

Herausforderungen der Kreditrisikomodellierung

erschieden in:

Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen,

Heft 9 2000, S. 468 - 473.

Verfasserin:

Dr. Ursula-A. Theiler,
Risk Training
Carl-Zeiss-Str. 11
83052 Bruckmühl

Tel./Fax: 08062 / 805545

Mailto:theiler@risk-training.org

<http://www.ursula-theiler.de>

Übersicht

- 1 Anforderungen an das Management von Kreditrisiken
- 2 Besonderheiten der Kreditrisikomodellierung
- 3 Grundtypen interner Kreditrisikomodelle
 - 3.1 Default Mode-Modell
 - 3.2 Mark to Market-Modell
- 4 Umsetzungsprobleme der Kreditrisikomodellierung
- 5 Ein Lösungsansatz zum Backtesting
- 6 Fazit
- 7 Literatur

1 Anforderungen an das Management von Kreditrisiken

Bildete bislang das Management von Marktpreisrisiken einhergehend mit der Entwicklung bankeigener Marktrisikomodelle einen Schwerpunkt im Risikocontrolling der Banken, erlangt die Steuerung des Kreditrisikos zunehmende Bedeutung. Auslöser dieser Entwicklung ist der steigende Wettbewerbsdruck, der ein erfolgreiches Kreditportfoliomanagement als notwendige Bedingung zur Sicherung des langfristigen Unternehmenserfolgs fordert. Die aktuellen Diskussionen um die Neuregelung des Grundsatzes I hinsichtlich der Eigenkapitalunterlegung der Kreditrisiken beschleunigen diese Tendenz zusätzlich. Stand bisher das Management von Einzelrisiken im Mittelpunkt des Kreditrisikomanagements, rückt zunehmend die Steuerung des gesamten Kreditportfoliorisikos in den Vordergrund, das insbesondere durch Klumpenrisiken und Diversifikationseffekte beeinflusst wird. Grundlage moderner Kreditrisikomanagementsysteme bilden Kreditrisikomodelle, die eine genaue Analyse des Risikobeitrags sowohl jedes Einzelengagements, als auch der Kreditportfolios verschiedener Aggregationsstufen bis hin zur Gesamtbankebene ermöglichen, um daraus steuerungsrelevante Informationen für die Unternehmensführung zu generieren.¹

Aufgrund der hohen Komplexität der Kreditrisikomodellierung und der erst einsetzenden Aufmerksamkeit, die diesem Forschungsgebiet gewidmet wird, haben sich bislang für Kreditrisikomodelle keine den internen Marktrisikomodellen vergleichbaren einheitlichen Standards gebildet. In der Praxis wurde bisher eine Vielzahl von Modellen entwickelt, die sich hinsichtlich der zugrundeliegenden Annahmen und der Modellierungsansätze zum Teil deutlich voneinander unterscheiden.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit aktuellen Herausforderungen der Kreditrisikomodellierung. Es werden zunächst die Besonderheiten der Kreditrisikomodellierung und alternative Grundtypen interner Kreditrisikomodelle anhand wesentlicher Merkmale erläutert. Im Anschluss werden Probleme der Umsetzung von Kreditrisikomodellen diskutiert, in deren Mittelpunkt vor allem der Mangel statistischen Datenmaterials und als Konsequenz daraus Schwierigkeiten der Modellvalidierung durch Backtestingverfahren stehen. Als mögliche Antwort wird dann ein simulationsbasiertes Backtestingverfahren vorgestellt, welches das Problem der mangelnden Datenverfügbarkeit umgeht.

2 Besonderheiten der Kreditrisikomodellierung

Aufgabe eines Kreditrisikomodells ist es, Prognosen über die zukünftige Wertentwicklung eines Kredits oder eines Kreditportfolios zu erzeugen. Dazu werden mögliche Verluste des Kreditportfolios aus der Differenz des derzeitigen und des zum Planungshorizont prognostizierten Werts berechnet. Herausforderungen ergeben sich daraus, diejenigen Besonderheiten der Kreditrisiken adäquat im Modell abzubilden, die eine statistische Modellierung im Vergleich zur Marktpreisrisikomodellierung erschweren:

- Asymmetrische Verteilung: Kreditausfälle sind im Gegensatz zu Marktwertänderungen vergleichsweise selten eintretende Ereignisse, die in ihrer Höhe nur schwer prognostizierbar sind. Andererseits sind Gewinne aus Krediten nur in geringem Maße realisierbar. Daher weist die Verlustverteilungsfunktion eines Kreditportfolios eine typische Schiefe mit einem langen Verteilungsende auf, deren Ausprägung außerdem durch Branchenmischung und Losgrößen des Portfolios bestimmt wird.
- Zeithorizont: Gegenüber Handelsgeschäften wird von längeren Liquidationszeiten ausgegangen. Modellannahmen gehen häufig von den Laufzeiten der Kontrakte oder von einem Einjahreszeitraum aus.
- Bewertung: Aufgrund der Dominanz von *buy and hold*-Strategien im Kreditportfoliomanagement ist die Ermittlung von Marktwerten für die meisten Kreditpositionen schwierig, da externe Ratings weitgehend fehlen und noch keine liquiden Sekundärmärkte existieren.
- Kreditoptionalität: Die Höhe des tatsächlichen Kreditrisikopotentials ist für eine Vielzahl von Kreditinstrumenten eine zufallsabhängige Größe, beispielsweise für die tatsächliche Inanspruchnahme von Kontokorrentlinien oder für derivative Instrumente, deren Wiedereindeckungsrisiko mit der Marktwertentwicklung im Zeitverlauf schwankt.

Ein Kreditrisikomodell zeichnet sich durch seine spezifische Art der Schätzung der Wertveränderungen des Portfolios aus. Im folgenden werden zentrale Grundtypen von Kreditrisikomodellen aufgezeigt, die sich hinsichtlich der Modellierung des Kreditrisikos und der Berechnung der Wertveränderungen des Kreditportfolios unterscheiden.

3 Grundtypen interner Kreditrisikomodelle

3.1 Default Mode-Modell

Das Default Mode-Modell ist der derzeit am weitesten verbreitete Ansatz zur Kreditrisikomodellierung und repräsentiert die *buy and hold*-Strategie des traditionellen Kreditgeschäfts. Ein Kreditverlust entsteht in diesem Modell nur bei Ausfall eines Kreditnehmers. Als Gegenwartswert wird der aktuelle Kreditäquivalenzbetrag, das *credit exposure*², angenommen. Zum Prognosehorizont kann der Kredit zwei Zustände annehmen: Im Zustand „kein Ausfall“ besitzt der Kredit den Wert des aktuellen *credit exposure*, abzüglich der im Prognosezeitraum evtl. zu leistenden Zahlungen des Kreditnehmers. Tritt das Ereignis „Ausfall“ ein, besteht ein Verlust in Höhe des aktuellen Kreditäquivalenzbetrages, vermindert um den Barwert zukünftiger Rückflüsse, d. h. der Wert ergibt sich als $credit\ exposure * recovery\ rate$. Zur Risikoquantifizierung erfolgt eine Gewichtung mit der Ausfallwahrscheinlichkeit. Hierzu sind die *credit exposures*, Ausfallwahrscheinlichkeiten der Kreditnehmer sowie die *recovery rates* zu schätzen, wobei außerdem die gegenseitigen Abhängigkeiten dieser Zufallsvariablen durch eine gemeinsame Verteilungsfunktion abgebildet werden müssen.

3.2 Mark to Market-Modell

In marktwertorientierten Modellen wird das Kreditportfolio zu Marktpreisen bewertet. Das Kreditrisiko wird in diesem Ansatz als Marktwertverringerung modelliert, die entweder aus Bonitätsverschlechterungen der Kreditnehmer³ oder aus marktinduzierten Veränderungen der *credit spreads* der jeweiligen Ratingklasse zwischen aktuellem Zeitpunkt und Prognosezeitpunkt resultieren kann.

Es haben sich zwei Grundmodelle marktwertorientierter Ansätze herausgebildet. Im **Discounted Contractual Cash Flow-Ansatz**, kurz DCCF-Ansatz, der unter anderem in dem von J. P. Morgan entwickelten Credit MetricsTM verfolgt wird, werden zwei Zustände des Kreditereignisses zum Prognosezeitpunkt betrachtet, „Ausfall“ und „kein Ausfall“. Bei Ausfall des Kredits berechnet sich der Wert des Kredits analog zum Default Mode-Modell als $credit\ exposure * recovery\ rate$. Fällt der Kredit nicht aus, berechnet sich der Marktwert eines Kredits aus der Diskontierung aller zukünftigen vertraglichen cash flows mit den Terminzinssätzen einer vergleichbaren offiziellen Ratingklasse. Die Verlustverteilung eines Kredits ergibt sich, indem der Barwert des Kredits unter sämtlichen möglichen Ratingveränderungen berechnet

und jeweils mit der entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeit der Ratingveränderung gewichtet wird.⁴ Zur Berechnung der Verteilungsfunktion der Wertveränderungen des Gesamtportfolios sind zusätzlich Korrelationen zwischen den Kreditnehmern zu berücksichtigen. Hierzu werden häufig Korrelationen der Aktienkursrenditen entsprechender Branchen- oder Länderindizes, Korrelationen der *credit spreads* oder direkt beobachtete Korrelationen herangezogen.⁵

Aufgrund der Schwierigkeiten, die mit der Schätzung der Verlustverteilungsfunktionen verbunden sind, erfolgt eine Bewertung der Wertveränderungen des Kreditportfolios häufig mittels Monte Carlo-Simulation, indem zunächst Szenarien verschiedener Ratingzustände zum Prognosehorizont simuliert, anschließend die Marktwerte der generierten Portfolios berechnet und daraus der Verteilungsverlauf und die Verteilungsquantile des Kreditportfolios geschätzt werden.

Ist die Vorgehensweise des DCCF-Ansatzes einfach und überzeugend, besteht eine Hauptschwäche des Modells in der Verwendung der aus historischen Durchschnittswerten geschätzten Übergangsmatrizen: Das Modell basiert damit auf den Grundannahmen, dass alle Unternehmen derselben Ratingklasse dieselbe Ausfallrate besitzen und dass die aktuelle der historischen Ausfallrate entspricht.⁶ Diese Annahmen sind in der Realität kaum haltbar.

Im **Risk Neutral Valuation-Ansatz**, kurz RNV-Ansatz, der z. B. im PortfolioManager™ von KMV umgesetzt wird, wird ein alternativer Ansatz zur Modellierung des Kreditrisikos gewählt, der an Bonitätsveränderungen des individuellen Kreditnehmers ansetzt. Anstatt die Ausfallrate ausschließlich in Abhängigkeit von der Ratingklasse zu bestimmen, liegt dem RNV-Ansatz das Unternehmenswertmodell zugrunde.⁷ Ein Unternehmen erleidet Konkurs, wenn der Vermögenswert unter eine bestimmte Schwelle, nämlich den Wert aller Verbindlichkeiten, sinkt. Die Differenz des aktuellen Vermögenswertes zur Konkurschwelle, die *distance to default*, steht im Mittelpunkt des RNV-Ansatzes. Unterschreitet der Vermögenswert die Konkurschwelle, wird der Schuldner anstelle der vollständigen Tilgung der Verbindlichkeit sein Unternehmen an den Kreditgeber zu dem niedrigeren Vermögenswert verkaufen.

Ein Kredit kann somit aus Banksicht als Kombination zweier Positionen bewertet werden, einer risikolosen Forderung und eines gleichzeitigen Verkaufs einer Verkaufsoption auf den Vermögenswert des Unternehmens, deren Basiswert dem Nominalwert der Forderung entspricht. Liegt der Vermögenswert bei Fälligkeit unter dem Nominalbetrag der Forderung, wird die Bank aus der short put Option in An-

spruch genommen. Der Schuldner verkauft das Unternehmen zum niedrigeren Wert an die Bank und zahlt daraus eine *recovery* des Kredits an die Bank zurück.

Die Ausfallwahrscheinlichkeit des Kredits entspricht der Ausübungswahrscheinlichkeit der Option, die im wesentlichen von der Kapitalstruktur, der *distance to default*, der Volatilität des Unternehmenswertes und dem derzeitigen Marktwert bestimmt wird und sich mittels Optionspreismodellen berechnen lässt. Bei einer Bonitätsverschlechterung steigt der Wert der Verkaufsoption aus Sicht des Schuldners (long put), aus Banksicht bedeutet dies eine Wertminderung der short put-Position und damit eine Verringerung des Gesamtwertes der Kreditposition.

Der Wert des Kredits bestimmt sich aus der Summe der Barwerte der einzelnen derivativen Instrumente. Zusätzlich werden mögliche Zustände des Kredits zu jedem Zeitpunkt t , nämlich „Ausfall vor dem Zeitpunkt t “, „Ausfall zum Zeitpunkt t “ und „kein Ausfall bis zum Zeitpunkt t “, berücksichtigt. Die jeweiligen cash flows werden mit ihren bedingten Wahrscheinlichkeiten gewichtet und mittels entsprechender Terminzinssätze zum Prognosehorizont diskontiert, die neben einem risikolosen Terminzins eine kreditnehmerabhängige Risikoprämie enthalten.

Zeigt dieser Ansatz konzeptionelle Stärken und Vorteile gegenüber dem zuvor dargestellten, entstehen jedoch erhebliche Probleme bei der Implementierung, da die notwendigen Inputdaten insbesondere für nicht börsennotierte Unternehmen nur schwierig zu schätzen und daher zahlreiche vereinfachende Annahmen zu treffen sind.⁸

4 Umsetzungsprobleme der Kreditrisikomodellierung

Probleme bei der Umsetzung von Kreditrisikomodellen resultieren vor allem aus den spezifischen Eigenschaften der Kreditrisiken und aus mangelndem Datenmaterial.⁹ Es fehlen Zeitreihen für die Anwendung statistischer Verfahren entsprechend einer Value at Risk-Berechnung für Marktrisikopositionen. Für die meisten Kreditprodukte lässt sich aufgrund fehlender Sekundärmärkte kein Marktwert ermitteln. Werden zunehmend interne Ratingverfahren umgesetzt und Kredite entsprechend kategorisiert, so fehlen aussagekräftige historische Zeitreihen zur Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Ratingklassen. Datenmaterial externer Ratingagenturen ist überwiegend aus US-amerikanischen Märkten gewonnen und lässt sich nur bedingt auf europäische Verhältnisse übertragen.

Ist bereits die Schätzung von Ausfallhöhen und -wahrscheinlichkeiten und deren gegenseitiger Abhängigkeiten anhand historischer Daten schwierig, kommen bei marktwertorientierten Modellen Probleme der Schätzung von Ratingmigrationen und -korrelationen hinzu. Eine Schätzung über Korrelationen entsprechender Aktienrenditen läßt sich nur mit der Notwendigkeit einer praktischen Umsetzbarkeit rechtfertigen. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Korrelationen von Aktienkursrenditen und Ausfallrisiken konnte bisher nicht empirisch belegt werden. Zur Schätzung der Verteilungsfunktionen werden daher häufig Monte Carlo-Simulationen eingesetzt, die jedoch insbesondere für große Kreditportfolios einen hohen rechnerischen Aufwand verursachen und große Rechnerkapazitäten erfordern. Prognosefehler ergeben sich häufig aufgrund falscher Verteilungsannahmen und fallen durch den in der Kreditrisikomessung üblichen Ansatz hoher Konfidenzintervalle besonders ins Gewicht. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass das Banking Book in der Regel ein Vielfaches des Trading Book umfaßt. Aufgrund der Risikomessfehler kann es so zu Fehlschätzungen der Risikopositionen und daraus resultierend der gesamten Kapitalallokation kommen.

Aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit ist auch ein der Marktrisikomodellierung entsprechendes Backtesting bisher nicht möglich. Erzeugen VaR-Modelle für die tägliche Marktrisikoberechnung ca. 250 Prognosen jährlich, liefern Kreditrisikomodelle aufgrund der unterschiedlichen, überwiegend längerfristigen Haltedauern in der Regel einen Prognosewert pro Jahreszeitraum. Für ein den Marktrisikomodellen vergleichbares Backtesting wären unrealistisch lange Zeiträume anzusetzen, die zudem noch um die Effekte konjunktureller Schwankungen zu bereinigen wären.¹⁰

Wird langfristig aus aufsichtsrechtlicher Sicht eine am tatsächlichen Risikobeitrag orientierte Eigenkapitalunterlegung der Kreditrisiken angestrebt, so stehen einem kurzfristigen Einsatz interner Kreditrisikomodelle zur Eigenkapitalunterlegung vor allem diese bislang ungeklärten Fragen der Modellvalidierung mittels geeigneter Backtestingverfahren entgegen.¹¹

5 Ein Lösungsansatz zum Backtesting

Lopez und Saidenberg stellen einen Ansatz für das Backtesting von Kreditrisikomodellen vor, der die Problematik der mangelnden Verfügbarkeit ausreichend langer Zeitreihen umgeht.¹² Er basiert auf einem „*panel dataset*“-Ansatz, der sich dadurch auszeichnet, dass eine hohe Datenmenge zu einem Zeitpunkt (cross sectional di-

mension), jedoch nur in geringer zeitlicher Dimension verfügbar ist. Anstatt umfangreiche historische Zeitreihen als Input zu benötigen, werden mittels sektorenübergreifender Simulationen die für die Modellbewertung erforderlichen statistischen Daten durch das Verfahren erzeugt. Zunächst werden Verlustverteilungen für die simulierten Portfolios prognostiziert. Mittels derer wird anschließend die Prognosegüte des betrachteten Modells getestet. Die Prognosequalität eines Kreditrisikomodells wird somit nicht anhand einer langen Datenreihe, sondern für einen engen Zeitraum bewertet.

Als Input benötigt das Modell N beobachtete Kreditwerte für eine Anzahl von T Jahren. Für jedes Jahr $t = 1, \dots, T$ werden R Kreditportfolios aus den gegebenen Kreditdaten „gelöst“: Je zu erzeugendem Portfolio werden die beobachteten Kredite mit zufälligen binären Faktoren, die die Werte 0 oder 1 annehmen können, gewichtet. Auf diese Weise werden aus der T -jährigen Zeitreihe $T \cdot R$ Kreditportfolios erzeugt. Für jedes dieser Portfolios kann anhand der ursprünglich gegebenen Datenreihe der Portfoliowert berechnet werden. Mittels des Kreditrisikomodells wird dann die Verlustverteilungsfunktion jedes der $T \cdot R$ Kreditportfolios generiert.

Zur Bewertung des Modells werden bestimmte Eigenschaften der generierten Verteilungsfunktionen, insbesondere Mittelwert und Verhalten der Verlustquantile, untersucht und mit den entsprechenden Eigenschaften der aus den ursprünglichen Daten erhaltenen Verlustverteilungsfunktion verglichen. Aus dem Umfang, in dem die ursprünglichen Werte von denen der simulierten Portfolios abweichen, werden Aussagen über die Prognosequalität des Modells abgeleitet.

Zum Beispiel lässt sich die Prognosegenauigkeit des erwarteten Verlustes prüfen, indem für jeden Zeitpunkt $t = 1, \dots, T$ die beobachteten Verluste der simulierten Portfolios mit dem für die ursprünglichen Daten prognostizierten erwarteten Verlust verglichen werden. Hierzu kann z. B. mittels Regressionsanalysen die Nullhypothese getestet werden, dass der Vorhersageirrtum, d. h. die Differenz zwischen dem für jedes simulierte Portfolio beobachteten und dem durch das Modell für die echten Daten prognostizierten Verlust im Mittelwert Null beträgt.

Häufig werden durch ein Kreditrisikomodell Quantile als kritische Werte für Verlustgrenzen, die mit bestimmter Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden, prognostiziert. Die Quantile der geschätzten Verteilungsfunktionen zu einem Konfidenzniveau α können analog zu VaR-Schätzern aus Marktrisikomodellen über einen Binomialansatz bewertet werden. Unter der Annahme, dass die prognostizierten kriti-

schen Werte richtig sind, d. h. dass diese Werte nur in α % aller Fälle überschritten werden, können diese Ausreisser als unabhängige Ereignisse einer binomialverteilten Zufallsgröße mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von α % modelliert werden. Mittels eines Likelihood Ratio Tests kann überprüft werden, ob der Anteil $\hat{\alpha}$ der beobachteten Ausreisser signifikant verschieden von α ist.

Neben der Bewertung einzelner Modelle können mittels der dargestellten Simulationsmethode analog zu bekannten Vorgehensweisen des Backtesting im Marktrisiko-bereich Vergleiche verschiedener Kreditrisikomodelle durchgeführt werden.¹³ Hierzu lassen sich zunächst die dargestellten Validierungsergebnisse verschiedener Modelle vergleichen. Darüberhinaus können die durch die verschiedenen Modelle erzeugten Verteilungsfunktionen direkt miteinander verglichen werden. Beispielsweise lassen sich die oben dargestellten Fehlergrößen des Vorhersageirrtums auf Gleichheit testen.

Wesentlicher Vorteil des dargestellten Ansatzes ist, dass er die Problematik der Datenverfügbarkeit umgeht und dass die für die Modellbewertung erforderliche Datenbasis aus den vorhandenen Daten generiert wird. Als wesentlichen Kritikpunkt führen die Autoren auf, dass sich keine Aussagen über die Prognosequalität des Modells in längerfristigen Zeiträumen und unter geänderten makroökonomischen Rahmenbedingungen ohne den Input längerer Datenreihen ableiten lassen.¹⁴ Sind umfangreichere Zeitreihen verfügbar, so kann die dargestellte Vorgehensweise jedoch dahingehend erweitert werden, dass ein Modell für eine bestimmte Zeitperiode oder für ein zufällig ausgewähltes Jahr geprüft wird.

Eine weitere Einschränkung des Ansatzes besteht darin, dass die Anzahl der Kredite des Gesamtportfolios auf eine feste Grösse N fixiert ist. Dies wird vor allem Portfolios, die im Sinne einer *trading*-Strategie geführt werden und eine dynamische Entwicklung des *credit exposure* aufweisen, nicht gerecht.

Wertveränderungen eines Kreditportfolios können auf Veränderungen der Kreditqualität, Veränderungen der credit spreads oder Veränderungen in der Zusammensetzung des Kreditportfolios beruhen. Werden die ersten beiden Effekte in den Änderungen der Portfoliobarwerte abgebildet, bleibt letzterer unberücksichtigt, da der Gewichtungsfaktor, mit dem die einzelnen Kredite in das Gesamtportfolio eingehen, als im Zeitablauf konstante Grösse angenommen wird.

Neben diesen von den Autoren diskutierten Aspekten bleibt die Frage offen, ob bzw. wie eine statistische Unabhängigkeit der gelosten Testportfolios gewährleistet werden kann, die eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung der beschriebenen Testverfahren sein dürfte. In dem dargestellten Vorgehen zur Bildung der Testportfolios scheint es nicht ausgeschlossen, dass dasselbe Portfolio mehrmals erzeugt wird.

6 Fazit

Umsetzung und Bewertung von Kreditrisikomodellen werden auch auf längere Sicht im Vergleich zur Marktrisikomodellierung die weitaus schwierigere Aufgabe bleiben. Im vorliegenden Beitrag wurden alternative Ansätze zur Modellierung dargestellt und Probleme der Umsetzung diskutiert. Im Mangel ausreichenden statistischen Datenmaterials wird auch aus aufsichtsrechtlicher Sicht ein Hauptproblem für den kurzfristigen Einsatz der Modelle zur Eigenkapitalunterlegung der Kreditrisiken im Grundsatz I gesehen. Der dargestellte Backtestingansatz umgeht das Problem mangelnder Daten zumindest teilweise. Er erlaubt den Test der Prognosequalität einzelner Modelle ebenso wie einen Vergleich alternativer Modelle. Die aufgezeigten Schwachstellen dieses Ansatzes zeigen den weiteren Entwicklungsbedarf, der für eine Umsetzung auch zu aufsichtsrechtlichen Zwecken erforderlich wäre. Aufgrund der diskutierten Probleme werden Methoden des stress testing und der Sensitivitätsanalysen weiterhin eine wesentliche Rolle beim Einsatz von Kreditrisikomodellen spielen.

7 Literatur

- Basel Committee on Banking Supervision (Credit Risk Modelling, 1999), Credit risk Modelling: Current practices and applications, Bank for International Settlements (Hrsg.), Basel, Juli 1999
- Basel Committee on Banking Supervision (Capital Adequacy Framework, 1999), A new capital adequacy framework, Bank for International Settlements (Hrsg.), Basel, Juni 1999
- Crouhy, M., Mark, R (Comparative Analysis, 1998), A Comparative Analysis of Current Credit Risk Models, Canadian Imperial Bank of Commerce, September 1998
- Jones, D., Mingo, J. (Credit Risk Modelling, 1998), Industry Practices in Credit Risk Modelling and Internal Capital Allocations: Implications for a Models-Based Regulatory Capital Standard, in: Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review, Oktober 1998, S. 53-60
- J. P. Morgan (Credit Metrics, 1997), Credit MetricsTM - Technical Document, J. P. Morgan & Co. Inc. (Hrsg.), New York, April 1997
- Kealhofer, S. (Default Risk, 1998), Portfolio Management of Default Risk, in: Net Exposure, The Electronic Journal of Financial Risk, Volume 1 Number 2, März / April 1998, <http://www.netexposure.co.uk/>
- Lopez, J. A./ Saidenberg, M. R. (Credit Risk Models, 1999), Evaluating Credit Risk Models, Federal Reserve Bank of San Francisco / Federal Reserve Bank of New York, Juni 1999
- Rudolph, B. (Kreditnehmerbeurteilung, 1999), Ansätze zur Kreditnehmerbeurteilung: Theoretische Analyse und Würdigung, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 52. Jahrgang, Heft 3, 1999, S. 112-117

Tietmeyer, H., (Aufsicht, 1999), Die angemessene Aufsicht des Finanzsystems ist eines der großen Zukunftsthemen, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 52. Jahrgang, Heft 3, 1999, S. 108-111

¹ Vgl. z. B. Rudolph, B. (Kreditnehmerbeurteilung, 1999), S. 112.

² Das *credit exposure* wird in der Praxis nicht einheitlich definiert. Einerseits kann darunter der bereits um den Marktwert der Sicherheiten gekürzte Forderungsbetrag verstanden werden; andere Modelle dagegen setzen den gesamten Kreditäquivalenzbetrag als *credit exposure* an und berücksichtigen eine Sicherheitenanrechnung in der *recovery rate*.

³ Der Kreditausfall stellt dabei eine mögliche, nämlich die schlechteste Ratingveränderung dar.

⁴ Vgl. hierzu z. B. J. P. Morgan (Credit Metrics, 1997), S. 9 ff.

⁵ Vgl. hierzu z. B. J. P. Morgan (Credit Metrics, 1997), S. 81 ff.

⁶ Vgl. hierzu und zum folgenden Crouhy, M., Mark, R (Comparative Analysis, 1998), S. 35 ff.

⁷ Vgl. hierzu und zum folgenden Kealhofer, S. (Default Risk, 1998), S. 2.

⁸ Insbesondere ~~wird geht in diesem~~ Ansatz von den Voraussetzungen in der Regel eines vollständigen Marktes und einer Lognormalverteilung der Vermögenswerte ausdes Unternehmens in der Modellierung der Ausfallwahrscheinlichkeiten über Optionspreismodelle angenommen.

⁹ Vgl. hierzu und zum folgenden z. B. Basel Committee on Banking Supervision (Credit Risk Modelling, 1999), S. 39 ff. sowie S. 51 ff., Rudolph, B. (Kreditnehmerbeurteilung, 1999), S. 116

¹⁰ Vgl. hierzu Basel Committee on Banking Supervision (Credit Risk Modelling, 1999), S. 24 und S.50 ff, Lopez, J. A./ Saldenberg, M. R. (Credit Risk Models, 1999), S. 2 und S. 6 ff.

¹¹ Siehe z. B. Tietmeyer, H. (Aufsicht, 1999), S. 110

¹² Lopez, J. A./ Saldenberg, M. R. (Credit Risk Models, 1999), S. 9 ff.

¹³ Dabei ist zu beachten, dass ein direkter Vergleich von Default Mode- und Mark to Market-Modellen aufgrund der völlig unterschiedlichen Konzeptionen wenig aussagefähig bleibt.

¹⁴ Vgl. zur Diskussion der Grenzen des dargestellten Verfahrens Lopez, J. A./ Saldenberg, M. R. (Credit Risk Models, 1999), S.17 ff.