁵⁸ Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 111.

²⁵⁹ Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

$$(46) \quad \mu = \sum_{j=1}^m \mu_j = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j}$$

Die Wahrscheinlichkeit erzeugende Funktion ($G_j(z)$) für die Ausfallverluste eines Exposure-Bandes j , unter der Annahme, dass die Anzahl der Ausfälle einem Poissonprozess folgt, ergibt sich gemäß Gleichung (47).²⁶⁰

$$(47) \quad G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\mu_j^n \cdot e^{-\mu_j}}{n!} \cdot z^{n \cdot v_j} = e^{\mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)}$$

Unter der bisher getroffenen Annahme, dass die Exposure im Portfolio, und damit auch die Exposure-Bänder, unabhängig voneinander sind, kann die Wahrscheinlichkeit erzeugende Funktion ($G(z)$) für das gesamte Portfolio durch das Produkt der erzeugenden Funktionen der Exposure-Bänder definiert werden.

$$(48) \quad G(z) = \prod_{j=1}^m G_j(z) = \prod_{j=1}^m e^{\mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)} = e^{\sum_{j=1}^m \mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)}$$

Die Verteilungsfunktion für die Verlustwahrscheinlichkeit für einen Verlust von $n \cdot L$ bzw. von n Basiseinheiten kann anschließend durch die folgende Gleichung abgeleitet werden.²⁶¹

$$(49) \quad W(\text{Verlust} = n \cdot L) = \frac{1}{n!} \cdot \left. \frac{\partial^n G(z)}{\partial z^n} \right|_{z=0}$$

Mithilfe der Gleichung (49) kann letztendlich der unerwartete Kreditverlust des Portfolios durch einen CVaR bestimmt werden.²⁶²

Im Folgenden wird die Annahme der im Zeitablauf konstanten Ausfallraten sowie die Unabhängigkeit der Kreditnehmer respektive Credit-Exposure aufgehoben und auf die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste kurz eingegangen.²⁶³

Durch die Aufhebung der Annahme einer konstanten Ausfallrate geht diese Größe der einzelnen Kreditnehmer nun als Zufallsvariable in das Modell ein, wobei die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ausfallrate approximativ durch eine Gammaverteilung beschrieben werden kann. Die Gammaverteilung weist dabei den Vorteil auf, dass sie durch die beiden Parameter Erwartungswert und Standardabweichung vollständig beschrieben

²⁶⁰ Vgl. auch im Folgenden Cossin/Pirotte (2001), S. 295.

²⁶¹ Für eine formale Herleitung siehe Wilde (1997), S. 35-38.

²⁶² Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 295.

²⁶³ Für eine formale Betrachtung von stochastischen Ausfallraten siehe Wilde (1997), S. 41-49.

wird.²⁶⁴ Als Folge der Berücksichtigung stochastischer Ausfallraten, bei gleich bleibendem Erwartungswert, kann bei steigender Volatilität beobachtet werden, dass die rechte Seite der Verlustverteilung (bei vorliegender Rechtsschiefe der Verteilung) dicker wird. Die Verwendung von variablen Ausfallraten bedeutet damit eine höhere Wahrscheinlichkeit von hohen Verlusten sowie ein Anstieg des unerwarteten Kreditverlustes.²⁶⁵

Die Schwankungen der Ausfallraten lassen sich auf bestimmte Einflussfaktoren zurückführen. CreditRisk+TM unterscheidet bei diesen Faktoren generell zwischen spezifischen und systematischen Einflussfaktoren.²⁶⁶ Bei den spezifischen Einflussfaktoren handelt es sich um Faktoren, die sich direkt auf den einzelnen Kreditnehmer beziehen (z. B. Managementqualität oder Marktstellung des Kreditnehmers). Die Auswirkungen dieser spezifischen Faktoren auf die Höhe des unerwarteten Portfolioverlustes können jedoch durch Diversifikation über viele Kreditnehmer eliminiert werden, so dass das Modell hauptsächlich auf die Betrachtung der systematischen Faktoren abstellt.

Die systematischen Einflussfaktoren, die im Rahmen von CreditRisk+TM auch als Hintergrundfaktoren bezeichnet werden, beziehen sich überwiegend auf makroökonomische Größen und weisen eine signifikante Auswirkung auf den unerwarteten Verlust auf. Das Ausmaß der Schwankungen der Ausfallraten und der Ausfallkorrelationen zwischen den Kreditnehmern wird hauptsächlich durch die Hintergrundfaktoren determiniert.²⁶⁷ Alle Kreditnehmer, deren Ausfallratenschwankung eng mit einem einzigen Einflussfaktor (z. B. Baukonjunktur) zusammenhängen, werden zu einem Hintergrundsektor²⁶⁸ (z. B. Sektor Bauwirtschaft) zusammengefasst.²⁶⁹ Diese Einteilung der Kreditnehmer in Sektoren impliziert, dass zwischen den Kreditnehmern eines Sektors eine hohe Risikointerdependenz besteht. Für die Betrachtung eines idealtypischen Portfolios sollten die Kreditnehmer eines Sektors mit +1 korrelieren, und die verschiedenen Hintergrundfaktoren sollten unabhängig voneinander sein (Korrelation von Null). Die Sektorenbildung und die Korrelationen zwischen den Kreditnehmern und zwischen den Hintergrundfaktoren wird in Abbildung (16) aufgezeigt.

²⁶⁴ Vgl. Bröker (2000), S. 98.

²⁶⁵ Vgl. Kretschmer (1999), S. 370 f.

²⁶⁶ Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2001b), S. 273 f.

²⁶⁷ Vgl. Schierenbeck (2001b), S. 273.

²⁶⁸ Die Einteilung des Portfolios erfolgt überwiegend in Länder- und Branchensektoren.

²⁶⁹ Vgl. Kretschmer (1999), S. 371.

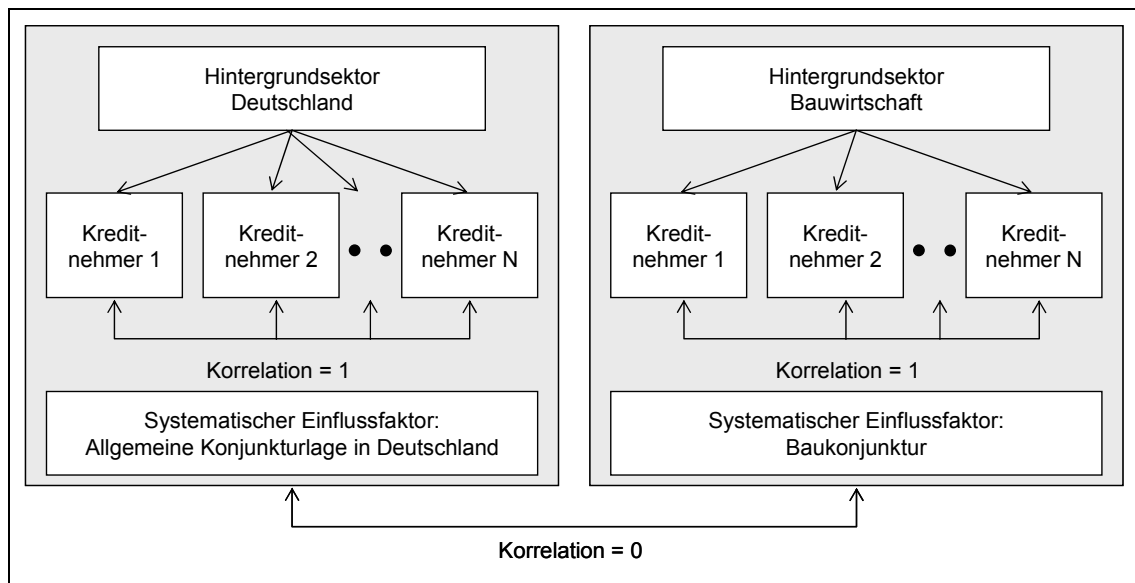


Abbildung 16: Bildung von Hintergrundsektoren eines idealtypischen Portfolios²⁷⁰

Für den Fall, dass die Schwankung der Ausfallrate eines Kreditnehmers nicht nur von einem sondern von mehreren Einflussfaktoren abhängt, bietet CreditRisk+™ die Möglichkeit, den Kreditnehmer volumenmäßig auf mehrere Sektoren aufzuteilen.²⁷¹ Insofern hängt die Ausfallkorrelation zweier Kreditnehmer davon ab, inwieweit sie dem gleichen systematischen Hintergrundfaktor zugeordnet werden können. Durch die Betrachtung der systematischen Hintergrundfaktoren werden in CreditRisk+™ die Auswirkungen von Ausfallkorrelationen berücksichtigt, ohne dass diese direkt ermittelt bzw. geschätzt werden müssen, da sie implizit über die Sektorenbildung in das Modell eingehen.

Ein grundlegender Vorteil des beschriebenen Modells liegt in der geringen Anforderung an die benötigten Inputdaten. Die vier Inputparameter Credit-Exposure, erwartete Recovery Rate im Insolvenzfall, die erwartete Ausfallrate und deren Volatilität lassen sich durch Zeitreihenanalysen und von den Banken vorgenommenen Risikoeinstufungen der einzelnen Kreditnehmer ermitteln.²⁷² Zusätzlich basiert CreditRisk+™ ausschließlich auf analytischen Gleichungen, so dass die Berechnungszeit der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste relativ gering ist und die Berechnung auch auf einfachen Personalcomputern in akzeptabler Zeit vorgenommen werden kann.²⁷³

Aufgrund der ausschließlichen Beachtung von Kreditausfällen und der fehlenden Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer während der Laufzeit, bestehen methodische Nachteile bei der Kreditrisikoquantifizierung von Portfolios mit liquiden

²⁷⁰ Quelle: Schierenbeck (2001b), S. 274.

²⁷¹ Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2001b), S. 274.

²⁷² Vgl. Bröker (2000), S. 124.

²⁷³ Vgl. Bröker (2000), S. 125.

Kredittiteln, die am Markt gehandelt werden und für die Marktpreise existieren. Daher eignet sich CreditRisk+™ eher für klassische Kreditportfolios oder so genannte buy-and-hold Portfolios, bei denen Bonitätsveränderungen für den Anwender nicht von Interesse sind.²⁷⁴

4.6 Vergleich der Modelle

Die vier aufgezeigten Modelle haben als gemeinsame Funktion die Quantifizierung des Kreditrisikos auf Portfolioebene, wobei sie allgemein in zwei Schritten vorgehen. Zuerst bestimmen sie das Kreditrisiko für die Einzelpositionen, worauf aufbauend die einzelnen Werte unter Berücksichtigung von Korrelationen zu einem Portfoliorisikowert aggregiert werden.

Abgesehen von dieser Gemeinsamkeit unterscheiden sich die vier Modelle jedoch in wesentlichen Punkten, wie z. B. der Berechnung der Korrelationen sowie der Definition des Kreditrisikos. Daher kann es auch sinnvoll sein, die Modellauswahl abhängig vom betrachteten Portfolio vorzunehmen.²⁷⁵

CreditMetrics™ basiert auf einem Rating-Migrationsansatz und betrachtet neben dem reinen Kreditausfall auch Bonitätsveränderungen während der Laufzeit. Im Bereich der Kreditportfoliorisikomessung hat sich CreditMetrics™ zur Benchmark für Kreditportfoliomodelle entwickelt und wird den firmenwertbasierten Modellen zugeordnet.²⁷⁶

Die Korrelationen der Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Kreditnehmer werden daher auch über die Korrelationen des Unternehmenswertes geschätzt. Das Modell benötigt für seinen Einsatz zahlreiche Inputdaten und ist vor allem für die Kreditrisikoquantifizierung von Portfolios bestehend aus am Markt gehandelten Kredittiteln geeignet.

Das neben CreditMetrics™ der firmenwertbasierten Modellkategorie zugeordnete Modell CreditPortfolioManager™ von KMV betrachtet neben den reinen Kreditausfällen ebenfalls Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer, ermittelt jedoch im Gegensatz zu CreditMetrics™ unternehmensindividuelle Ausfallwahrscheinlichkeiten anhand eines Optionspreisansatzes und spezifiziert damit das Kreditrisiko weiter auf der mikroökonomischen Ebene.²⁷⁷ Für die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeiten (EDF) verwendet das Modell in einem Zwischenschritt das Risikomaß „Distance-to-Default“, wobei aus einer von KMV bereitgestellten Datenbank historische Ausfallwahrscheinlichkeiten (des US-amerikanischen Marktes) den Werten der DD zugeordnet werden. Die Berechnung der Korrelationen verläuft

²⁷⁴ Vgl. Rehm (2002), S. 160.

²⁷⁵ Vgl. Rehm (2002), S. 161.

²⁷⁶ Vgl. Lipponer (2000), S. 64.

²⁷⁷ Vgl. Rehm (2002), S. 161.

ähnlich zu CreditMetrics™, wobei im CreditPortfolioManager™ ein Faktormodell implementiert wurde, das davon ausgeht, dass die Unternehmenswertrenditen durch systematische Faktoren bestimmt werden. Aufgrund der Marktwertorientierung der Kreditrisikoquantifizierung eignet sich das Modell vor allem für Portfolios, die überwiegend aus börsennotierten Unternehmen als Kreditnehmer bestehen.

Das intensitätsbasierte Modell CreditPortfolioView™ basiert wie CreditMetrics™ auf einem Rating-Migrationsansatz und baut auf einer Monte-Carlo-Simulationen auf. Die Korrelationen zwischen den einzelnen Schuldern werden hierbei hauptsächlich über die Entwicklung makroökonomischer Größen erklärt. Im Rahmen des Modells werden die Kreditnehmer in Segmente eingeteilt, so dass sich das Modell besonders gut für Portfolios mit Positionen, die eindeutig bestimmten Segmenten, wie z. B. Ländern oder Branchen, zugeordnet werden können, einsetzen lässt.

CreditRisk+™ verwendet im Gegensatz zu den firmenwertbasierten Modellen einen analytischen, aus der Versicherungsmathematik stammenden Ansatz. Es stellt von den betrachteten Modellen den einzigen Ansatz dar, der lediglich Kreditausfälle betrachtet und somit Bonitätsveränderungen der Schuldner nicht berücksichtigt. Das Modell trifft zudem keine Annahmen über die Ursache eines Kreditausfalls, wie sie bei den firmenwertbasierten Modellen durch die Unterschreitung der Verbindlichkeiten durch den Unternehmenswert vorgenommen wird. Somit betrachtet das Modell lediglich die Ausfallwahrscheinlichkeit und die Höhe des Verlustes. Die Korrelationen zwischen den Kreditnehmern werden durch Aufteilung des Ausfallrisikos in Sektoren- und Länderindizes ermittelt. Aufgrund der fehlenden Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen eignet sich CreditRisk+™ sehr gut für klassische Kreditportfolios (buy-and-hold Portfolios).

Die folgende Tabelle gibt abschließend noch einen Überblick über die vier verschiedenen Kreditportfoliomodelle.

	CreditMetrics™	CreditPortfolioManager™	CreditPortfolioView™	CreditRisk+™
Risikodefinition	Marktwertänderung	Ausfallverlust	Marktwertänderung	Ausfallverlust
Risikotreiber	Vermögenswert	Vermögenswert	Makroökonomische Faktoren	erwartete Ausfallrate
Liquidität der Portfoliopositionen	liquide Portfolios	vor allem liquide Portfolios	Integration liquider und illiquider Portfolios	v.a. illiquide Portfolios
Umfang der Datenanforderung	relativ hoch	relativ hoch	relativ hoch	relativ gering
Ausrichtung der Datenanforderungen auf	Anleihen mit einem externen Rating	Anleihen und Kredite börsennotierter Unternehmen	konjunktursensible Portfolios	v.a. Kreditpositionen im Bankbuch
Zuordnung der Ausfallraten	Rating	schuldnerindividuelle optionstheoretische Betrachtung	Rating/Scoring, Branche, Region, BIP...	Internes Scoring/Rating
Rechenmethodik	Monte-Carlo Simulation	analytischer Ansatz	Monte-Carlo Simulation	analytischer Ansatz

Tabelle 7: Vergleich der Kreditportfoliomodelle²⁷⁸

²⁷⁸ In Anlehnung an Bröker/Lehrbass (2003), S. 10 und Rehm (2002), S. 164.

5 Zusammenfassung

Die firmenwertbasierten und intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle können als theoretische Grundlage für weitere Kreditrisikomodelle angesehen werden, die auf deren Erkenntnissen basieren. Aufgrund der großen Bedeutung dieser Modelle im Bereich des Kreditrisikomanagements, lag die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit in der Darstellung der beiden Modellkategorien sowie der Beschreibung von verschiedenen auf diesen Grundmodellen basierenden Kreditportfoliomodellen, um ein grundlegendes Verständnis für die Kreditrisikoquantifizierung zu vermitteln.

Hierfür wurde zunächst der Begriff des Kreditrisikos definiert und die allgemeine Bestimmung des erwarteten und unerwarteten Verlustes auf Einzelgeschäfts- sowie Portfolioebene aufgezeigt. Im Rahmen der Berechnung des erwarteten Verlustes konnte hierbei die Ausfallwahrscheinlichkeit, der Credit Exposure sowie die Recovery Rate als zentrale Parameter identifiziert werden. Der erwartete Verlust kann somit als Erwartungswert des Verlustes interpretiert werden, der kein Kreditrisiko im engeren Sinn darstellt. In seiner Höhe muss vielmehr eine Risikoprämie bestimmt werden, die bereits in der Konditionengestaltung der Kredite Berücksichtigung finden sollte. Das eigentliche Kreditrisiko wird durch den unerwarteten Verlust quantifiziert, der die Schwankungen der tatsächlichen Verluste um den erwarteten Verlust beschreibt. Er wird anhand der Wahrscheinlichkeitsverteilung der potentiellen Verluste als Streuungsmaß oder Shortfall- bzw. Downside-Risikomaß ermittelt.

Die benötigten Parameter sind in der Realität jedoch schwer zu beobachten. Daher können Kreditrisikomodelle verwendet werden, die unter ihren jeweils getroffenen Annahmen die Parameter schätzen. Nach einer Unterteilung der Modelle in firmenwertbasierte und intensitätsbasierte Modelle wurden beide in Kapitel 3 kurz dargestellt. Die firmenwertbasierten Modelle bestimmen die Ausfallwahrscheinlichkeit über Veränderungen des Unternehmenswertes. Mit Hilfe der Optionspreistheorie ermitteln sie die Werte der Eigen- und Fremdkapitalpositionen, da diese durch Options-Positionen dupliziert werden können. Anhand dieser Werte konnte abschließend eine Risikoprämie als erwarteter Verlust berechnet werden. Das Modell erlaubt hierfür zwei unterschiedliche Ansätze, wobei beide zu dem selben Ergebnis führten.

Die intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle leiten demgegenüber die Ausfallwahrscheinlichkeit aus historischen Ausfallraten ab. Der Ausfallprozess wird dabei als Poisson-Prozess modelliert, mit dessen Hilfe die Ausfallwahrscheinlichkeit des Kreditnehmers ermittelt wird.

Anhand der Wahrscheinlichkeit und der geschätzten Recovery Rate wird der Wert der Fremdkapitalposition und weitergehend die Risikoprämie ermittelt.

Als Unterschied zwischen den beiden Modellen wurde damit vor allem die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit sowie die Behandlung der Recovery Rate aufgezeigt. Letztere stellt bei den firmenwertbasierten Modellen eine endogene und bei den intensitätsbasierten Modellen eine exogene Variable dar. Aufgrund des geringeren Dateninputs bei den intensitätsbasierten Modellen sowie der Schwierigkeit bei den firmenwertbasierten Modellen, den Unternehmenswert zu beobachten, bildet die intensitätsbasierte die praxisrelevantere Modellkategorie ab.

Abschließend wurde in diesem Abschnitt aufgezeigt, dass beide Grundmodelle die Ermittlung des erwarteten Verlustes sowie einer Wahrscheinlichkeitsverteilung ermöglichen. Des Weiteren haben sie trotz ihrer zum Teil bereits frühzeitigen Entwicklung nichts an ihrer Aktualität verloren. Sie bilden daher die theoretische Grundlage für die im vierten Kapitel beschriebenen kommerziellen Kreditportfoliomodelle CreditRisk+TM, CreditMetricsTM, CreditPortfolioViewTM und CreditPortfolioManagerTM. Jedes dieser kommerziellen Kreditportfoliomodelle konnte einer der beiden beschriebenen Modellkategorien zugeordnet werden.

Als Gemeinsamkeit aller beschriebenen Portfoliomodelle wurde die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste bzw. die Quantifizierung des Kreditrisikos aufgezeigt. Doch trotz dieser gemeinsamen Zielsetzung unterscheiden sich die Modelle, sogar innerhalb der selben Modellkategorie, in der Verwendung und Schätzung der jeweils benötigten Inputparameter. Auf diese Weise zeigt jedes Modell zum Teil unterschiedliche Vor- und Nachteile auf, so dass keins als überlegenes Modell identifiziert werden konnte. Vielmehr eignet sich jedes Modelle besonders gut für eine bestimmte Portfoliozusammensetzungen bzw. für eine bestimmte Art von Kreditnehmern.

Insgesamt stellen Kreditrisikomodelle eine Alternative zur Kreditrisikoquantifizierung dar, auch wenn ihr Einsatz vom Basler Ausschuss für Bankenaufsicht im Rahmen von Basel II noch nicht gestattet ist. Durch eine Verbesserung der Datenbasis sowie möglichen Weiter- und Neuentwicklungen von Kreditrisikomodellen, könnten diese in der Zukunft jedoch eine größere Beachtung im Rahmen der Ermittlung des ökonomischen Kapitals erlangen.

Literaturverzeichnis

- Altman et al. (2002):** Altman, E. I./Brady, B./Resti, A./Sironi, A.: The Link between Default and Recovery Rates: Implications for Credit Risk Models and Procyclicality (Working Paper), 2002.
- Altman/Saunders (1997):** Altman, E. I./Saunders, A.: Credit risk measurement: developments over the last 20 years. In: Journal of banking finance 21 (1997) 11/12, S. 1721-1742.
- Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001a):** Basler Ausschuss für Bankenaufsicht: Erläuternde Angaben zur Neuen Basler Eigenkapitalvereinbarung, Basel, 2001.
- Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001b):** Basler Ausschuss für Bankenaufsicht: Überblick über die Neue Basler Eigenkapitalvereinbarung, Basel, 2001.
- Basler Komitee (2003):** Basler Komitee: The New Basel Capital Accord: issued for comment by 31 July 2003, Basel, 2003.
- Black/Cox (1976):** Black, F./Cox, J. C.: Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions. In: The Journal of Finance 31 (1976) 2, S. 351-367.
- Black/Scholes (1972):** Black, F./Scholes, M.: The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency. In: The journal of finance 27 (1972) 2, S. 399-417.
- Black/Scholes (1973):** Black, F./Scholes, M.: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. In: The Journal of Political Economy 81 (1973) 3, S. 637-654.
- Bröker (2000):** Bröker, F.: Quantifizierung von Kreditportfoliorisiken: eine Untersuchung zu Modellalternativen und Anwendungsfeldern, Frankfurt am Main, 2000.
- Bröker/Lehrbass (2003):** Bröker, F./Lehrbass, F. B., Kreditportfoliomodelle in der Praxis, http://www.math.ethz.ch/~degiorgi/CreditRisk/ftp/broeker_CreditRiskModelsInPractice.pdf, Abruf am 17.04.2003.
- Büschgen (1999):** Büschgen, H. E.: Bankbetriebslehre: Bankgeschäfte und Bankmanagement, 5. Auflage, Wiesbaden, 1999.
- Cossin/Pirotte (2001):** Cossin, D./Pirotte, H.: Advanced Credit Risk Analysis: Financial Approaches and Mathematical Models to Assess, Price, and Manage Credit Risk, Chichester [u.a.], 2001.
- Cox/Ross/Rubinstein (1979):** Cox, J./Ross, S./Rubinstein, M.: Option Pricing: A Simplified Approach. In: Journal of Financial Economics (1979) 7, S. 229-263.
- Crosbie/Bohn (2002):** Crosbie, P. J./Bohn, J. R.: Modeling Default Risk (Working Paper), San Francisco, 2002.
- Crouhy/Galai/Mark (2000):** Crouhy, M./Galai, D./Mark, R.: A Comparative Analysis of Current Credit Risk Models. In: Journal of banking finance 24 (2000) 1/2, S. 59-117.
- Devic (2001):** Devic, G.: Bewertung des Bonitätsrisikos mit einem Unternehmenswertmodell, Frankfurt am Main, 2001.
- Duffie/Singleton (1999):** Duffie, D./Singleton, K. J.: Modeling Term Structures of Defaultable Bonds. In: The review of financial studies 12 (1999) 4, S. 687-720.

- Dunemann (2001):** Dunemann, O.: Kreditportfoliomodelle. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H.: Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung, Frankfurt am Main, 2001, S. 185-206.
- Estrella (2000):** Estrella, A.: Credit Ratings and Complementary Sources of Credit Quality Information (Working Paper), Basel, 2000.
- Gaal/Plank (1998):** Gaal, A./Plank, M.: Kreditrisikomodelle und Kreditderivate. In: Berichte und Studien: Wien, 1998, S. 72-83.
- Geske (1977):** Geske, R.: The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options. In: The Journal of Financial and Quantitative Analysis 12 (1977) 4, S. 541-552.
- Gupton/Finger/Bhatia (1997):** Gupton, G./Finger, C./Bhatia, M.: CreditMetrics - A Technical Document, New York, 1997.
- Hamerle (2000):** Hamerle, A.: Statistische Modelle im Kreditgeschäft der Banken. In: Rudolph, B./Johanning, L.: Handbuch Risikomanagement (Band 1), Bad Soden/Ts., 2000, S. 459-490.
- Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2000):** Hartmann-Wendels, T./Pfingsten, A./Weber, M.: Bankbetriebslehre, 2. Auflage, Berlin [u.a.], 2000.
- Heim/Balica (2001):** Heim, U./Balica, C. J.: Zentrale Aspekte der Kreditrisikomodellierung. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H.: Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung, Frankfurt am Main, 2001, S. 207-259.
- Henn (2001):** Henn, J.: Bewertung von Kreditrisiken: empirische Untersuchungen am Schweizer Kapitalmarkt, Bamberg, 2001.
- Hull/White (1995):** Hull, J. C./White, A.: The Impact of Default Risk on the Prices of Options and other Derivative Securities. In: Journal of banking & finance 19 (1995) 2, S. 299-322.
- Huschens/Locarek-Junge (2000):** Huschens, S./Locarek-Junge, H.: Konzeptionelle und statistische Grundlagen der portfolioorientierten Kreditrisikomessung. In: Oehler, A.: Kreditrisikomanagement: Portfoliomodelle und Derivate, Stuttgart, 2000, S. 25-49.
- Jarrow/Lando/Turnbull (1997):** Jarrow, R. A./Lando, D./Turnbull, S. M.: A Markov Model for the Term Structure of Credit Risk Spreads. In: The review of financial studies 10 (1997) 2, S. 481-523.
- Jarrow/Turnbull (1995):** Jarrow, R. A./Turnbull, S. M.: Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk. In: The journal of finance 50 (1995) 1, S. 53-85.
- Johnson/Stulz (1987):** Johnson, H./Stulz, R. M.: The Pricing of Options with Default Risk. In: The journal of finance 42 (1987) 2, S. 267-280.
- Jovic (1999):** Jovic, D.: Risikoorientierte Eigenkapitalallokation und Performancemessung bei Banken: ökonomische und regulatorische Eigenmittelunterlegung von Markt-, Kredit- und operationellen Risiken unter Berücksichtigung der schweizerischen und internationalen Entwicklungen, Bern [u.a.], 1999.
- Kassberger/Wentges (1999):** Kassberger, S./Wentges, P.: Die Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeiten von Unternehmen. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 23-50.

- Kealhofer/Bohn (2001):** Kealhofer, S./Bohn, J. R.: Portfolio Management of Default Risk (Working Paper), San Francisco, 2001.
- Kern (2001):** Kern, M.: Anwendbarkeit neuerer Kreditrisikomodelle auf mittelständische Portfolios. In: Szczesny, A.: Kreditrisikomessung und Kreditrisikomanagement, Baden-Baden, 2001, S. 207-223.
- Kiesel/Schmid (2000):** Kiesel, R./Schmid, B.: Aspekte der stochastischen Modellierung von Ausfallwahrscheinlichkeiten in Kreditportfoliomodellen. In: Oehler, A.: Kreditrisikomanagement: Portfoliomodelle und Derivate, Stuttgart, 2000, S. 51-83.
- Kirmße (1996):** Kirmße, S.: Die Bepreisung und Steuerung von Ausfallrisiken im Firmenkundengeschäft der Kreditinstitute: ein optionspreistheoretischer Ansatz, Frankfurt am Main, 1996.
- Kirmße (2001):** Kirmße, S.: Kreditrisikosteuerung im Firmenkunden-Portefeuille. In: Rolfes, B.: Das Firmenkundengeschäft - ein Wertvernichter?: Beiträge zum Münsteraner Top-Management-Seminar, Frankfurt am Main, 2001,
- Knapp (2002):** Knapp, M.: Zeitabhängige Kreditportfoliomodelle, Wiesbaden, 2002.
- Knapp/Hamerle (1999):** Knapp, M./Hamerle, A.: Multi-Faktor-Modell zur Bestimmung segmentspezifischer Ausfallwahrscheinlichkeiten für die Kredit-Portfolio-Steuerung. In: Wirtschaftsinformatik 41 (1999) 2, S. 138-144.
- Kretschmer (1999):** Kretschmer, J.: CreditRisk+ - Ein portfolioorientiertes Kreditrisikomodel. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 359-384.
- Lipponer (2000):** Lipponer, A.: Kreditportfoliomangement, Heidelberg, 2000.
- Merton (1974):** Merton, R. C.: On The Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. In: The journal of finance 29 (1974) 2, S. 449-470.
- Niethen (2001):** Niethen, S.: Korrelationskonzepte zur Quantifizierung von Kreditausfallrisiken, Bad Soden/Ts., 2001.
- Oehler/Unser (2002):** Oehler, A./Unser, M.: Finanzwirtschaftliches Risikomanagement, 2. Auflage, Berlin [u.a.], 2002.
- Offermann/Büschgen (2001):** Offermann, C./Büschgen, H. E.: Kreditderivate: Implikationen für das Kreditportfoliomangement von Banken, Lohmar [u.a.], 2001.
- Ong (2000):** Ong, M. K.: Internal Credit Risk Models: Capital Allocation and Performance Measurement, London, 2000.
- Ott (2001):** Ott, B.: Interne Kreditrisikomodelle, Bad Soden/Ts., 2001.
- Overbeck (1999):** Overbeck, L.: Die Portfolioversion des Asset-Value-Modells für das Kreditrisiko. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 103-119.
- Pechtl (1999):** Pechtl, A.: Rationales Risikomanagement - Bewertungsansätze für Ausfallrisiken. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart 1999, S. 179-225.

- Pfeiffer (1999):** Pfeiffer, T.: Kapitalmarktorientierte Konzepte des Kreditrisikomanagements. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 227-242.
- Rehm (2002):** Rehm, F. C.: Kreditrisikomodelle: Bewertung von Kreditderivaten und Portfoliomodellen zur Kreditrisikomessung, Berlin, 2002.
- Riekeberg (2002):** Riekeberg, M. H. P.: Kredit-Pricing bei Firmenkunden unter Berücksichtigung von Bonitätsmigration und Credit Value at Risk-Werten. In: Bank-Archiv Wien 50 (2002) 6, S. 457-469.
- Ritchken (1987):** Ritchken, P. H.: Options: theory, strategy, and applications, Glenview [u.a.], 1987.
- Rohmann (2000):** Rohmann, M.: Risikoadjustierte Steuerung von Ausfallrisiken in Banken, Bonn, 2000.
- Schierenbeck (2001a):** Schierenbeck, H.: Ertragsorientiertes Bankmanagement - Band 1, 7. Auflage, Wiesbaden, 2001.
- Schierenbeck (2001b):** Schierenbeck, H.: Ertragsorientiertes Bankmanagement - Band 2, 7. Auflage, Wiesbaden, 2001.
- Schiller/Tytco (2001):** Schiller, B./Tytco, D.: Risikomanagement im Kreditgeschäft: Grundlagen, neuere Entwicklungen und Anwendungsbeispiele, Stuttgart, 2001.
- Schlögl (2000):** Schlögl, L.: Bewertungsmodelle für Ausfallrisiken: Eine Literaturübersicht. In: Burghof, H./Henke, S./Rudolph, B./Schönbucher, P. J./Sommer, D.: Kreditderivate: Handbuch für die Bank- und Anlagepraxis, Stuttgart, 2000, S. 503-525.
- Schwicht/Neske (1997):** Schwicht, P./Neske, C.: CreditMetrics - neues System zur Risikoanalyse. In: Die Bank (1997) 8, S. 470-473.
- Schönbucher (2000):** Schönbucher, P. J.: Kreditrisikomodelle zur Bewertung von Kreditderivaten. In: Burghof, H./Henke, S./Rudolph, B./Schönbucher, P. J./Sommer, D.: Kreditderivate: Handbuch für die Bank- und Anlagepraxis, Stuttgart, 2000, S. 569-623.
- Spellmann (2002):** Spellmann, F.: Gesamtrisiko-Messung von Banken und Unternehmen, Wiesbaden, 2002.
- Steiner/Bruns (2000):** Steiner, M./Bruns, C.: Wertpapiermanagement, 7. Auflage, Stuttgart, 2000.
- Wilde (1997):** Wilde, T.: CreditRisk+ - A Credit Risk Framework, London, 1997.
- Wilson (1997a):** Wilson, T.: Portfolio Credit Risk (I). In: Risk 10 (1997) 9, S. 111-119.
- Wilson (1997b):** Wilson, T.: Portfolio Credit Risk (II). In: Risk 10 (1997) 10, S. 56-62.
- Wohlert (1999):** Wohlert, D.: Die Benchmark zur Messung von Kreditrisiken: JP Morgans CreditMetrics. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M.: Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 337-358.