



**Göttinger Wirtschaftsinformatik**

Herausgeber: J. Biethahn · M. Schumann

**Andre Daldrup**

**Konzeption eines integrierten IV-Systems zur  
ratingbasierten Quantifizierung des  
regulatorischen und ökonomischen  
Eigenkapitals im Unternehmenskreditgeschäft  
unter Berücksichtigung von Basel II**

Band 56



**Cuvillier Verlag Göttingen**

Göttinger Wirtschaftsinformatik  
Herausgeber: J. Biethahn · M. Schumann

Band 56

Andre Daldrup

**Konzeption eines integrierten IV-Systems zur  
ratingbasierten Quantifizierung des  
regulatorischen und ökonomischen  
Eigenkapitals im Unternehmenskreditgeschäft  
unter Berücksichtigung von Basel II**

CUVILLIER VERLAG

## Herausgeber

Prof. Dr. J. Biethahn  
Abt. Wirtschaftsinformatik I

Prof. Dr. M. Schumann  
Abt. Wirtschaftsinformatik II

Georg-August-Universität  
Platz der Göttinger Sieben 5  
37073 Göttingen

### **Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2007  
Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2007  
ISBN 978-3-86727-189-9

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2007  
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen  
Telefon: 0551-54724-0  
Telefax: 0551-54724-21

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2007  
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 978-3-86727-189-9

# **Konzeption eines integrierten IV-Systems zur ratingbasierten Quantifizierung des regulatorischen und ökonomischen Eigenkapitals im Unternehmenskreditgeschäft unter Berücksichtigung von Basel II**

**Dissertation**

zur Erlangung des wirtschaftswissenschaftlichen  
Doktorgrades der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der  
Universität Göttingen

vorgelegt von  
Dipl.-Kfm. Andre Daldrup  
aus Berlin

Göttingen, 2007

Erstgutachter: Prof. Dr. M. Schumann

Zweitgutachter: Prof. Dr. W. Benner

Tag der mündlichen Prüfung: 23.02.2007

***Meinen Eltern***



## Geleitwort

von Professor Dr. Matthias Schumann

Seit Beginn des Jahres 2007 sind Kreditinstitute verpflichtet, das unerwartete Risiko aus Kreditgeschäften mit Eigenkapital zu hinterlegen, welches gemäß der Eigenkapitalvereinbarung aus dem Jahre 2004 (Basel II) bestimmt wird. Dieser von der Bankenaufsicht festgelegten Vorgehensweise stehen in den Banken häufig Methoden gegenüber, mit denen eine unter ökonomischen Modellannahmen bestimmte Eigenkapitalhinterlegung für die Kreditvergabe ermittelt wird. Auf Basis solcher ökonomischer Modelle werden zumeist auch die Erfolgsbeiträge aus dem Kreditgeschäft in Form von auf das Eigenkapital bezogenen Risikomaßen bestimmt. Ziel muss es sein, beide Betrachtungsweisen zu unterstützen. In der Praxis findet man hier Strukturen und Lösungsansätze, die entweder Modelle beinhalten, die das ökonomische Eigenkapital bestimmen oder es sind in den vergangenen Jahren auf Basis gewachsener Strukturen Lösungen implementiert worden, die eine Basel II-adäquate Eigenkapitalhinterlegung ermöglichen. Eine saubere Konzeption eines IV-gestützten Lösungsansatzes, der beide Sichtweisen enthält, fehlt jedoch in der Regel.

Der damit notwendigen integrierten Sichtweise widmet sich die Arbeit von Herrn Daldrup. Aufbauend auf der Einzelbetrachtung von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikoquantifizierung werden deren Gemeinsamkeiten und wesentlichen Unterschiede aufgezeigt. Ergänzend thematisiert Herr Daldrup mögliche Auswirkungen von Basel II auf die interne bzw. ökonomische Kreditrisikobehandlung der Banken. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein integriertes Risikomodell konzipiert und abschließend in ein mögliches IV-Konzept überführt.

Die vorliegende Dissertation stellt eine umfassende Abhandlung über Theorien und Konzepte zur Risikotheorie und Risikopolitik des bankbetrieblichen Kreditgeschäfts aus aufsichtsrechtlicher sowie bankindividueller Sicht dar. Sie liefert damit einen wertvollen Beitrag zur aktuellen Diskussion der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung und verdient eine hohe Aufmerksamkeit in Theorie und Praxis.

Göttingen, im März 2007

Matthias Schumann





## Vorwort

Die Idee zur vorliegenden Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich „Informationssysteme bei Finanzdienstleistern“ des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Abteilung 2 der Georg-August-Universität Göttingen. Die Arbeit wurde im Februar 2007 von der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen als Dissertation angenommen. Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit in vielfältiger Weise unterstützt haben.

Besonderer Dank gebührt dabei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Matthias Schumann, für die Möglichkeit zur Promotion, seine Unterstützung und die konstruktiven Hinweise zum Inhalt der Arbeit sowie die mir gewährten kreativen Freiräume bei der Realisierung meines Promotionsvorhabens. Herrn Prof. Dr. Wolfgang Benner möchte ich herzlich für die Mühe danken, die ihm aus der kurzfristigen Übernahme der Rolle des Zweitgutachters erwachsen ist. Die Aufgabe des Drittprüfers im Rigorosum hat Herr Prof. Dr. Kilian Bizer übernommen, dem ich noch einmal recht herzlich für den interessanten Diskurs über die Familienpolitik danke.

Weiterer Dank gilt zunächst einmal allen Kolleginnen und Kollegen am Institut. Sie standen jederzeit für Diskussionen und Fragen zur Verfügung und haben durch ihren großen Teamgeist zu der angenehmen Arbeitsatmosphäre am Institut beigetragen. Insbesondere möchte ich dabei Dr. Kai Ammann, Dr. Thomas Diekmann, Christian Anthes, Lutz Seidenfaden, Dr. Nick Gehrke und Dr. Wolfgang Radenbach hervorheben, die mir im Bereich finanzmathematischer und bankbetrieblicher Fragestellungen immer als kreative, kompetente und kritische Gesprächspartner zur Seite standen und somit einen wertvollen Beitrag zur Ausgestaltung meiner Arbeit geleistet haben. Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Michaela Knust, die mich insbesondere am Ende meiner Promotionszeit durch die Übernahme der Endkorrekturen sehr unterstützt hat. Ihre formalen und vor allen Dingen inhaltlichen Anmerkungen haben die Qualität der Arbeit sehr gesteigert.

Schließlich bedanke ich mich ganz herzlich bei meiner Freundin Nina, die mir immer den Rücken freigehalten hat und durch ihre moralische Unterstützung wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat. Meinen Eltern gebührt ein ganz besonderer Dank für ihre Unterstützung und Zuversicht bei meinem Promotionsvorhaben sowie für ihr großes Interesse an meiner persönlichen und beruflichen Entwicklung. Ihnen sei daher diese Arbeit gewidmet.

Göttingen, im März 2007

Andre Daldrup



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>Symbolverzeichnis .....</b>	<b>XX</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchung .....	1
1.2 Methodik und Aufbau der Arbeit.....	4
<b>2 Grundlagen der Kreditrisikoquantifizierung.....</b>	<b>7</b>
2.1 Einführung in die Kreditrisikoquantifizierung.....	7
2.1.1 Risikodefinition .....	7
2.1.2 Bankbetriebliche Risiken im Überblick.....	8
2.1.3 Kreditrisiko und Standardrisikokosten .....	10
2.1.4 Konzept des Expected Loss und zentrale Kreditrisikoparameter .....	13
2.1.5 Konzept des Unexpected Loss .....	15
2.1.6 Expected und Unexpected Loss auf Portfolioebene.....	16
2.2 Ratings .....	18
2.2.1 Ratingdefinition .....	18
2.2.2 Ratingprozess der Ratingagenturen .....	21
2.2.3 Ziele und Kritikpunkte externer Ratings.....	23
2.2.4 Interne versus externe Ratings.....	26
2.3 Kreditrisikomaße zur Quantifizierung des unerwarteten Verlustes.....	30
2.3.1 Anforderungen an Kreditrisikomaße .....	30
2.3.2 Varianz und Standardabweichung.....	34
2.3.3 Lower Partial Moments .....	36
2.3.4 Value at Risk.....	38
2.3.5 Expected Shortfall.....	42
2.3.6 Diskussion und Vergleich der Risikomaße .....	45

<b>3 Regulatorische und ökonomische Kreditrisikoquantifizierung .....</b>	<b>49</b>
3.1 Bankenaufsicht und bankinterne Kreditrisikobetrachtung.....	49
3.1.1 Gründe und Ziele der Regulierung des Bankensystems .....	49
3.1.2 Regulatorische versus ökonomische Bestimmung des Eigenkapitals .....	51
3.2 Regulatorische Anforderungen (Basel II).....	54
3.2.1 Die drei Säulen von Basel II im Überblick.....	54
3.2.2 Ansätze zur Behandlung des Kreditrisikos von Unternehmen .....	58
3.2.2.1 Standardansatz .....	59
3.2.2.1.1 Funktionsweise .....	59
3.2.2.1.2 Kreditrisikominderungstechniken.....	60
3.2.2.2 Interner Ratingansatz (IRB-Ansatz).....	66
3.2.2.2.1 Funktionsweise .....	66
3.2.2.2.1.1 Risikokomponenten .....	67
3.2.2.2.1.2 Risikogewichtungsfunktion .....	72
3.2.2.2.1.3 Mindestanforderungen.....	78
3.2.2.2.2 Kreditrisikominderungstechniken.....	81
3.2.2.2.3 Behandlung erwarteter Verluste .....	84
3.2.3 Diskussion der neuen Eigenkapitalvereinbarung .....	86
3.3 Ökonomische Anforderungen (Kreditrisikomodelle) .....	90
3.3.1 Klassifizierung .....	91
3.3.1.1 Firmenwertbasierte Modelle.....	91
3.3.1.1.1 Das Grundmodell von Merton.....	92
3.3.1.1.2 Erweiterungsansätze des Grundmodells.....	102
3.3.1.2 Intensitätsbasierte Modelle .....	103
3.3.1.3 Vergleich der Modellkategorien .....	106
3.3.2 Kreditportfoliomodelle .....	107
3.3.2.1 CreditMetrics™ .....	108
3.3.2.2 Credit Portfolio Manager™ .....	114
3.3.2.3 Credit Portfolio View™ .....	119
3.3.2.4 CreditRisk+™ .....	121
3.3.2.5 Vergleich der Modelle .....	127
3.3.3 Auswirkungen von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung der Banken .....	128
3.4 Beurteilung der Konvergenz von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisiko- quantifizierung .....	132

<b>4 Konzeption des integrierten Kreditrisikomodells .....</b>	<b>136</b>
4.1 Überblick der Modellkomponenten .....	136
4.2 Basel II-konforme interne Ratingsysteme .....	137
4.2.1 Anforderungen an interne Ratingsysteme .....	138
4.2.2 Aufbau interner Ratingsysteme .....	146
4.2.3 Entwicklung eines Ratingsystems .....	149
4.2.3.1 Ratingkriterien / Ratinginformationen.....	151
4.2.3.2 Alternative Ratingverfahren .....	162
4.2.3.2.1 Mathematisch-statistische Verfahren .....	162
4.2.3.2.2 Verfahren der künstlichen Intelligenz .....	172
4.2.3.2.3 Kausalanalytische Verfahren .....	175
4.2.3.2.4 Diskussion und Vergleich der Verfahren .....	177
4.2.3.3 Kalibrierung des Ratingsystems und Schätzung von Risikoparametern .....	181
4.2.3.3.1 Bestimmung der optimalen Anzahl von Ratingklassen .....	182
4.2.3.3.2 Kalibrierung bei Score-Werten und statistischen Ausfallmodellen .....	183
4.2.3.3.3 Kalibrierung mittels Mapping von internen auf externe Ratings .....	191
4.2.3.3.4 Schätzung von Migrationswahrscheinlichkeiten .....	196
4.2.3.3.5 Schätzung der Risikoparameter Loss Given Default und Exposure at Default .....	201
4.2.3.4 Validierung des Ratingsystems und der Risikoparameter .....	203
4.3 Ratingbasierte Kreditrisikoquantifizierung.....	212
4.3.1 Statische Ratingklassenzuordnung .....	212
4.3.2 Bonitätsmigrationen über eine Periode.....	215
4.3.3 Bonitätsmigrationen über mehrere Perioden.....	220
4.3.4 Diskussion des Migrationsansatzes.....	223
4.4 Berücksichtigung von Korrelationen (Portfoliomodul).....	224
4.4.1 Grundlegende Betrachtung von Ausfallkorrelationen .....	225
4.4.1.1 Bedeutung von Korrelation bei der Kreditrisikomessung.....	225
4.4.1.2 Formale Darstellung des Ausfallkorrelationskoeffizienten .....	229
4.4.2 Ansätze zur Schätzung von Ausfallkorrelationen .....	230
4.4.2.1 Anforderungen an Ansätze zur Berücksichtigung von Korrelationen .....	231
4.4.2.2 Empirischer Ansatz zur Schätzung von Ausfallkorrelationen .....	232
4.4.2.3 Strukturelle Ansätze .....	234
4.4.2.3.1 Modell mit konstanter Ausfallschranke und exogen vorgegebenem Ausfallzeitpunkt.....	236

4.4.2.3.2 Modell konstanter Ausfallschranke und endlich vielen Ausfall- zeitpunkten .....	239
4.4.2.3.3 Simulationsverfahren zur Bestimmung der korrelierten Ausfall- verteilung .....	240
4.4.2.3.4 Schätzung der benötigten Modellparameter .....	247
4.4.2.3.5 Korrelation von Bonitätsveränderungen am Beispiel CreditMetrics™ ..	251
4.4.2.4 Reduzierte Ansätze .....	254
4.4.2.4.1 Mögliche Verfahren zur Bestimmung von Ausfallkorrelationen im reduzierten Ansatz .....	255
4.4.2.4.2 Bedingte Unabhängigkeit am Beispiel von CreditRisk+™ .....	256
4.4.2.4.3 Korrelation von Bonitätsveränderungen am Beispiel Credit Portfolio View™ .....	261
4.4.2.5 Vergleich und Diskussion der Ansätze .....	266
4.4.3 Validierung von Kreditrisikomodellen .....	271
4.5 Zusammenfassende Betrachtung des Gesamtmodells .....	275
<b>5 Systemkonzeption .....</b>	<b>279</b>
5.1 Anforderungen .....	279
5.1.1 Grundlegende Anforderungen .....	279
5.1.2 Prozessbetrachtung zur Bestimmung der funktionalen Anforderungen .....	280
5.2 Architektur .....	282
5.3 Modulbeschreibungen .....	285
5.3.1 Ratingmodul .....	285
5.3.2 Modul für weitere Risikoparameter .....	292
5.3.3 Sicherheitenmodul .....	294
5.3.4 Basel II-Modul .....	294
5.3.5 Migrationsmodul .....	295
5.3.6 Portfolio- / Korrelationsmodul .....	296
5.3.7 Portfolioverlustmodul .....	297
5.3.8 Reportingmodul .....	298
5.3.9 Data Warehouse .....	298
<b>6 Schlussbetrachtung .....</b>	<b>302</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>308</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.2-1: Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 2.1-1: Bankbetriebliche Risiken im Überblick .....	10
Abbildung 2.1-2: Ausfall- und Bonitätsrisiko als Ausprägungen des Kreditrisikos .....	10
Abbildung 2.1-3: Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung von Kreditverlusten.....	11
Abbildung 2.1-4: Risikoadjustierte versus risikoindifferente Konditionengestaltung .....	13
Abbildung 2.1-5: Volatilität von Kreditverlusten .....	16
Abbildung 2.2-1: Ratingprozess bei öffentlichen Ratingagenturen.....	21
Abbildung 2.3-1: Darstellung $LPM_0$ und $LPM_1$ .....	37
Abbildung 2.3-2: Alternative VaR-Definitionen .....	40
Abbildung 2.3-3: Expected Shortfall.....	43
Abbildung 3.1-1: Zielkonflikt zwischen Bankenaufsicht und Banken.....	53
Abbildung 3.2-1: Rahmenkonzept von Basel II.....	55
Abbildung 3.2-2: Aufgaben der Bankenaufsicht im aufsichtlichen Überprüfungsverfahren .....	57
Abbildung 3.2-3: Forderungsklassen im internen Ratingansatz .....	67
Abbildung 3.2-4: Erwartete Verluste und Wertberichtigungen.....	85
Abbildung 3.3-1: Aktiva und Passiva eines Unternehmens.....	92
Abbildung 3.3-2: Auszahlungsprofil Eigen- und Fremdkapitalgeber.....	94
Abbildung 3.3-3: Eigenkapital- und Fremdkapitalpositionen bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption .....	97
Abbildung 3.3-4: Eigen- und Fremdkapitalposition bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Verkaufsoption .....	98
Abbildung 3.3-5: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmenswertes am Fälligkeitstag.....	100
Abbildung 3.3-6: Auszahlungsprofil der risikobehafteten Anleihe über zwei Perioden .....	104
Abbildung 3.3-7: Zuordnung der kommerziellen Kreditportfoliomodelle.....	108
Abbildung 3.3-8: Grundaufbau von CreditMetrics™ .....	109
Abbildung 3.3-9: Distance-to-Default.....	117
Abbildung 3.3-10: Faktormodell für die Aktivakorrelationen .....	118
Abbildung 3.3-11: Aufbauschema von Credit Portfolio View™ .....	120



Abbildung 3.3-12: Aufbauschema von CreditRisk+™ .....	122
Abbildung 3.3-13: Bildung von Hintergrundsektoren eines idealtypischen Portfolios .....	126
Abbildung 4.1-1: Komponenten des integrierten Kreditrisikomodells .....	136
Abbildung 4.2-1: Kreditverlustverteilung bei TtC- vs. PiT-Ratings.....	144
Abbildung 4.2-2: Hauptkomponenten eines internen Ratingsystems.....	146
Abbildung 4.2-3: Grundstruktur eines internen Bonitätsratingsystems.....	147
Abbildung 4.2-4: Aufbau eines internen Bonitätsratingansatzes .....	148
Abbildung 4.2-5: Grundstruktur eines internen Transaktionsratingsystems.....	149
Abbildung 4.2-6: Vorgehensweise bei der Entwicklung von Ratingsystemen.....	150
Abbildung 4.2-7: Bottom-Up-Ansatz der Ratinganalyse .....	151
Abbildung 4.2-8: Horizontale Verdichtung von Teilratings.....	152
Abbildung 4.2-9: Vertikale Verdichtung von Teilratings.....	153
Abbildung 4.2-10: Ausgewählte Verfahren der Bonitätsklassifizierung .....	162
Abbildung 4.2-11: Überblick der mathematisch-statistischen Verfahren.....	163
Abbildung 4.2-12: Einteilung in Ratingklassen .....	184
Abbildung 4.2-13: Exponentielles Fitting der langfristigen mittleren Ausfallrate (LRDF <sub>k</sub> ).....	188
Abbildung 4.2-14: Mapping interner auf externe Ratings .....	193
Abbildung 4.2-15: Mapping über empirische Ausfallraten .....	195
Abbildung 4.2-16: Teilaspekte der Validierung von internen Ratingsystemen .....	203
Abbildung 4.2-17: Cumulative Accuracy Profile Kurve .....	205
Abbildung 4.2-18: Receiver Operating Characteristic Kurve .....	207
Abbildung 4.3-1: Verlustverteilung eines einzelnen Kredites .....	213
Abbildung 4.3-2: Verlustverteilung des Portfolios .....	214
Abbildung 4.3-3: Verlustverteilung sowie erwarteter und unerwarteter Verlust einer Kredit- position .....	216
Abbildung 4.3-4: Verteilung der Portfolioverluste bei Bonitätsmigrationen über eine Periode.....	220
Abbildung 4.3-5: Bonitätsmigrationen über zwei Perioden.....	221
Abbildung 4.4-1: Insolvenzzahlen ausgewählter Branchen.....	226
Abbildung 4.4-2: Bivariate Normalverteilung der Assetrenditen .....	237
Abbildung 4.4-3: Migrationswahrscheinlichkeiten und z-Werte .....	253

---

Abbildung 5.1-1: Prozessablauf des Gesamtsystems .....	281
Abbildung 5.2-1: Architektur des integrierten Kreditrisikosystems .....	282
Abbildung 5.3-1: Architektur des Ratingmoduls.....	286
Abbildung 5.3-2: Ergebnisse aus den Teilmodulen Bonitätsrating und Schätzung Rating und PD	289
Abbildung 5.3-3: Ergebnisse aus den Teilmodulen Transaktionsrating und Schätzung LGD.....	291
Abbildung 5.3-4: Architektur des Moduls für weitere Risikoparameter .....	293
Abbildung 5.3-5: Architektur des Basel II-Moduls.....	295
Abbildung 5.3-6: Architektur des Portfolio- / Korrelationsmoduls .....	296
Abbildung 5.3-7: Architektur des Portfolioverlustmoduls .....	297
Abbildung 5.3-8: Datenfluss des integrierten Systems .....	299

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.2-1:	Ratingskala von S&P und Moody's .....	20
Tabelle 2.2-2:	Unterschiede zwischen internen und externen Ratings .....	30
Tabelle 2.3-1:	Anforderungsanalyse bei Standardabweichung und Varianz .....	36
Tabelle 2.3-2:	Anforderungsanalyse bei Lower Partial Moments .....	38
Tabelle 2.3-3:	Anforderungsanalyse beim Value at Risk .....	42
Tabelle 2.3-4:	Anforderungsanalyse beim Expected Shortfall .....	44
Tabelle 2.3-5:	Gegenüberstellung der alternativen Risikomaße .....	48
Tabelle 3.2-1:	Zuordnung von Risikogewichten zu Bonitätsbeurteilungen von Unternehmen .....	59
Tabelle 3.2-2:	Mögliche Ausprägungen des effektiven Bonitätsgewichts im Standardansatz .....	61
Tabelle 3.2-3:	Mindest-LGD für den besicherten Teil von vorrangigen Forderungen .....	82
Tabelle 3.3-1:	Vergleich der firmenwert- und intensitätsbasierten Kreditrisikomodel- kategorien .....	107
Tabelle 3.3-2:	Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten (in %) innerhalb eines Jahres .....	110
Tabelle 3.3-3:	Einteilung der Kreditnehmer in Exposure-Bänder .....	123
Tabelle 3.3-4:	Vergleich der (kommerziellen) Kreditportfoliomodelle .....	128
Tabelle 4.2-1:	Definition der Kennzahlen des BBR Baetge-Bilanz-Rating® .....	160
Tabelle 4.2-2:	Häufigkeitstabelle für die Variable Eigenkapitalquote .....	166
Tabelle 4.2-3:	Ermittlung der Klassifikationsregel beim Linhart-Verfahren .....	168
Tabelle 4.2-4:	Vergleich alternativer Ratingverfahren .....	180
Tabelle 4.2-5:	Empirische Ausfallraten von Ratingklassen .....	187
Tabelle 4.2-6:	Geglättete Ausfallraten sowie Klassenober- und -untergrenzen eines Rating- systems .....	190
Tabelle 4.2-7:	Durchschnittliche Ein-Jahres-Migrationsmatrix von S&P .....	197
Tabelle 4.2-8:	Modifizierte Ein-Jahres-Migrationsmatrix .....	199
Tabelle 4.2-9:	Validierungsverfahren für die Risikoparameter PD, MW, LGD und EAD .....	209
Tabelle 4.3-1:	Erwarteter Verlust einzelner Kredite bei statischer Ratingklassenzuordnung .....	212
Tabelle 4.3-2:	Gemeinsame Wahrscheinlichkeiten bei Portfoliobetrachtung .....	214
Tabelle 4.3-3:	Gemeinsame Migrationswahrscheinlichkeiten in % .....	218

---

Tabelle 4.3-4:	Erwartete Verluste des Portfolios in € .....	218
Tabelle 4.3-5:	Erwartete Portfolioverluste und gemeinsame Migrationswahrscheinlichkeiten ...	219
Tabelle 4.3-6:	Zwei-Jahres-Migrationsmatrix .....	222
Tabelle 4.3-7:	Fünf-Jahres-Migrationsmatrix.....	222
Tabelle 4.4-1:	Unkorrelierte Ein-Jahres-Migrationsmatrix .....	252
Tabelle 4.4-2:	Ratingübergänge und kritische Schwellen .....	253
Tabelle 4.4-3:	Risikofaktor und Ratingmigrationen.....	264
Tabelle 4.4-4:	Anforderungsanalyse der Korrelationskonzepte .....	269
Tabelle 4.4-5:	Kumulierte Wahrscheinlichkeiten für VaR-Überschreitungen .....	272

## Abkürzungsverzeichnis

AR	Accuracy Ratio
AUC	Area under Curve
BWA	Betriebswirtschaftliche Auswertungen
CAAP	Capital Adequacy Assessment Program
CAP	Cumulative Accuracy Profile
CaR	Credit at Risk
CEO	Chief Executive Officer
CFO	Chief Financial Officer
CPM	Credit Portfolio Manager™
CPV	Credit Portfolio View™
CR	CreditRisk+™
CRE	Commercial Real Estate (gewerbliche Immobilien)
D&B	Dun & Bradstreet
DBRS	Dominion Bond Rating Service
DV	Datenverarbeitung
DWH	Data Warehouse
ECAI	External Credit Assessment Institution (externe Ratingagentur)
FERI	Financial & Economic Research International
fl.	flüssige
GKM	Geld- und Kapitalmarkt
GuV	Gewinn- und Verlustrechnung
HGB	Handelsgesetzbuch
i. A.	im Allgemeinen
IAS	International Accounting Standards
IFRS	International Financial Reporting Standards
imm.	immaterielle
IRB	Internal Ratings-Based Approach (interner Ratingansatz)
IT	Informationstechnologie
IV	Informationsverarbeitung
KDV	Kendall-Verfahren
kfr.	kurzfristig
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KMV	Kealhofer, McQuown, Vasicek
kNN	k-Nearest-Neighbor-Verfahren
KNN	künstliche neuronale Netze
KWG	Kreditwesengesetz

---

L & L	Lieferung und Leistung
LDA	lineare Diskriminanzanalyse
LGD	Loss Given Default (Verlustquote)
LHV	Linhart-Verfahren
LRA	lineares Wahrscheinlichkeitsmodell (lineare Regression)
MaIR	Mindestanforderungen an die Ausgestaltung der internen Revision der Kreditinstitute
MaK	Mindestanforderungen an das Kreditgeschäft
MaRisk	Mindestanforderungen an das Risikomanagement
mfr.	mittelfristig
Moody's	Moody's Investors Service
MW	Migrationswahrscheinlichkeit
N.R.	not rated anymore
NRSRO	Nationally Recognized Statistical Ratings Organization
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PBV	Punktbewertungsverfahren
PiT	Point-in-Time
QDA	quadratische Diskriminanzanalyse
ROC	Receiver Operating Characteristic
RRE	Residential Real Estate (wohnwirtschaftliche Immobilie)
RWA	Risk Weighted Assets (gewichtete Risikoaktiva)
S&P	Standard & Poor's
SEC	Securities and Exchange Commission
SW	Schwellenwert
TtC	Through-the-Cycle
Tz.	Textziffer
UCITS	Undertakings for Collective Investments in Transferable Securities
US-GAAP	United States Generally Accepted Accounting Principles
VWD	Vereinigte Wirtschaftsdienste

## Symbolverzeichnis

$1-\alpha$	Konfidenzniveau
A	Ausschüttung des Unternehmens an Aktionäre oder Fremdkapitalgeber (Dividenden oder Zinsen)
AI	Aktienindex
AM	Korrelationsmatrix der Unternehmenswertrenditen
AP	Ausfallprämie
AS	Ausfallschranke
b	Restlaufzeitanpassung
B	Wert einer Fremdkapitalposition bzw. Wert eines Zerobonds
BF	besicherter Teil einer Forderung
BL	Basiseinheit des potenziellen Verlustes (bei CreditRisk+™)
BS	Brier-Score
C	aktueller Wert einer Sicherheit
C*	Mindestgrad der Besicherung einer Forderung
C**	erforderliche Höhe der Übersicherung für vollumfängliche Reduzierung der LGD
CCF	Credit Conversion Factor (Kreditumrechnungsfaktor)
C <sup>E</sup>	europäische Call-Option
CF <sub>t</sub>	Cash Flow in Periode t
CM	Cholesky-Dreiecksmatrix
COV	Kovarianz
CS	Credit Spread
C <sub>v</sub>	angepasster Wert einer Sicherheit
CVaR	Credit Value at Risk
DD	Distance-to-Default
DF	Default Frequency (Ausfallrate)
D <sub>n</sub>	Anzahl der Ausfälle in einer Ratingklasse
d <sub>n,α</sub>	kritischer Schwellenwert beim Konfidenzniveau α
DPT	Default Point
D <sub>t</sub>	Anzahl der Kreditausfälle im Jahr t
E	aktueller Wert einer Forderung
E()	Erwartungswert einer Zufallsvariable
E*	Forderungsbetrag nach Risikominderung
EAD	Exposure at Default (erwartete Höhe der Forderung zum Zeitpunkt des Ausfalls)
EDF	Expected Default Frequency
EKA	Eigenkapitalanforderung (zu unterlegendes haftendes Eigenkapital)
EL	Expected Loss (erwarteter Verlust)

$EL_P$	Expected Loss eines Kreditportfolios
EQ	Eigenkapitalquote
ES	Expected Shortfall
$E_V$	angepasster Wert einer Forderung
F	Vektor der Fehlerterme bei Credit Portfolio View™
$F(x)$	Verteilungsfunktion
$f(x)$	Dichtefunktion
$F^{-1}(x)$	Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion
FK	Wert des Fremdkapitals
G	Gini-Koeffizient
GK	Wert des Kreditabsicherungsbetrages bei Garantien und Kreditderivaten
$GK_V$	angepasster Wert des Kreditabsicherungsbetrages bei Garantien und Kreditderivaten
$H_C$	Haircut für Wertschwankungen der Sicherheit
$H_E$	Haircut für Wertschwankungen der Forderung
$H_W$	Haircut zur Berücksichtigung von Währungsinkongruenzen
$H_y$	Anzahl ausgefallener Kredite im Segment y
I	Indikatorvariable
$I_z(x)$	Indikatorfunktion
K	Anzahl der systematischen Faktoren
L	aktueller Wert einer Verbindlichkeit
LGD	Loss Given Default (Verlustquote)
$LGD_{eff}$	effektiver Loss Given Default (effektive Verlustquote)
$LGD_{Stress}$	Loss Given Default unter Berücksichtigung eines wirtschaftlichen Abschwungs
ln	natürlicher Logarithmus
LPM	Lower Partial Moments
LRDF	Long-run Default Frequency (langfristiger Durchschnitt der einjährigen Ausfallrate)
$L_V$	angepasster Wert einer Verbindlichkeit
M	Maturity (effektive Restlaufzeit)
MA	Marktwert der Aktien
MM	Migrationsmatrix
MVaR	marginaler Value at Risk
$N_t$	gesamte Anzahl der betrachteten Schuldner im Jahr t
p	Wahrscheinlichkeit
$\hat{p}_{x,y}$	mittlere gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit
$\hat{p}$	erwartete Ausfallwahrscheinlichkeit
$p_{kum}$	kumulierte Wahrscheinlichkeit
PD	Probability of Default (Ausfallwahrscheinlichkeit)
$PD_{sk}$	segmentspezifische Ausfallwahrscheinlichkeit



$PD_{x,y}$	gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit zweier Schuldner
$P^E$	europäische Put-Option
$q$	(kohärentes) Risikomaß
$Q$	zu leistende diskontierte Zahlung
$R$	(diskontierter) Rückzahlungsbetrag bzw. Nennwert einer Anleihe
$r$	Diskontierungszinssatz
$r^*$	risikoadjustierter Zinssatz
$RA$	Risikoaktiva
$RD$	Rendite
$r_f$	risikofreier Zinssatz
$RF$	Risikofaktor
$RR$	Recovery Rate (Rückzahlungsquote)
$R^S$	Wert einer risikolosen Anleihe bzw. Zerobond
$RW$	Risikogewicht
$RW_{eff}$	effektives Bonitätsgewicht
$RW_{KN}$	Risikogewicht des Kreditnehmers
$RW_{SG}$	Risikogewicht des Sicherungsgebers
$S$	Sizefaktor zur Unternehmensgrößenanpassung bei KMU (Jahresumsatz)
$scf$	Scaling Factor (Skalierungsfaktor)
$SF$	systematischer Faktor
$SP$	Survival Probability (Überlebenswahrscheinlichkeit)
$t_A$	Ausfallzeitpunkt (zur Berechnung des CCF)
$t_K$	Kalkulationszeitpunkt (zur Berechnung des CCF)
$UF$	unbesicherter Teil einer Forderung
$UL$	Unexpected Loss (unerwarteter Verlust)
$UL_p$	Unexpected Loss eines Kreditportfolios
$USF$	unsystematischer Faktor
$V$	Marktwert eines Unternehmens bzw. der Aktiva eines Unternehmens
$VaR$	Value at Risk
$VAR()$	Varianz
$VaR_a$	absoluter Value at Risk
$VaR_r$	relativer Value at Risk
$w$	Gewichtungsfaktor
$W_n$	Wahrscheinlichkeit für den Ausfall von $n$ Kreditnehmern
$X_{j,i,t}$	segmentspezifischer makroökonomischer Faktor
$y_{j,t}$	segmentspezifischer Index
$ZSF$	zusammengesetzter Faktor
$z_t$	Vektor von unkorrelierten, standardnormalverteilten Zufallsvariablen
$ZV$	Zufallsvariable
$\beta_{j,i}$	segmentspezifische Sensitivitäten

$\delta_{j,i,t}$	Fehlerterm in der Entwicklung makroökonomischer Parameter
$\varepsilon$	Verhältnis des erwarteten Verlustes zu einer Basiseinheit des potenziellen Verlustes
$\eta$	Ertragsrate eines Unternehmens
$\theta$	Sektorgewicht
$\lambda$	Ausfallintensität
$\mu$	Erwartungswert
$\mu_{sk}$	Erwartungswert der segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit
$\nu$	Verhältnis der LGD zu einer Basiseinheit des potenziellen Verlustes
$\rho$	Korrelationskoeffizient
$\hat{\rho}$	empirische Ausfallkorrelation
$\rho_A$	Assetkorrelation
$\sigma$	Standardabweichung
$\sigma^2$	Varianz
$\sigma_{LGD}^2$	Volatilität der Verlustquote
$\sigma_{PD}^2$	Volatilität der Ausfallwahrscheinlichkeit
$\sigma_{sk}$	Standardabweichung der segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit
$\sigma_{sys}$	Standardabweichung des systematischen Anteils
$\sigma_V$	Standardabweichung bzw. Volatilität des Unternehmenswertes
$\tau_{j,t}$	Fehlerterm in der Indexentwicklung
$\Phi(\cdot)$	Standardnormalverteilungsfunktion
$\Phi^{-1}(\cdot)$	Inverse der Standardnormalverteilungsfunktion
$\Phi_A(\cdot)$	kumulative Normalverteilungsfunktion
$\Psi$	Kovarianzmatrix
$\omega_i$	Gewicht bzw. Anteil der Forderungshöhe eines Schuldners i am Gesamtportfolio



## 1 Einleitung

Dieser Abschnitt gibt eine kurze Einführung in die Themenstellung der vorliegenden Dissertation. Zunächst werden die allgemeine Problemstellung und die Zielsetzung der Untersuchung erläutert sowie zentrale Forschungsfragen aufgezeigt (Abschnitt 1.1). Im Anschluss daran wird die gewählte Forschungsmethodik kurz diskutiert sowie der Aufbau der Arbeit erläutert (Abschnitt 1.2).

### 1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchung

Die Übernahme und Transformation von Kreditrisiken stellt eine wesentliche und traditionelle Kernaufgabe von Banken dar. Innerhalb einer Volkswirtschaft übernehmen Banken dabei zum einen die Rolle eines Vermittlers zwischen Kapitalgeber und -nehmer und zum anderen treten sie selbst, in Form eines Liquiditätsanbieters, als Kapitalgeber am Markt auf.<sup>1</sup> Obwohl das traditionelle Kreditgeschäft bis zur heutigen Zeit einen hohen Stellenwert im Leistungsangebot der Banken einnimmt, wurde die Betrachtung und Quantifizierung des Kreditrisikos lange Zeit eher nachrangig behandelt.<sup>2</sup> Aufgrund des Fehlens von Sekundärmärkten für Kredite und Ausfallrisiken stellte der Kreditbereich lange Zeit ein rein bankbasiertes Geschäft dar und war vornehmlich durch eine Buy-and-Hold-Strategie der Kreditinstitute gekennzeichnet. Im Vordergrund standen daher vornehmlich die Kreditvergabeentscheidung respektive die Kreditrisikomessung für Einzelkredite, so dass Portfolioeffekte bzw. die Gesamtstruktur des Portfolios nicht berücksichtigt wurden und eine aktive Steuerung der Kreditrisiken nicht erfolgte.<sup>3</sup> Des Weiteren wurden Kredite vornehmlich ungeachtet des individuellen Risikos der Kreditnehmer konditioniert, was eine Quersubventionierung der schlechten durch die guten Kunden zur Folge hatte.

Während bereits in den 80er Jahren der Fokus auf der Entwicklung von bankinternen Modellen zur Messung von Marktrisiken lag, begannen die Banken erst in den 90er Jahren mit der Entwicklung von komplexeren Methoden zur Kreditrisikoquantifizierung sowie zur Kreditrisikosteuerung und -bepreisung.<sup>4</sup> Entsprechend wuchs daher bei den Banken das Bewusstsein, dass die in den Bankbüchern enthaltenen Kredite ein enormes Verlustpotenzial beinhalten, welches regelmäßig das der Marktrisiken übersteigt.<sup>5</sup> Diese Einsicht bzw. dieses Verständnis für die große Bedeutung des Kreditgeschäftes resultiert jedoch nicht ausschließlich aus der Erkenntnis, dass der Großteil des ökonomischen Eigenkapitals der Banken zur Unterlegung der eingegangenen Kreditrisiken eingesetzt wird. Vielmehr können als Gründe für die dynamische Entwicklung sophistizierter Methoden und Modelle im Kreditrisikobereich vor allem der weltweite Anstieg der Insolvenzen, der Trend zur Disintermediation bei großen Schuldern mit hoher Qualität sowie der zunehmende Wettbewerb im Bereich der Kreditmargen identifiziert werden. Weitere Gründe stellen zudem die Abnahme von realen Vermögenswerten, die als

<sup>1</sup> Vgl. Dufey (2000), S. 4.

<sup>2</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 94.

<sup>3</sup> Vgl. Offermann (2001), S. 1, sowie Caouette/Altman/Narayanan (1998), S. IX.

<sup>4</sup> Vgl. Ott (2001), S. 1.

<sup>5</sup> Vgl. Wehrspohn (2002a), S. 4, sowie Hammes/Shapiro (2001), S. 106.

Sicherheiten von Banken hereingenommen werden und der wachsende Einsatz von ebenfalls mit Ausfallrisiken behafteten außerbilanziellen Instrumenten (z. B. Kreditderivate) dar.<sup>6</sup>

Aus den aufgezeigten Gründen steigen daher die ökonomischen Anforderungen an die Banken, ihre Konditionen für die Kredite risikoadäquat zu bestimmen und die Kreditrisiken direkt und aktiv zu steuern, um eine dem eingegangenen Risiko entsprechende Rendite im gesamten Kreditgeschäft zu erwirtschaften. Implizit beinhaltet diese Aussage ergänzend die grundlegende Anforderung der möglichst realitätsnahen Messung der Kreditrisiken. Eine adäquate Quantifizierung und Bewertung des Kreditrisikos stellt prinzipiell eine obligatorische Voraussetzung für dessen Steuerung sowie für den Einsatz von modernen Kreditrisikoinstrumenten dar.<sup>7</sup> Des Weiteren ist eine realitätsnahe Kreditrisikoquantifizierung die wesentliche Grundlage für die Bestimmung des ökonomischen Kapitals, welches Banken zur Absicherung ihrer eingegangenen Risiken unter rein ökonomischen Gesichtspunkten intern vorhalten müssten.

Neben diesen ökonomischen Gründen für eine Weiterentwicklung der Methoden im Bereich des gesamten Kreditrisikomanagements existieren jedoch noch aufsichtsrechtliche Auflagen, die von den Instituten zu erfüllen sind. Allerdings ist auch diese regulatorische Behandlung des Kreditrisikos in letzter Zeit einem starken Wandel unterzogen.

Die zurzeit geltende Eigenkapitalvereinbarung von 1988 (Basel I) erschwert die Realisierung der erläuterten ökonomischen Anforderungen an die Kreditrisikomessung, da Banken im Rahmen dieser bestehenden regulatorischen Anforderungen angehalten sind, jeden Kredit innerhalb einer Kundengruppe mit einem identischen Anteil an Eigenkapital zu unterlegen, so dass die Berechnung des aufsichtlich vorzuhaltenden Risikokapitals unabhängig von dem individuellen Kreditrisiko der Schuldner vorgenommen wird. Diese risikoundifferenzierende Sichtweise der Bankenaufsicht führt i. d. R. dazu, dass durch das regulatorische Eigenkapital das tatsächliche ökonomische Risiko überschätzt wird und sich somit die Werte des regulatorischen und des intern ermittelten ökonomischen Eigenkapitals nicht entsprechen. Diese Divergenz zwischen ökonomischer und regulatorischer Behandlung des Kreditrisikos hat dazu geführt, dass der Baseler 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.<sup>8</sup> Die zunächst im Jahr 1999 erstmals veröffentlichte neue Eigenkapitalvereinbarung ist in den folgenden Jahren wiederholt überarbeitet worden, so dass die zurzeit aktuelle Version den Stand Juni 2004 aufweist und den Titel „International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards – A Revised Framework“ trägt.<sup>9</sup> Diese Regelungen von Basel II sollten von den Banken in 2006 bereits zu Testzwecken, parallel zu den bestehenden Regeln von Basel I, angewendet werden und gelten ab 2007 verbindlich für alle Banken.

<sup>6</sup> Vgl. Altman/Saunders (1997), S. 1722.

<sup>7</sup> Vgl. Henn (2001), S. 1.

<sup>8</sup> Vgl. Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001), S. 1.

<sup>9</sup> Siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004).

Im Rahmen dieser neuen Vereinbarung wird den Banken zugestanden, ihr zu unterlegendes Eigenkapital anhand externer (Standardansatz) oder interner Ratings (auf internen Ratings basierende Ansätze) zu bestimmen, so dass das individuelle Risiko der Kreditnehmer berücksichtigt wird. Allerdings wird bei dieser aufsichtsrechtlichen Eigenkapitalbestimmung die Bonität für jeden einzelnen Kredit bzw. Kreditnehmer und daran anknüpfend das zu unterlegende regulatorische Risikokapital bestimmt, wobei Korrelationen zwischen Kreditnehmern sowie die Portfoliostruktur insgesamt nur eine geringe Beachtung finden. Diese fehlende bzw. geringfügige Berücksichtigung von Portfolioeffekten kann jedoch wiederum dazu führen, dass das regulatorische Eigenkapital das tatsächliche ökonomische Risiko nicht korrekt widerspiegelt und sich somit das aufsichtsrechtliche und das ökonomische Risikokapital (analog zu Basel I) nicht entsprechen. Der in der neuen Vereinbarung verankerte Sicherheitsgedanke der Bankenaufsicht führt dabei i. d. R. ergänzend zu einem höheren regulatorischen Wert, der das ökonomische Risiko zumeist überschätzt, und somit eine nicht optimale interne Eigenkapitalallokation bedingt. Obwohl Basel II durch die Risikodifferenzierung eine klare Verbesserung gegenüber Basel I darstellt und zudem ein Konvergenztrend bei der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikobehandlung zu erkennen ist, lässt sich jedoch noch ein offensichtliches Spannungsfeld zwischen der regulatorischen und der ökonomischen Kreditrisikomessung identifizieren.

Dieses Spannungsfeld wird vor allem dadurch deutlich, dass Banken in den vergangenen zehn Jahren stark in die Entwicklung von Kreditrisikomodellen zur Kreditrisikoquantifizierung auf Portfolioebene investiert haben, mit deren Hilfe sie das ökonomische Risiko bzw. das ökonomische Eigenkapital unter Berücksichtigung von Korrelationen zwischen den Kreditnehmern bestimmen können. Als Beispiele dieser kommerziellen Kreditrisikomodelle können CreditMetrics™ von J. P. Morgan, CreditRisk+™ von Credit Suisse Financial Products, Credit Portfolio Manager™ von KMV<sup>10</sup> und Credit Portfolio View™ von McKinsey genannt werden. Der Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht erlaubt jedoch zurzeit die Verwendung dieser kommerziellen bzw. intern entwickelten Modelle für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals nicht, da aus den Modellen teilweise unterschiedliche Ergebnisse resultieren, so dass der Ausschuss Vorbehalte in Bezug auf die Zuverlässigkeit, Vergleichbarkeit, Validierung und Wettbewerbsgerechtigkeit äußert.<sup>11</sup> Die Gründe für die aufgeführten Vorbehalte liegen vor allem in der unterschiedlichen Konzeption der Modelle, in der Verwendung verschiedener empirischer Inputparameter und in der unterschiedlichen Kreditrisikodefinition.<sup>12</sup>

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird zunächst in einem ersten Schritt das aufgezeigte Spannungsfeld zwischen den regulatorischen und den ökonomischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung analysiert. Auf dieser Analyse aufbauend wird eine Lösungsmöglichkeit in Form eines Kreditrisikomodells erarbeitet, welches die Ermittlung des regulatorischen Eigenkapitals an die Anforderung der ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung möglichst gut annähert. Es wird daher ein Konzept für ein Kreditrisikomodell angestrebt, welches neben der Ermittlung des aufsichtsrechtlichen Risikokapitals

<sup>10</sup> Die Abkürzung von KMV steht für die Anfangsbuchstaben der Unternehmensgründer Kealhofer, McQuown und Vasicek.

<sup>11</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 18, sowie Grundke (2000), S. 101.

<sup>12</sup> Vgl. Wahrenburg/Niethen (2000a), S. 1, sowie Rehm (2002), S. 161.

zusätzlich die Kreditrisikoquantifizierung auf Portfolioebene ermöglicht, wobei im Optimalfall identische Risikoparameter verwendet werden.

Die aufgezeigten ökonomischen Anforderungen sowie vor allem die neuen und geänderten Vorschriften der Bankenaufsicht wirken jedoch nicht nur auf die Informationspflicht und die Risikomessung der Banken, sondern haben zudem einen relevanten Einfluss auf die Prozesse im Risikomanagement und im Controlling sowie auf die unterstützenden IT-Systeme. Prozesse und Systeme müssen aus diesem Grund ggf. modifiziert oder neu definiert bzw. entwickelt werden, was den betroffenen Kreditinstituten i. d. R. hohe Investitionsausgaben abverlangt. Daher besteht das abschließende Ziel der Arbeit in der konzeptionellen Umsetzung des entwickelten Kreditrisikomodells in ein IV-System. Aufgrund der aufgezeigten Problemstellung und der skizzierten Zielsetzung lassen sich die folgende Leit- und die anschließenden konkreten Forschungsfragen formulieren, die im Verlauf der Arbeit beantwortet werden sollen.

#### **Leitfrage:**

Wie und in welchem Ausmaß lassen sich die zum Teil unterschiedlichen Anforderungen der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung in einem (integrierten) Kreditrisikomodell vereinbaren und anschließend in einem IV-System abbilden?

#### **Konkrete Forschungsfragen:**

- (1) Welche Methoden und Modelle existieren im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung und wie unterscheiden sie sich in den beiden Bereichen?
- (2) Existieren Risikoparameter und entsprechende Schätzmethode, die als Inputparameter sowohl für die Berechnung des regulatorischen als auch des ökonomischen Risikokapitals verwendet werden können?
- (3) Wie muss ein Kreditrisikomodell ausgestaltet sein, das sowohl den regulatorischen als auch den ökonomischen Anforderungen weitestgehend entspricht?
- (4) Wie sieht ein mögliches Konzept für die IV-technische Unterstützung der (integrierten) Kreditrisikoquantifizierung aus?

## **1.2 Methodik und Aufbau der Arbeit**

Im Rahmen dieser Arbeit wird die hypothetisch-deduktive Forschungsmethodik angewendet, um die Ergebnisse herzuleiten bzw. zu entwickeln. Die Zielsetzung dieser Forschungsmethodik besteht darin, Hypothesen als mögliche Antworten auf eine zu untersuchende Problemstellung aufzustellen, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen. Bei dieser Vorgehensweise bilden in der Wissenschaft bereits etablierte und als wahr angenommene Theorien den Ausgangspunkt für die Erkenntnis-

gewinnung.<sup>13</sup> Bezogen auf die der Arbeit inhärente Problemstellung bedeutet dies, dass die in Basel II verwendeten Methoden und Anforderungen an die Schätzung der Inputparameter sowie die existierenden Kreditportfoliomodelle analysiert und ausgewertet werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird anschließend das Kreditrisikomodell konzipiert, welches abschließend konzeptionell in ein IV-System überführt wird.

Die Arbeit gliedert sich insgesamt in sechs Kapitel. In Kapitel **zwei** werden die für die Arbeit relevanten Grundlagen beschrieben. In einem ersten Schritt werden der Begriff des Kreditrisikos definiert sowie die der Kreditrisikomessung zugrunde liegenden Konzepte des erwarteten (EL) und unerwarteten Verlustes (UL) aufgezeigt. Im zweiten Schritt werden Ratings sowie ihre Bedeutung im Kreditrisikobereich analysiert, woran anschließend alternative Kreditrisikomaße zur Quantifizierung des unerwarteten Verlustes diskutiert werden.

In Kapitel **drei** werden die Anforderungen und Vorgehensweisen bei der regulatorischen und der ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung untersucht und erläutert. Zunächst werden Gründe für eine Regulierung der Banken durch die Bankenaufsicht aufgezeigt. Anschließend wird die neue Baseler Eigenkapitalvereinbarung vom Stand Juni 2004 erläutert und ihre Auswirkung auf die Bestimmung des zu unterliegenden Risikokapitals analysiert. Im weiteren Verlauf wird den aufgezeigten regulatorischen Anforderungen die bankinterne, auf ökonomischen Gesichtspunkten basierende Kreditrisikoquantifizierung gegenübergestellt. Zu Beginn werden hierfür grundlegende Kategorien von Kreditrisikomodellen sowie kommerzielle Portfoliomodelle erläutert und diskutiert. Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine Diskussion der Auswirkungen von Basel II auf die Quantifizierung des bankinternen Portfoliorisikos sowie eine abschließende Beurteilung, wie und in welchem Maße die unterschiedlichen regulatorischen und ökonomischen Anforderungen zu vereinbaren sind. Im Rahmen dieses dritten Kapitels werden die Forschungsfragen (1) und (2) vollständig sowie die Forschungsfrage (3) teilweise beantwortet.

Das Kapitel **vier** befasst sich mit der detaillierten Beantwortung der dritten Forschungsfrage, indem ein Kreditrisikomodell entsprechend der oben aufgezeigten Problemstellung konzipiert wird. Nachdem zunächst ein Überblick über die Modellkomponenten gegeben wird, werden anschließend interne Ratingssysteme analysiert und Anforderungen für die Ausgestaltung von Basel II-konformen Ratingsystemen erarbeitet. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden Schätz- und Validierungsverfahren für die relevanten Risikoparameter aufgezeigt sowie darauf aufbauend ein ratingbasierter Ansatz zur Kreditrisikoquantifizierung unter Berücksichtigung von möglichen Bonitätsveränderungen erläutert. Im nächsten Schritt wird der ratingbasierte Ansatz um die Betrachtung von Korrelationen zwischen Kreditnehmern erweitert, so dass Portfolioeffekte durch das zu konzipierende Modell Berücksichtigung finden. Den Abschluss des Kapitels stellt eine kritische Würdigung des Gesamtmodells dar.

Kapitel **fünf** befasst sich mit der Beantwortung der vierten Forschungsfrage, indem das in Kapitel vier erarbeitete Kreditrisikomodell konzeptionell in ein IV-System überführt wird. Nachdem zunächst die grundlegenden Anforderungen an das System erarbeitet werden, erfolgt im Anschluss die Systemkonzeption sowie eine detaillierte Erläuterung der einzelnen Systemmodule.

---

<sup>13</sup> Vgl. Bea/Friedl/Schweitzer (2004), S. 73, sowie Friedrichs (1990), S. 51.



Das abschließende **sechste** Kapitel fasst schließlich die erarbeiteten Erkenntnisse der vorherigen fünf Kapitel zusammen und gibt einen Ausblick über den weiteren Forschungsbedarf in diesem Bereich. Die folgende Abbildung fasst den Aufbau der Arbeit (ohne Einleitung) zusammen.

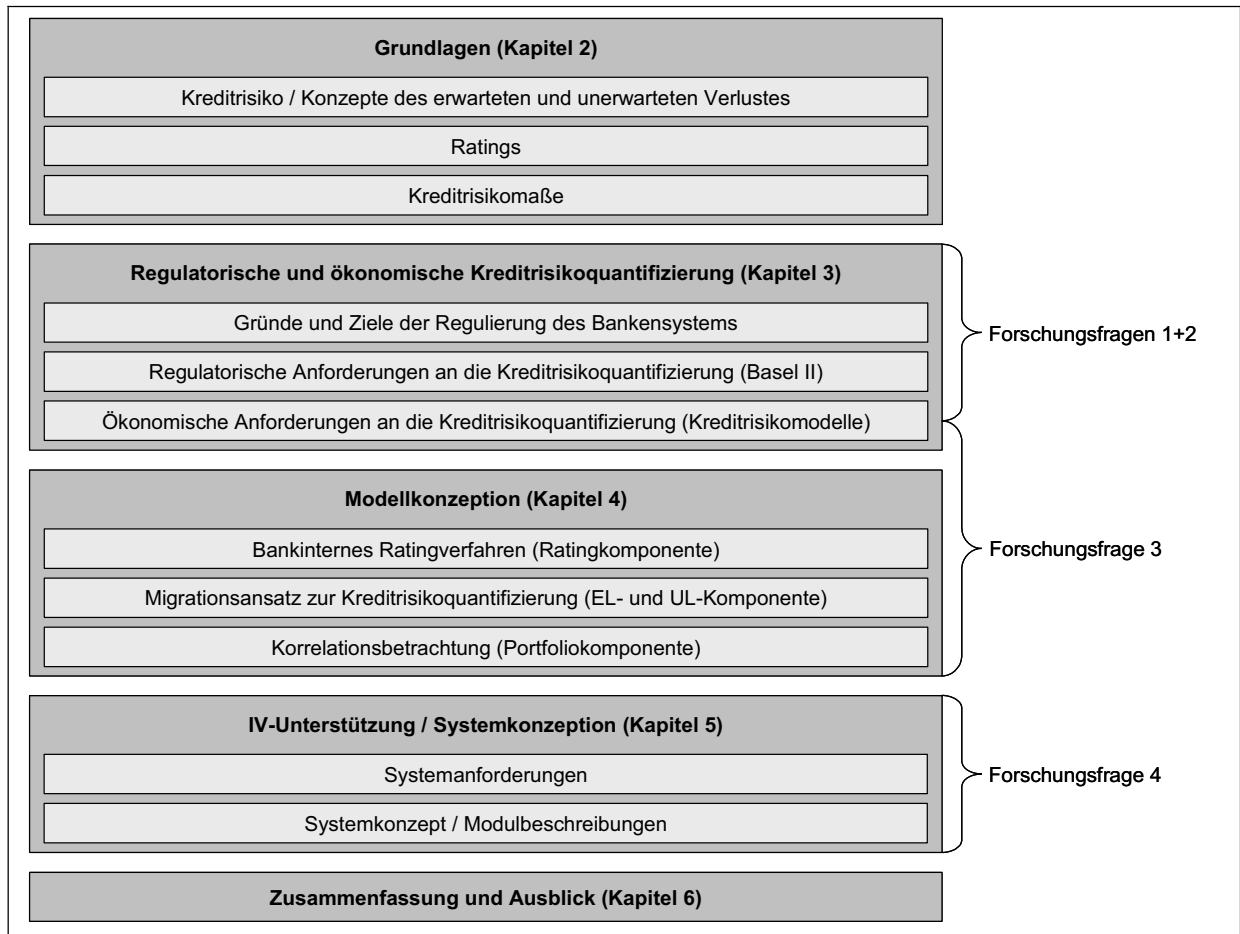


Abbildung 1.2-1: Aufbau der Arbeit

## 2 Grundlagen der Kreditrisikoquantifizierung

Ziel dieses Kapitels ist es, die Grundlagen für die nachfolgenden Ausführungen der Kapitel drei bis fünf zu erarbeiten. In Abschnitt 2.1 wird hierzu zunächst eine grundlegende Einführung in die Kreditrisikomessung vorgenommen, bevor im Anschluss daran Ratings und deren Bedeutung im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung betrachtet werden (Abschnitt 2.2). Den Abschluss dieses Grundlagenkapitels bildet der Abschnitt 2.3, in dem alternative Kreditrisikomaße diskutiert werden.

### 2.1 Einführung in die Kreditrisikoquantifizierung

Im Rahmen der folgenden Ausführungen wird zunächst der Begriff des Risikos analysiert (Abschnitt 2.1.1), woran anschließend die grundsätzlichen Risiken aufgezeigt werden, denen Kreditinstitute ausgesetzt sind (Abschnitt 2.1.2). Darauf aufbauend wird das Kreditrisiko genauer betrachtet, von den sonstigen bankbetrieblichen Risiken abgegrenzt und eine dieser Arbeit zugrunde liegende Definition des Begriffes „Kreditrisiko“ erarbeitet. Die Ausführungen werden dabei ergänzend um die Betrachtung von Standardrisikokosten erweitert (Abschnitt 2.1.3). Im Anschluss daran werden die für die Kreditrisikoquantifizierung relevanten Risikoparameter im Rahmen des Konzeptes des erwarteten Verlustes eingeführt (Abschnitt 2.1.4) sowie das Konzept des unerwarteten Verlustes erläutert (Abschnitt 2.1.5). Im abschließenden Abschnitt dieses Unterkapitels wird das Konzept des erwarteten und unerwarteten Verlustes auf eine grundlegende Portfoliobetrachtung erweitert (Abschnitt 2.1.6).

#### 2.1.1 Risikodefinition

Der Begriff des „Risikos“ hat in den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen und Bereichen eine starke Verbreitung erfahren und stellt somit keine spezielle finanzwirtschaftliche Begrifflichkeit dar. Aufgrund der Verwendung in den verschiedenen Bereichen hat sich bislang sowohl in der Praxis als auch in der wissenschaftlichen Literatur noch keine gänzlich einheitliche Begriffsinterpretation herausgebildet.<sup>14</sup> Grundsätzlich können die meisten Ansätze jedoch auf eine ursachenbezogene oder auf eine wirkungsbezogene Auffassung von „Risiko“ zurückgeführt werden.

In der **ursachenbezogenen** Auffassung wird Risiko als Unsicherheit über den Eintritt zukünftiger Ereignisse aufgefasst, wobei ein unvollständiger Informationsstand als Voraussetzung angenommen wird. In dieser Betrachtung können den somit unsicheren Ereignissen subjektive oder objektive (Eintritts-) Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden.<sup>15</sup> Bei genauerer Betrachtung kann Unsicherheit unterteilt werden in das Risiko (im eigentlichen Sinne) und in die Ungewissheit (im engeren Sinne).<sup>16</sup> Gemäß dem im Grundsatz von KNIGHT<sup>17</sup> geprägten ursachenbezogenen Risikoansatz, wird Risiko definiert als

<sup>14</sup> Vgl. Völker (2001), S. 33. Für einen grundlegenden Überblick über verschiedene Risikoansätze bei Banken siehe Döhring (1996), S. 18-32.

<sup>15</sup> Vgl. Schulte/Horsch (2002), S. 14.

<sup>16</sup> Vgl. Grof (2002), S. 19.

<sup>17</sup> Vgl. Knight (1971), S. 19 f.

messbare Unsicherheit, wobei Messbarkeit an dieser Stelle als die Möglichkeit der Zuordnung von objektiven, statistischen Wahrscheinlichkeiten zu den unsicheren Ereignissen zu verstehen ist. Können den Ereignissen jedoch nur subjektive und keine objektiven Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden, so wird von Ungewissheit im engeren Sinne gesprochen. Der ursachenbezogene Risikobegriff bezieht sich somit auf die Schwankung von Ereignissen um einen Erwartungswert, so dass das Risiko prinzipiell vom Informationsstand des Entscheidungsträgers über den Eintritt der möglichen Ereignisse und deren Ergebniswirkungen abhängig ist.<sup>18</sup>

Die **wirkungsbezogene** Auffassung stellt dagegen die Risikowirkung in den Mittelpunkt der Betrachtung, so dass Risiko als die Gefahr einer negativen Zielverfehlung interpretiert werden kann.<sup>19</sup> Diese Interpretation impliziert jedoch die Betrachtung von Sollvorgaben, um überhaupt einen Bezugspunkt für die mögliche negative Abweichung aufgrund eines Ereignisses bzw. aufgrund dessen Ergebniswirkung zu erhalten.<sup>20</sup>

Die beiden aufgezeigten Risikoauffassungen können nicht als unabhängig voneinander angesehen werden, da die wirkungsbezogene Risikoauffassung die ursachenbezogene voraussetzt.<sup>21</sup> Rekurrierend auf die in dieser Arbeit betrachtete finanzwirtschaftliche Problemstellung, wird Risiko gemäß der obigen Betrachtung allgemein als *die aus der Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen resultierende Gefahr der negativen Abweichung eines tatsächlich erzielten Wertes einer (finanzwirtschaftlichen) Zielgröße von seinem Erwartungswert* definiert.<sup>22</sup> Die Fokussierung des Risikos auf ausschließlich negative Abweichungen von einem Referenzwert wird häufig auch als Downside- oder Shortfall-Risiko bezeichnet.<sup>23</sup>

### 2.1.2 Bankbetriebliche Risiken im Überblick

Sowohl national als auch international tätige Banken sind im Rahmen ihrer Geschäftstätigkeit einer Reihe verschiedener Risiken ausgesetzt. Besonders hervorzuheben sind die Risiken aus dem externen Leistungs- bzw. Finanzbereich, der den eigentlichen Geschäftsbereich einer Bank ausmacht, weshalb an dieser Stelle auch von den banküblichen Risiken bzw. von den Geschäftsrisiken einer Bank gesprochen wird. Diese können grundsätzlich in Kontrahenten- und in Preisrisiken differenziert werden, wobei sich die Kontrahentenrisiken in die beiden Bereiche Kredit- und Länderrisiko unterteilen. Da sich diese Arbeit speziell mit dem Kreditrisiko beschäftigt, finden sich detailliertere Erläuterungen hierzu im folgenden Abschnitt.

Das Länderrisiko kann in das wirtschaftliche und in das politische Länderrisiko unterteilt werden. Es zeigt einfach ausgedrückt die Kreditwürdigkeit eines Landes auf und ist als Risikoart ausschließlich für international tätige Banken von Interesse. Selbst wenn ein Schuldner in der Lage ist, seinen Zahlungs-

<sup>18</sup> Vgl. Döhring (1996), S. 18.

<sup>19</sup> Eine positive Zielverfehlung wird demgegenüber als Chance bezeichnet.

<sup>20</sup> Vgl. Schulte (1994), S. 27.

<sup>21</sup> Vgl. Schulte/Horsch (2002), S. 14 f.

<sup>22</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 21, sowie Kürsten/Straßberger (2004), S. 203.

<sup>23</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 335.

verpflichtungen nachzukommen, kann die Situation eintreten, dass es dem Land des Schuldners wirtschaftlich schlecht geht, so dass aufgrund von Devisenmangel oder Kapitalkontrollen alle Transferzahlungen in andere Länder eingeschränkt werden oder überhaupt nicht mehr möglich sind (wirtschaftliches Länderrisiko). Neben diesen wirtschaftlichen Gründen können jedoch auch sozio-politische Ursachen dazu führen, dass ein Kreditnehmer seinen Zahlungsverpflichtungen nicht mehr nachkommen kann (politisches Länderrisiko). Entscheidend ist jedoch, dass ein Kreditnehmer keinen Einfluss auf das Länderrisiko hat, da die Risikofaktoren durch das Land bzw. durch die entsprechende Regierung beeinflusst werden.<sup>24</sup> Das Länderrisiko bezeichnet damit die Gefahr, dass ein Kreditnehmer aufgrund wirtschaftlicher und/oder politischer Ursachen in seinem Land zahlungsunfähig wird.

Die zweite Risikoart im Bereich der Geschäftsrisiken sind die Preisrisiken, die sich in Zinsänderungs-, Währungs- und Aktienkursrisiken unterteilen lassen. Wird die Risikodefinition aus Abschnitt 2.1.1 berücksichtigt, so bezeichnet das Zinsänderungsrisiko die Gefahr einer negativen Abweichung von einer angestrebten Erfolgsgröße, wobei die Verfehlung aus Marktinzinsänderungen resultiert. Analog wird unter dem Währungsrisiko die Gefahr verstanden, dass das Ergebnis eines Fremdwährungsgeschäftes aufgrund von Wechselkursänderungen negativ von einem vorgegebenen Planwert abweicht. Die letzte Art der Preisrisiken, das Aktienkursrisiko, zeigt die Gefahr von Wertverlusten bei Aktienportfolios auf, die aus Marktbewegungen resultieren.

Neben den Geschäftsrisiken sind Banken ergänzend so genannten Betriebsrisiken (operationelle Risiken) ausgesetzt, die im internen Leistungsbereich entstehen und grundsätzlich aufbau- und ablauforganisatorische, personalbedingte, umweltbedingte oder technische Gründe aufweisen. Diese Risiken resultieren nicht aus der klassischen Geschäftstätigkeit der Banken, sondern beispielsweise aus unabsichtlichem, fahrlässigem oder sogar kriminellem Verhalten von Mitarbeitern oder aber auch aus Naturkatastrophen.<sup>25</sup>

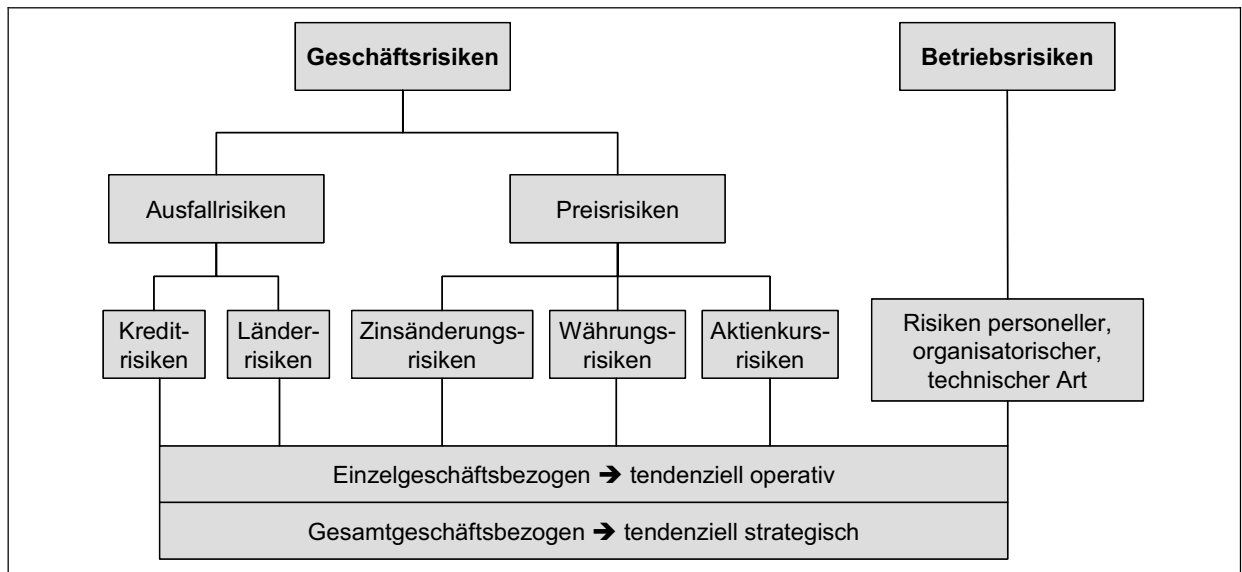
Des Weiteren können bankbetriebliche Risiken in einzelgeschäfts- und gesamtgeschäftsbezogene Risiken unterteilt werden. Erstere resultieren direkt aus den einzelnen Geschäften und weisen daher einen eher operativen Charakter auf. Gesamtgeschäftsbezogene Risiken werden auch als Strukturrisiken bezeichnet und resultieren aus der Struktur aller Aktiv- und Passivgeschäfte. Sie weisen daher prinzipiell einen eher strategischen Charakter auf.<sup>26</sup> Die folgende Abbildung fasst die aufgezeigten bankbetrieblichen Risiken und ihre Differenzierung abschließend zusammen.

---

<sup>24</sup> Vgl. Grof (2002), S. 23 f.

<sup>25</sup> Vgl. Döhring (1996), S. 56 f.

<sup>26</sup> Vgl. Grof (2002), S. 21.

Abbildung 2.1-1: Bankbetriebliche Risiken im Überblick<sup>27</sup>

### 2.1.3 Kreditrisiko und Standardrisikokosten

Um die in Abschnitt 2.1.1 aufgezeigte, allgemeine Risikodefinition auf die Kreditrisikodefinition zu übertragen, wird zunächst die Bedeutung des Kreditrisikos erläutert. Der Begriff des Kreditrisikos umfasst sowohl das Ausfallrisiko als auch das Bonitätsrisiko. Das Ausfallrisiko drückt hierbei die Gefahr aus, dass ein Kreditnehmer seinen Zahlungsverpflichtungen aus dem Kreditvertrag nicht oder nur unvollständig nachkommt.<sup>28</sup> Im Rahmen dieser Erläuterung bezeichnet das Ausfallrisiko also die Gefahr der Insolvenz eines Kreditnehmers. Das Bonitätsrisiko bezeichnet demgegenüber die Gefahr einer Verschlechterung der Kreditwürdigkeit bzw. Bonität des Schuldners während der Kreditlaufzeit. Somit ist der Begriff des Bonitätsrisikos umfassender als der des Ausfallrisikos, da der Kreditausfall respektive der Default als Extremfall der Bonitätsverschlechterung angesehen und somit dem Bonitätsrisiko zugeordnet werden kann.<sup>29</sup> Ausfall- und Bonitätsrisiko werden daher im Weiteren unter dem Oberbegriff Kreditrisiko subsumiert.

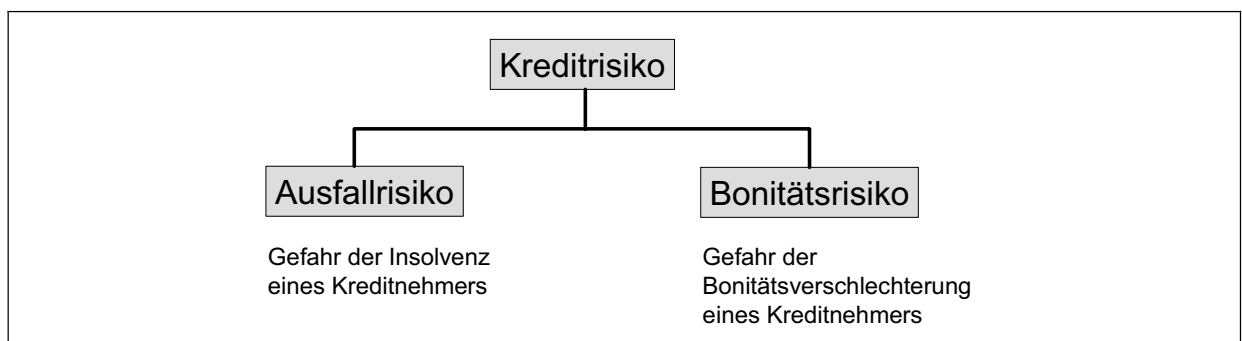


Abbildung 2.1-2: Ausfall- und Bonitätsrisiko als Ausprägungen des Kreditrisikos

<sup>27</sup> Quelle: Grof (2002), S. 23.

<sup>28</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 387.

<sup>29</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 314.

Wird die allgemeine Risikodefinition abschließend auf das Kreditrisiko transformiert, so bezeichnet es *die aus einem unvollständigen Informationsstand resultierende Gefahr der (negativen) Abweichung des tatsächlichen vom erwarteten Zahlungsstrom, der aus einer Forderung entsteht.*<sup>30</sup>

Intuitiv könnte angenommen werden, dass der erwartete Zahlungsstrom einer Forderung aus dem Nominalvolumen eines Kredites zuzüglich der geforderten Zinszahlungen besteht und somit implizit von einer vollständigen Erfüllung des Kreditvertrages ausgegangen wird. Diese Annahme ist jedoch nicht realitätsnah, da Banken aus Erfahrung wissen, dass bei der Vergabe von vielen Krediten ein bestimmter Prozentsatz ausfallen wird und somit der erwartete Zahlungsstrom aller vergebenen Kredite i. d. R. nicht der Summe der vertraglich vereinbarten Zahlungsströme entspricht. Diese aus Erfahrungswerten antizipierbaren Verluste aus Kreditausfällen können anhand statistischer Wahrscheinlichkeiten prognostiziert werden. Folglich können die mit Hilfe dieser Wahrscheinlichkeiten bestimmten Kreditverluste als Erwartungswert der Zufallsvariable „Verlust“ angesehen werden.<sup>31</sup> Dieser so genannte „erwartete Verlust“ respektive „Expected Loss“ (EL) wird bzw. sollte bereits im Vorfeld der Kreditvergabe in die Risikokosten- bzw. Konditionenkalkulation des Kreditgeschäftes in Form von Ausfallprämien mit einbezogen und daher nicht zum eigentlichen Kreditrisiko gezählt werden. Der in dieser Arbeit verwendete Kreditrisikobegriff bezieht sich gemäß der obigen Definition auf die Verlustüberraschung, d. h. auf den möglichen Verlustbetrag, der über den erwarteten Verlust hinausgeht und als „unerwarteter Verlust“ respektive „Unexpected Loss“ (UL) bezeichnet wird.<sup>32</sup>

Wie in Abbildung 2.1-3 zu sehen ist, kann der erwartete Verlust bei dieser Betrachtung als Erwartungswert  $E(x)$  der Kreditverlustverteilung interpretiert werden. Der unerwartete Verlust stellt demgegenüber die (negative) Abweichung vom Erwartungswert dar.

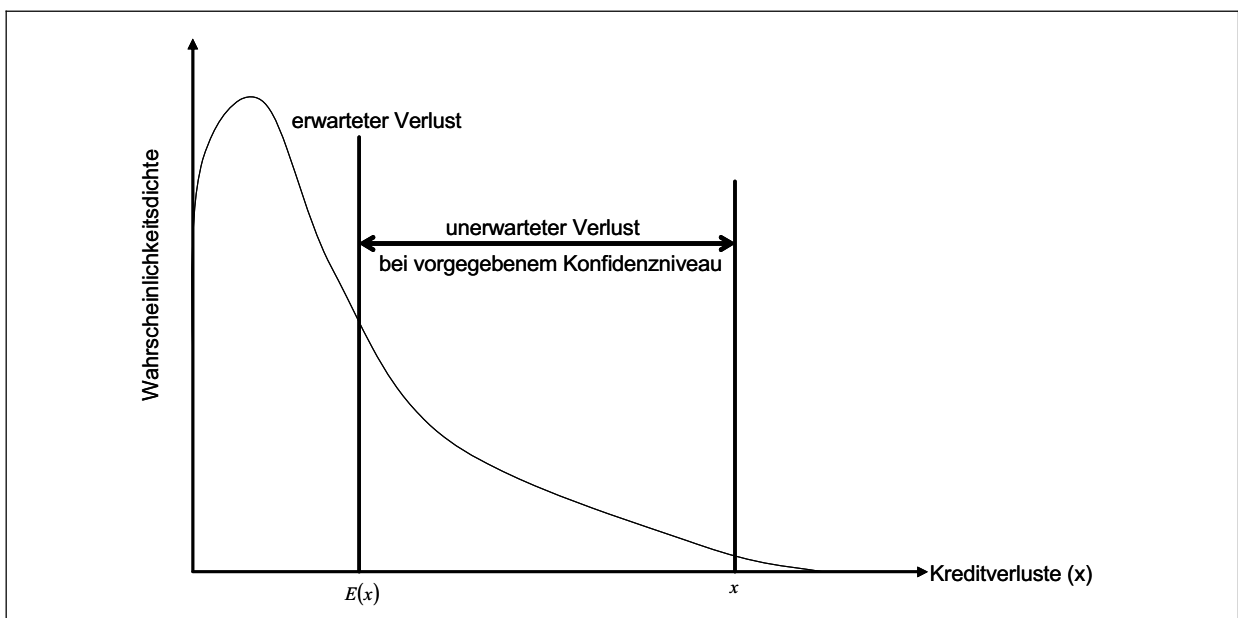


Abbildung 2.1-3: Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung von Kreditverlusten<sup>33</sup>

<sup>30</sup> Vgl. Knapp (2002), S. 9.

<sup>31</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 153.

<sup>32</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 13-15.

<sup>33</sup> In Anlehnung an Bröker (2000), S. 18.

Die Abbildung zeigt ergänzend, dass die Wahrscheinlichkeiten für Kreditverluste in der Realität (häufig) deutlich rechtsschief (und nicht normal-) 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. Somit ist es möglich, dass in mehreren (aufeinander folgenden) Jahren der realisierte Kreditverlust geringer ist als der erwartete Kreditverlust  $E(x)$ . In anderen Jahren kann der tatsächliche den erwarteten Kreditverlust jedoch auch stark übersteigen, so dass der Mittelwert  $E(x)$  eine geeignete Kennzahl für den erwarteten Verlust darstellt.<sup>34</sup>

Durch die Differenzierung zwischen erwarteten und unerwarteten Verlusten ergibt sich somit die Notwendigkeit der Aufteilung der Risikokosten. Die bereits bei der Kreditvergabe zu berücksichtigenden Standard-Risikokosten sollten in Form von Ausfallprämien den erwarteten Verlust aller Kreditengagements im Durchschnitt abdecken und verringern als Aufwand das ordentliche Betriebsergebnis.<sup>35</sup> Die Risikokosten für den unerwarteten Verlust können als außergewöhnliche Aufwendungen aufgefasst werden und müssen durch entsprechende Eigenkapitalunterlegungen (ökonomisches Eigenkapital) abgesichert werden.<sup>36</sup>

Die Standard-Risikokosten können auf unterschiedlichen Ebenen kalkuliert werden.<sup>37</sup> Die Bestimmung auf Einzelkreditnehmerebene stellt die detaillierteste Variante dar, indem für jedes einzelne Kreditgeschäft eine dem Kreditrisiko des Kunden entsprechende Ausfallprämie ermittelt wird. Neben dieser individuellen Berechnung der Standard-Risikokosten können Risikokosten alternativ auf der Ebene von Ratingklassen, Geschäftssegmenten oder auf der Ebene des gesamten Kreditgeschäftes ermittelt werden. Die auf diesen Ebenen ermittelten und über die Kreditkonditionen weitergegebenen Ausfallprämien sollten die gesamten erwarteten Standard-Risikokosten abdecken.<sup>38</sup> Die Ermittlung auf Gesamtgeschäfts- sowie auf Geschäftssegmentebene weist den Nachteil auf, dass alle bzw. viele Kreditnehmer eine identische Ausfallprämie zugeordnet bekommen, so dass es zu einer Quersubventionierung der schlechten durch die guten Kreditnehmer kommen kann. Bonitätsmäßig bessere Kunden zahlen demnach einen (ihrem Risiko entsprechend) zu hohen Preis für ihren Kredit, während schlechtere Kunden einen zu niedrigen Preis bezahlen.<sup>39</sup> Unter diesen Gesichtspunkten stellt eine Standard-Risikokostenkalkulation auf der Ebene von Ratingklassen eine in Bezug auf den Detaillierungsgrad mindestens zu wählende Vorgehensweise dar. Die folgende Abbildung verdeutlicht abschließend den Unterschied zwischen risikoadjustierter und risikoindifferenter Konditionenkalkulation. Hierbei zeigt die Kurve für die risikoadjustierte Konditionenpolitik auf, dass eine Kalkulation der Standard-Risikokosten mindestens auf Ratingklassen-Ebene vorgenommen werden sollte, um die oben beschriebene Gefahr der Quersubventionierung zu vermindern.

<sup>34</sup> Vgl. Kirmße (2001), S. 122.

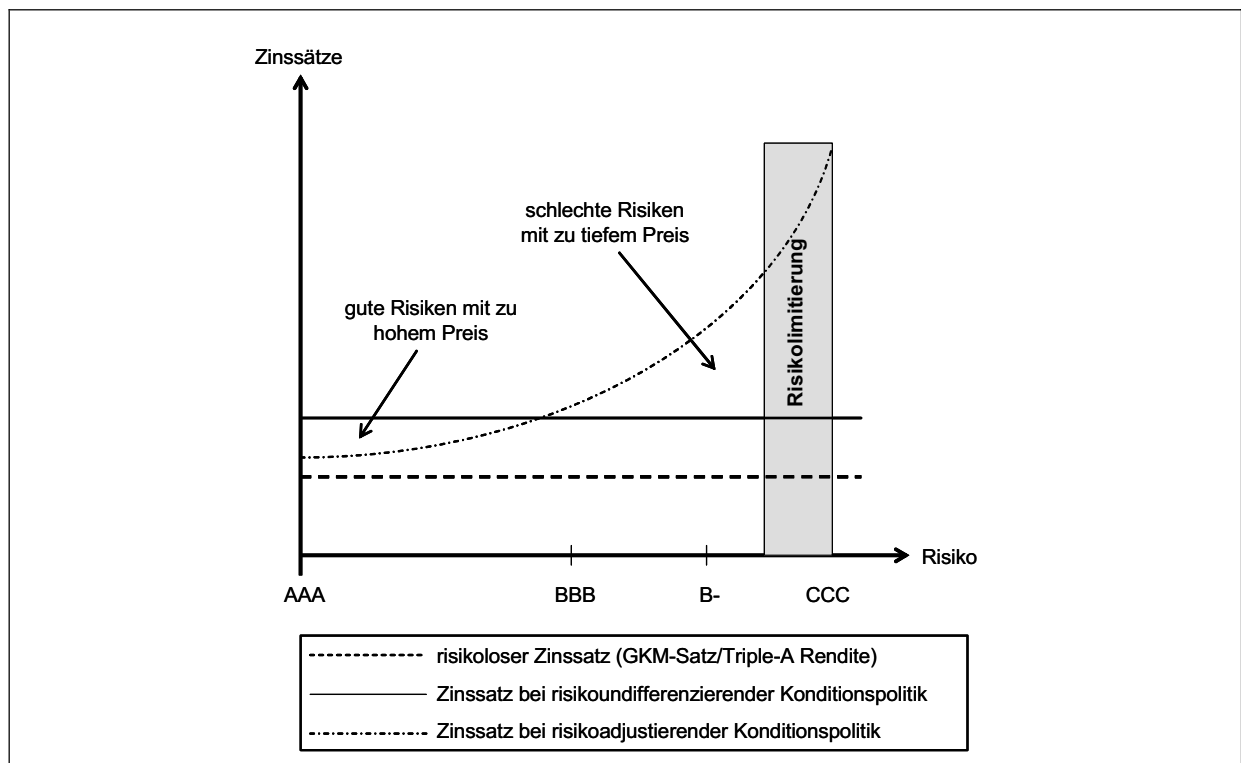
<sup>35</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 311.

<sup>36</sup> Unerwartete Verluste können in Form von Risikoprämien zusätzlich in die Konditionengestaltung integriert werden.

<sup>37</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 312.

<sup>38</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 313.

<sup>39</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 312.

Abbildung 2.1-4: Risikoadjustierte versus risikoindifferente Konditionengestaltung<sup>40</sup>

### 2.1.4 Konzept des Expected Loss und zentrale Kreditrisikoparameter

Der für die Bestimmung der Standard-Risikokosten relevante Expected Loss bzw. der erwartete Kreditverlust eines Kreditengagements ergibt sich als Produkt aus der (erwarteten) Ausfallwahrscheinlichkeit (Probability of Default, PD) mit der (erwarteten) Höhe der Forderung (bzw. des Kredites) zum Zeitpunkt des Ausfalles (Exposure at Default, EAD) und der Verlustquote (Loss Given Default, LGD).<sup>41</sup>

$$EL = PD \cdot EAD \cdot LGD \quad (2-1)$$

Die Verlustquote gibt den Teil des Exposure at Default an, der uneinbringlich ist, wobei an dieser Stelle ergänzend die Realisierungskosten bei Sicherheitenverwertung sowie die generellen Abwicklungskosten des ausgefallenen Kredites berücksichtigt werden müssen. Die LGD entspricht der Differenz von 1 minus der Rückzahlungsquote bzw. Recovery Rate (RR),<sup>42</sup> so dass sich durch Einsetzen dieses Zusammenhangs in Gleichung (2-1) die folgende Bestimmungsgleichung für den erwarteten Verlust unter Verwendung der Rückzahlungsquote ergibt.

$$EL = PD \cdot EAD \cdot (1 - RR) \quad (2-2)$$

Der **Exposure at Default (EAD)** bezeichnet allgemein das Kreditvolumen, welches einem Kreditrisiko ausgesetzt ist. Im klassischen Kreditgeschäft entspricht seine Höhe i. d. R. dem Buchwert aller Forde-

<sup>40</sup> Quelle: Schierenbeck (2003a), S. 312.

<sup>41</sup> Vgl. Heim/Balica (2001), S. 215, sowie Schuermann (2004), S. 2.

<sup>42</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 313.



rungen gegenüber einem einzelnen Kreditnehmer.<sup>43</sup> 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.<sup>44</sup> Bei ökonomischer Betrachtungsweise erscheint der Buchwert jedoch nicht als geeignete Quantifizierungsgröße für den Exposure at Default.<sup>45</sup> 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 EAD unter Verwendung des Barwertkonzeptes dem aktuellen Betrag der Wiederbeschaffungskosten einer äquivalenten Kreditposition, wobei ein vollständiger Kreditausfall angenommen wird.<sup>46</sup>

Der **Loss Given Default (LGD)** bzw. die Verlustquote bezeichnet den (prozentualen) Anteil des EAD, der bei Ausfall eines Kreditnehmers nicht an den Gläubiger zurückfließt.<sup>47</sup> 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.<sup>48</sup> Bei Ausfall eines Schuldners kann der Gläubiger durch die Verwertung ggf. vorhandener Sicherheiten die Kreditverluste reduzieren und im Optimalfall sogar gänzlich vermeiden. Als Wert für die gestellten Sicherheiten sollte möglichst der nachhaltig erzielbare Nettoerlös bei der Sicherheitenverwertung angesetzt werden.

Verlustquoten bzw. Recovery Rates lassen sich in der Praxis nur schwer bestimmen.<sup>49</sup> Aus diesem Grund werden sie häufig anhand von historischen Daten als Mittelwert respektive Median bestimmt. Aus pragmatischen Gründen werden die LGD bzw. Recovery Rates jedoch selten für einzelne Kreditengagements, sondern i. d. R. für Risikoklassen ermittelt. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass sie innerhalb einer Risikoklasse konstant sind. Eine weitere Alternative zur Bestimmung von Recovery Rates bzw. LGD (auch für einzelne Engagements) liegt in deren Schätzung auf Basis einer Beta-Verteilung.<sup>50</sup>

Die **erwartete Ausfallrate** (Ausfallwahrscheinlichkeit) bzw. **Probability of Default (PD)** gibt die Wahrscheinlichkeit des Ausfalles bzw. der vollständigen oder partiellen Zahlungsunfähigkeit eines Schuldners an. Im Gegensatz zum EAD und der Recovery Rate bzw. LGD, 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.<sup>51</sup> Die PD von Kreditnehmern kann nicht direkt gemessen werden, sondern muss geschätzt werden.<sup>52</sup> 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.<sup>53</sup> Eine weitere Möglichkeit der Bestimmung der

<sup>43</sup> Vgl. Knapp/Hamerle (1999), S. 138.

<sup>44</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 23.

<sup>45</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 327.

<sup>46</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 24.

<sup>47</sup> Vgl. Ong (2000), S. 63.

<sup>48</sup> Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2003a), S. 328 f.

<sup>49</sup> Vgl. Rohmann (2000), S. 127.

<sup>50</sup> Vgl. Altman et al. (2002), S. 11.

<sup>51</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 331.

<sup>52</sup> Vgl. Rohmann (2000), S. 46.

<sup>53</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 259 f.

Ausfallwahrscheinlichkeit besteht in der Verwendung von statistischen Ausfallmodellen, wie z. B. Logit- oder Probit-Regressionen.<sup>54</sup>

### 2.1.5 Konzept des Unexpected Loss

Der Unexpected Loss quantifiziert die Schwankungen der auftretenden Verluste um den erwarteten Verlust.<sup>55</sup> Der unerwartete Verlust stellt somit bei einer zunächst unterstellten Normalverteilung die geschätzte Volatilität der Verluste um ihren Erwartungswert dar.<sup>56</sup> Demzufolge kann er symmetrisch anhand von Streuungsmaßen, wie z. B. Varianz oder Standardabweichung, oder asymmetrisch (bei Ablegung der Normalverteilungsannahme) durch Shortfall- bzw. Downside-Risikomaße (z. B. Value at Risk und Expected Shortfall) bestimmt werden.<sup>57</sup> Bei Betrachtung der Standardabweichung als Volatilitätsmaß ergibt sich der unerwartete Verlust für ein Kreditengagement wie folgt:<sup>58</sup>

$$UL = EAD \cdot \sqrt{PD \cdot \sigma_{LGD}^2 + LGD^2 \cdot \sigma_{PD}^2} \quad (2-3)$$

$$\text{mit } \sigma_{PD}^2 = PD \cdot (1 - PD)$$

Der Wurzel-Term in der Gleichung (2-3) wird durch die Probability of Default (PD), die Verlustquote (LGD) sowie die entsprechenden Varianzen ( $\sigma_{LGD}^2$ ,  $\sigma_{PD}^2$ ) determiniert. Wäre  $\sigma_{PD}^2 = 0$  und  $\sigma_{LGD}^2 = 0$ , d. h. gäbe es keine Unsicherheit bezüglich des Ausfalles und der Höhe der Verlustquote, so ergäbe sich ein unerwarteter Verlust von Null, und somit bestünde kein Kreditrisiko.<sup>59</sup>

Die Standardabweichung bzw. die Varianz repräsentieren jedoch nur geeignete Maße für den Unexpected Loss, solange eine Normalverteilung der Kreditverluste unterstellt werden kann. In Abschnitt 2.1.3 wurde bereits angedeutet, dass Kreditverluste i. d. R. asymmetrische Verteilungen aufweisen. Als Alternative zur Standardabweichung und Varianz kann das aus dem Marktrisikomanagement stammende, asymmetrische Maß des Value at Risk (VaR) 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.<sup>60</sup>

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

<sup>54</sup> Vgl. Huschens (2004a), S. 2. Für ein Beispiel siehe Daldrup/Gehrke/Schumann (2004).

<sup>55</sup> Vgl. Kealhofer/Bohn (2001), S. 6.

<sup>56</sup> Vgl. Dunemann (2001), S. 188.

<sup>57</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 338. Siehe Abschnitt 2.3 ergänzend für eine detaillierte Betrachtung alternativer Kreditrisikomaße.

<sup>58</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 341. Für eine Herleitung siehe stellvertretend Ong (2000), S. 116-118.

<sup>59</sup> Vgl. Ong (2000), S. 114.

<sup>60</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 342.

überschritten wird, und dem Expected Loss bestimmt werden. Der bei einer bestimmten Wahrscheinlichkeit maximal entstehende Verlust entspricht dabei dem Quantil der Verlustverteilung.<sup>61</sup>

$$CVaR = \text{Quantil der Verlustverteilung} - EL \quad (2-4)$$

Der CVaR quantifiziert gemäß Gleichung (2-4) das ökonomische Kapital, das ein Gläubiger bereithalten sollte, um sich gegen unerwartete und extreme Verluste abzusichern. Die folgende Abbildung verdeutlicht diesen Umstand.

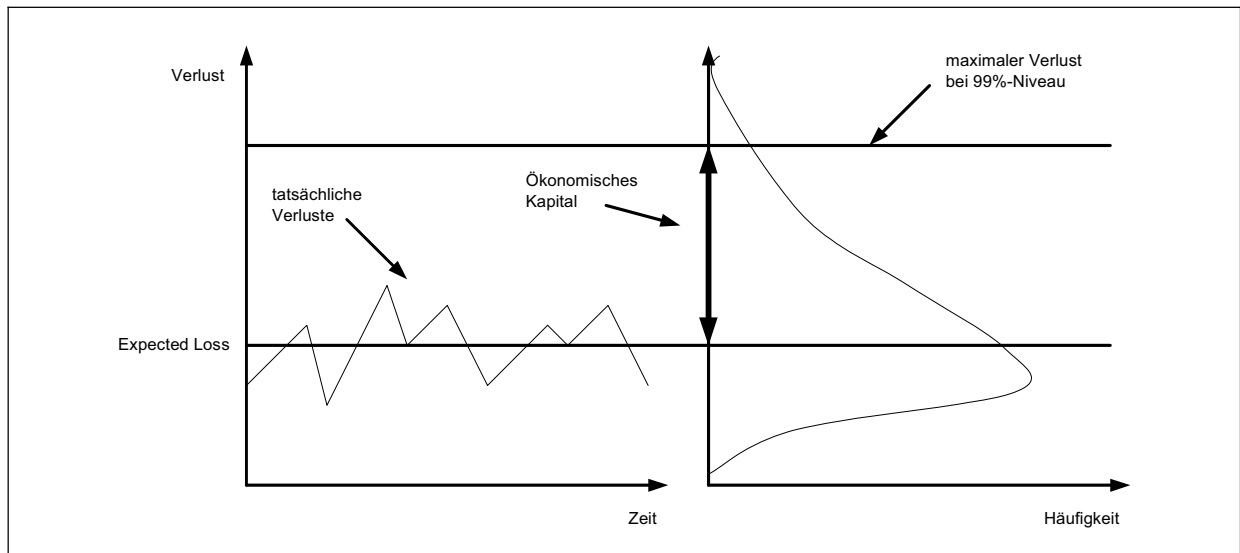


Abbildung 2.1-5: Volatilität von Kreditverlusten<sup>62</sup>

### 2.1.6 Expected und Unexpected Loss auf Portfolioebene

In den beiden vorangegangenen Abschnitten 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.<sup>63</sup>

$$EL_P = \sum EL \quad (2-5)$$

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

$$EL_P = \sum_i (PD_i \cdot EAD_i \cdot LGD_i) \quad (2-6)$$

In der finanzwirtschaftlichen Praxis wird der Expected (und Unexpected) Loss häufig auf das Exposure at Default standardisiert. Insofern ergibt sich der  $EL_P$  als Summe der (zu EAD) relativen EL der einzelnen Kreditpositionen.<sup>64</sup>

<sup>61</sup> Vgl. Heim/Balica (2001), S. 216.

<sup>62</sup> Quelle: Heim/Balica (2001), S. 217.

<sup>63</sup> Vgl. Ong (2000), S. 123.

<sup>64</sup> Vgl. Kealhofer/Bohn (2001), S.7, sowie Oehler/Unser (2002), S. 356.

$$\frac{EL_P}{EAD_P} = \sum_i \omega_i \cdot EL_i \quad (2-7)$$

Die Gewichte  $\omega_i$  bestimmen sich gemäß

$$\omega_i = \frac{EAD_i}{\sum_i EAD_i} \equiv \frac{EAD_i}{EAD_P} \quad (2-8)$$

Bei Annahme einer Normalverteilung für Kreditverluste und Betrachtung des unerwarteten Verlustes einer Kreditposition gemäß Gleichung (2-3) ergibt sich der Unexpected Loss eines Kreditportfolios gemäß Gleichung (2-9), wobei  $\rho_{ij}$  die Ausfallkorrelation zwischen den Kreditpositionen  $i$  und  $j$  angibt.<sup>65</sup>

$$UL_P = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} \cdot UL_i \cdot UL_j} \quad (2-9)$$

Aus Gleichung (2-9) ist ersichtlich, dass der Unexpected Loss des Portfolios (außer bei vollständig positiver Korrelation bei  $\rho_{ij} = +1$ ) nicht der Summe der unerwarteten Verluste der einzelnen Kreditengagements entspricht.

$$UL_P \neq \sum_i UL_i \quad (2-10)$$

Aufgrund von Diversifikationseffekten ist der unerwartete Portfolioverlust immer kleiner oder gleich der Summe der einzelnen unerwarteten Verluste. Dieser Sachverhalt impliziert, dass nur ein Teil des unerwarteten Kreditrisikos einer Kreditposition zum Gesamtrisiko eines Portfolios beiträgt.<sup>66</sup>

Geht man von der realistischen Annahme einer rechtsschiefen Kreditverlustverteilung aus, so kann der unerwartete Verlust (bzw. der CVaR) eines Kreditportfolios mit Hilfe von Kreditportfoliomodellen<sup>67</sup> geschätzt werden. Die Grundfunktion eines solchen Kreditportfoliomodells liegt in der Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Kreditverluste.<sup>68</sup> Anhand der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung kann jedem möglichen Kreditportfolioverlust die Wahrscheinlichkeit seines Auftretens zugeordnet werden. Der unerwartete Verlust kann aus der Verteilung als Differenz von dem maximalen Kreditverlust, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, und dem erwarteten Verlust des Portfolios abgelesen werden. Korrelationen zwischen verschiedenen Kreditnehmern werden hierbei modellimmanent mit berücksichtigt.<sup>69</sup>

<sup>65</sup> Vgl. Kiesel/Schmid (2000), S. 73. Gleichung (2-9) bestimmt den Unexpected Loss in (absoluten) Währungseinheiten. Bei analoger Standardisierung auf das EAD in Form eines relativen  $UL_P$  ( $UL_P / EAD_P$ ) 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.

<sup>66</sup> Vgl. Ong (2000), S. 125.

<sup>67</sup> Siehe Abschnitt 3.3 für eine detaillierte Betrachtung von Kreditportfoliomodellen.

<sup>68</sup> Vgl. Ott (2001), S. 63.

<sup>69</sup> Vgl. Kirmße (2001), S. 120.

## 2.2 Ratings

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten der Begriff des Kreditrisikos definiert und die grundlegenden Konzepte und Risikoparameter im Kreditbereich aufgezeigt wurden, behandeln die folgenden Abschnitte die Verwendung von Ratings und deren Bedeutung im Rahmen der Kreditrisikoquantifizierung. Zunächst wird hierzu eine Definition des Rating-Begriffes erarbeitet (Abschnitt 2.2.1) und ein typischer Ratingprozess der öffentlichen Ratingagenturen aufgezeigt (Abschnitt 2.2.2). Aufgrund der hohen Bedeutung externer Ratings für die gesamte Finanzbranche zeigt der Abschnitt 2.2.3 Ziele und Kritikpunkte explizit für externe Ratings auf, worauf abschließend eine kritische Gegenüberstellung von internen und externen Ratings erfolgt (Abschnitt 2.2.4).

### 2.2.1 Ratingdefinition

Ein Rating bezeichnet allgemein eine standardisierte und (weitgehend) objektive Bewertung eines Objektes (oder einer Person), die durch eine Zensur bzw. Note ausgedrückt wird, wobei die Bewertung i. d. R. einer eindimensionalen, ordinalen Skala folgt. Der Begriff des Ratings wird in Literatur und Praxis dabei sowohl in Bezug auf das Bewertungsverfahren als auch für das Bewertungsurteil verwendet.<sup>70</sup> In Abhängigkeit des gewählten Beurteilungsobjektes kann zwischen verschiedenen Ratings differenziert werden. Bei der Betrachtung des Beurteilungsgegenstandes wird beispielsweise unter einem Länderrating die Beurteilung eines Landes und unter einem Branchenrating die Bewertung einer Branche verstanden. Bezieht sich die Beurteilung des Objektes auf die Zahlungsfähigkeit und Zahlungswilligkeit von Unternehmen, so wird in diesem Zusammenhang von einem Credit-Rating gesprochen.<sup>71</sup>

Der Begriff des „Credit-Ratings“ kann demnach als die Bewertung der Bonität bzw. Kreditwürdigkeit eines Unternehmens definiert werden. Ein Credit-Rating spiegelt damit die Fähigkeit eines Unternehmens wider, die vertraglich eingegangenen Zahlungsverpflichtungen aus einem Kreditgeschäft vollständig und fristgerecht zu erfüllen.<sup>72</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit bezieht sich ein Rating immer auf die Beurteilung der Unternehmensbonität, so dass die Begriffe Rating und Credit-Rating synonym verwendet werden.

Ein Credit-Rating gemäß der aufgezeigten Definition beschreibt die allgemeine Kreditwürdigkeit eines Unternehmens (Emittenten-Rating), ungeachtet der bislang eingegangenen Kreditbeziehungen. Ratings können jedoch auch direkt auf eine einzelne Emission oder Bankverbindlichkeit (Emissions-Rating) bezogen sein und beinhalten somit keine Beurteilung über die generelle Kreditwürdigkeit eines Kreditnehmers, sondern bewerten das Risiko von Zahlungsausfällen des Schuldners für die einzelne Emission bzw. Bankverbindlichkeit,<sup>73</sup> wobei die Spezifika der betrachteten Emission bzw. Bankverbindlichkeit (z. B. Rangstellung der Gläubiger oder gestellte Sicherheiten) explizit Berücksichtigung finden.

<sup>70</sup> Vgl. van Aubel (2000), S. 5. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird unter „Rating“ ausschließlich das durch eine Note oder Zensur ausgedrückte Bewertungsergebnis verstanden. Der Beurteilungsvorgang wird demgegenüber als Ratingprozess bzw. Ratingverfahren bezeichnet.

<sup>71</sup> Vgl. Eigermann (2002), S. 29.

<sup>72</sup> Vgl. Schmid (2004), S. 327.

<sup>73</sup> Vgl. Gleißner/Füser (2002), S. 12.

Das Ratingurteil über die Kreditqualität des Schuldners wird in Form von Buchstaben-, Zahlen- und/oder Symbolkombinationen (so genannte Ratingsymbole) ausgedrückt (z. B. „AAA“, „AA1“ oder „AA-“).<sup>74</sup> Jedes dieser Ratingsymbole bezeichnet dabei eine Risikoklasse, so dass ein Unternehmen durch das Ratingurteil einer Risiko- bzw. Ratingklasse zugeordnet wird. Jede dieser Ratingklassen beinhaltet hierbei verschiedene Informationen, wie z. B. die durchschnittliche Ausfallwahrscheinlichkeit (PD) für ein oder mehrere Jahre, die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit für einen Ratingklassenwechsel für bestimmte Betrachtungszeiträume sowie die Volatilität der Ausfallwahrscheinlichkeit, die für jeden Kreditnehmer in der entsprechenden Risikoklasse identisch ist. Durch ein Rating werden somit auf die Kreditwürdigkeit bezogene quantitative und qualitative Kriterien in eine Ausfallwahrscheinlichkeit transformiert.<sup>75</sup>

Ratings stellen ordinale Bonitätsurteile dar, die vor allem durch die folgenden Eigenschaften charakterisiert sind:

- Auch die beste Ratingklasse ist mit einem Ausfallrisiko behaftet und kann somit nicht als risikofrei angesehen werden.<sup>76</sup>
- Die Abstände zwischen den Ratingklassen sind nicht äquidistant.<sup>77</sup>
- Die Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Ratingklassen sind im Zeitverlauf nicht konstant.<sup>78</sup>

Eine weitere allgemeine Differenzierung von Ratings kann in Bezug auf die Institution, die das Ratingverfahren durchführt, vorgenommen werden, wobei häufig zwischen externen und internen Ratings unterschieden wird. Externe Ratings werden von öffentlichen Ratingagenturen (External Credit Assessment Institution, ECAI), wie beispielsweise Standard & Poor's (S&P) sowie Moody's Investors Service (Moody's), vergeben und in den meisten Fällen auch veröffentlicht, wobei das Unternehmen i. d. R. selbst das Rating bei den Agenturen in Auftrag gibt. Interne Ratings werden dagegen von Banken im Rahmen der Kreditwürdigkeitsprüfung über ein bankindividuelles, internes Verfahren ermittelt und normalerweise nicht veröffentlicht. Ihre Verwendung erfolgt daher meistens nur zu internen Zwecken beim Risikomanagement und Risikocontrolling.<sup>79</sup> Tabelle 2.2-1 zeigt beispielhaft die Ratingskalen von S&P sowie von Moody's.

<sup>74</sup> Vgl. Everling (1991), S. 23.

<sup>75</sup> Vgl. Gögel/Everling (2000), S. 64, sowie Düsterlho/Pöhlens (2004), S. 423.

<sup>76</sup> Vgl. Everling (1991), S. 220.

<sup>77</sup> Vgl. Steiner (1992), S. 514.

<sup>78</sup> Vgl. Cantor/Packer (1995), S. 31.

<sup>79</sup> Vgl. Wieben (2004), S. 6; Fischer (2004), S. 37, sowie Müller (1996), S. 331.

Moody's	S&P	Risikokategorie
Aaa	AAA	höchste Bonität, geringes Ausfallrisiko
Aa1 Aa2 Aa3	AA+ AA AA-	hohe Bonität, kaum höheres Risiko
A1 A2 A3	A+ A A-	überdurchschnittliche Bonität, etwas höheres Risiko
Baa1 Baa2 Baa3	BBB+ BBB BBB-	mittlere Bonität, stärkere Anfälligkeit bei negativen Entwicklungen im Unternehmensumfeld
Ba1 Ba2 Ba3	BB+ BB BB-	spekulativ, Zins- und Tilgungsrückzahlungen bei negativen Entwicklungen gefährdet
B1 B2 B3	B+ B B-	geringe Bonität. relativ hohes Ausfallrisiko
Caa Ca C	CCC CC C	geringste Bonität, höchstes Ausfallrisiko
—	D	Schuldner bereits in Zahlungsverzug oder Konkurs

Tabelle 2.2-1: Ratingskala von S&P und Moody's<sup>80</sup>

In Abhängigkeit der zur Urteilserstellung verwendeten Kriterien können Ratings (bzw. Ratingverfahren) ergänzend in quantitative und qualitative Ratings differenziert werden. Im Rahmen von quantitativen Ratingverfahren gehen in die Beurteilung ausschließlich quantitative Kriterien ein, wobei deren Verknüpfung und Gewichtung nicht subjektiv, sondern objektiv und i. d. R. standardisiert über mathematisch-statistische Verfahren erfolgt. Der grundlegende Kriterienkatalog wird zwar auch bei den quantitativen Verfahren subjektiv ausgewählt, allerdings werden im Anschluss die Kriterien aus dem Katalog, die endgültig in das Ratingsystem eingehen, durch ein entsprechendes Verfahren ermittelt.<sup>81</sup> Im Gegensatz zu den quantitativen Verfahren gehen bei qualitativen Ratingverfahren auch qualitative Kriterien, wie beispielsweise die Managementqualität, die zukünftige Marktposition eines Unternehmens sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen der Unternehmen, in die Urteilsfindung mit ein. Bei diesen Kriterien erfolgt sowohl deren Auswahl sowie die Verknüpfung und Gewichtung subjektiv durch Kreditexperten. Qualitative Verfahren im engeren Sinne verwenden ausschließlich qualitative Kriterien, wohingegen qualitative Verfahren im weiteren Sinne neben den qualitativen auch quantitative Kriterien in die Bewertung einbeziehen. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird unter einem qualitativen Ratingverfahren die Betrachtung im weiteren Sinne verstanden, da sie der gängigen Praxis der Ratingagenturen sowie der Banken entspricht.

Gemäß der Differenzierung nach quantitativen und qualitativen Ratingverfahren unterscheidet sich die Beurteilung der Kreditwürdigkeit anhand eines Ratings teilweise von der klassischen Kreditwürdigkeits-

<sup>80</sup> Quelle: Gleißner/Füser (2002), S. 16.

<sup>81</sup> Vgl. auch im Folgenden Everling (1991), S. 125-127, sowie Eigermann (2002), S. 31-33.

prüfung. Die klassische Kreditwürdigkeitsprüfung von Unternehmen erfolgt im Wesentlichen durch eine Bilanzanalyse, bei der über die Bilanz sowie die Gewinn- und Verlustrechnung die wirtschaftliche Lage des Unternehmens anhand von auf historischen Daten basierenden Kennzahlen bzw. Kennzahlensystemen aufgezeigt wird. Die Bilanzanalyse stellt daher eine eher vergangenheitsorientierte Betrachtungsweise von ausschließlich quantitativen Kriterien dar. Im Gegensatz zur Bilanzanalyse sollte ein Rating jedoch die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens aufzeigen und somit neben quantitativen Einflussgrößen auch qualitative Kriterien enthalten, so dass zur Bewertung der Kreditwürdigkeit von Unternehmen qualitative Ratingverfahren vorteilhafter sind. Zu berücksichtigen bleibt dabei jedoch, dass durch die Einbeziehung von qualitativen Einflussgrößen Ratings, wie erläutert, auch subjektive Elemente beinhalten, wodurch ein Vergleich von Ratings erschwert wird.<sup>82</sup>

### 2.2.2 Ratingprozess der Ratingagenturen

Der Ratingprozess bei öffentlichen Ratingagenturen (vgl. Abbildung 2.2-1) beginnt i. d. R. durch einen Vertragsabschluss zwischen dem Unternehmen und einer Ratingagentur.<sup>83</sup> Die Ratingagentur übermittelt einen Themenkatalog, anhand dessen das Unternehmen detaillierte Vorabinformationen<sup>84</sup> in Form einer Unternehmensdokumentation zusammenstellt. Diese Vorabinformationen bilden zusammen mit dem eigenen Basisresearch der Ratingagentur die Grundlage für das Analysegespräch mit der Unternehmensführung.

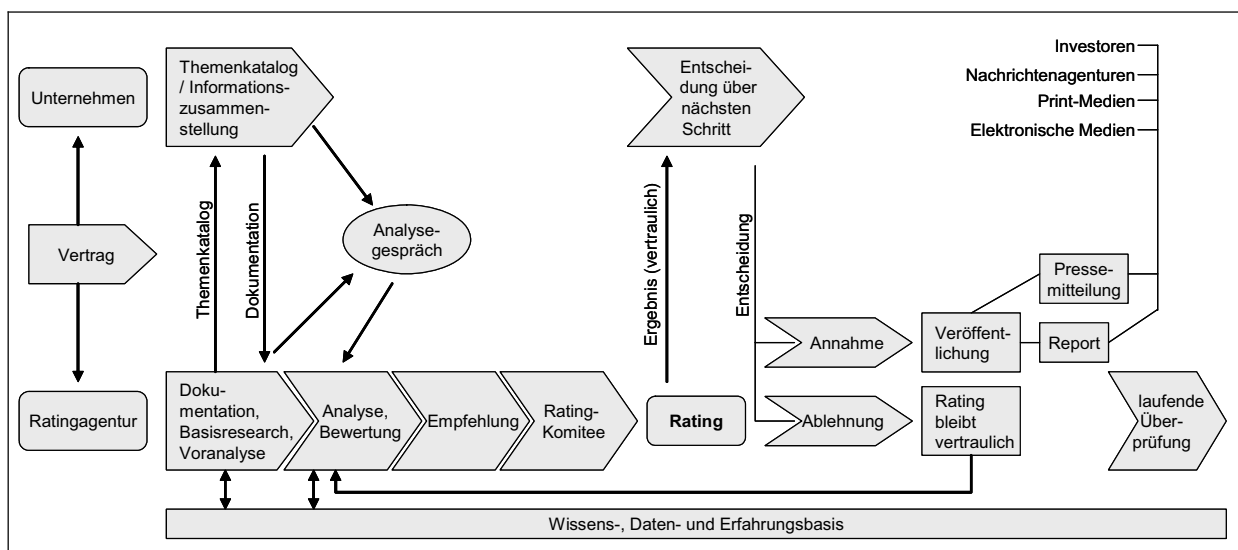


Abbildung 2.2-1: Ratingprozess bei öffentlichen Ratingagenturen<sup>85</sup>

Auf Seiten der Agentur wird ein Analystenteam zusammengestellt, welches aus Spezialisten für die zu betrachtende Branche besteht. Im Rahmen der Voranalyse erfolgt die Informationsbeschaffung, bei der

<sup>82</sup> Vgl. Gleißner/Füser (2002), S. 12 f.

<sup>83</sup> Vgl. auch im Folgenden Schulte/Horsch (2002), S. 94.

<sup>84</sup> Zu diesen Vorabinformationen gehören beispielsweise Jahresabschlüsse, Wirtschaftsprüfungsberichte, Informationen über die interne Unternehmensstruktur sowie Angaben über Produkte und Marken. Vgl. Munsch/Weiß (2002), S. 57.

<sup>85</sup> In Anlehnung an del Mestre (2001), S. 47.



neben der Unternehmensdokumentation vom Rating-Auftraggeber weitergehende Informationen aus externen Quellen zusammengetragen werden. Die eigentliche Voranalyse folgt grundlegend einer standardisierten Vorgehensweise.<sup>86</sup> Einem Bottom-Up-Ansatz folgend betrachtet das Analystenteam zunächst in Form einer (Herkunfts-)Land- und Branchenanalyse das Umfeld des Unternehmens und schätzt das Länder- bzw. Branchenrisiko ein und betrachtet weitergehend das unternehmensspezifische Risiko. Das Unternehmensrisiko kann dabei in das Geschäftsrisiko und das finanzielle Risiko aufgeteilt werden. Während sich das Geschäftsrisiko auf die Wettbewerbssituation, das Management und auf die Unternehmensstrategie bezieht, wird bei der Analyse des finanziellen Risikos überwiegend auf finanzielle Kennzahlen, die Finanzpolitik sowie auf Planzahlen zurückgegriffen.

Zusätzlich erstellt die Ratingagentur eine Vergleichsgruppe (so genannte Peer-Group), bestehend aus vergleichbaren Wettbewerbern des betrachteten Unternehmens, und nimmt anhand der vom Unternehmen zur Verfügung gestellten sowie aus der eigenen internen Wissens-, Daten- und Erfahrungsbasis vorhandenen Informationen einen vorläufigen Peer-Group-Vergleich vor. Das Resultat der Voranalyse sind Checklisten, Fragebögen und ggf. ein vorläufiges Ratingurteil, die dem zu ratenden Unternehmen für das Analysegespräch zur Verfügung gestellt werden.

An dem Analysegespräch nehmen neben den Analysten der Ratingagentur i. d. R. der Chief Executive Officer (CEO), der Chief Financial Officer (CFO) sowie weitere Top-Manager des Unternehmens teil. Während des Analysegesprächs werden die Ergebnisse der Voranalyse diskutiert, offene Fragen geklärt sowie weitergehende, überwiegend qualitative Informationen aus einer Selbstpräsentation des Unternehmens gewonnen. Häufig wird das Analysegespräch durch eine Betriebsbegehung ergänzt, so dass die Analysten einen Eindruck von den Produktionsabläufen und den Betriebsanlagen erhalten.<sup>87</sup>

Anhand der aus der Voranalyse und dem Analysegespräch gewonnenen Informationen erfolgt durch das Analystenteam der Ratingagentur die abschließende Analyse bzw. Bewertung des Unternehmens. In dieser Phase wird die Bonität der Unternehmung analysiert, und die Agentur versucht Zukunftsprognosen für das Unternehmen zu stellen, wobei erneut Peer-Group-Vergleiche als Ergänzung herangezogen werden. Insgesamt werden in der abschließenden Analyse die folgenden Bereiche berücksichtigt:<sup>88</sup>

- Finanzwirtschaft
- Außenbeziehung (Kunden und Lieferanten)
- Management und Strategie
- Personal
- Produktion
- Eigentümer
- Controlling
- Informationstechnologie

<sup>86</sup> Vgl. auch im Folgenden Wieben (2004), S. 92 f; Eigermann (2002), S. 32, sowie Everling/Bargende (2005), S. 263 f.

<sup>87</sup> Vgl. Heinke (1998), S. 32; Hundt/Neitz/Grabau (2003), S. 24 f., sowie Dimitrakopoulos/Spahr (2004), S. 213.

<sup>88</sup> Vgl. Hundt/Neitz/Grabau (2003), S. 25.

Das Ergebnis der abschließenden Analyse- bzw. Bewertungsphase stellt eine Ratingempfehlung des Analystenteams dar, welche dem Ratingkomitee, bestehend aus erfahrenen Analysten der Ratingagentur, präsentiert und erläutert wird. Das Komitee entscheidet durch Abstimmung über das abschließende Ratingurteil.<sup>89</sup>

Das abschließende Ratingurteil wird dem Unternehmen in einem nächsten Schritt mitgeteilt und erläutert. An dieser Stelle kann das Unternehmen entscheiden, ob es das Urteil der Ratingagentur annimmt oder ablehnt. Bei einer generellen Ablehnung durch das Unternehmen endet der Ratingprozess und das Rating wird nicht veröffentlicht. Widerspricht das Unternehmen dem Ergebnis des Ratingprozesses, weil ggf. neue Informationen in Bezug auf die Unternehmensentwicklung vorliegen, so wird unter Berücksichtigung der aktualisierten Informationen eine neue Analyse und Bewertung des Unternehmens vorgenommen sowie eine erneute Ratingeinschätzung durch das Ratingkomitee verabschiedet.

Bei einer Annahme des Ratingurteils wird dieses durch die Ratingagentur veröffentlicht. An dieser Stelle endet jedoch die Tätigkeit der Agentur nicht, sondern das Unternehmen sowie die Branchen- und Marktentwicklung wird fortlaufend überwacht, so dass es ggf. zu einem so genannten Up- bzw. Downgrade des Ratingurteils kommen kann. In diesem Zuge wird von den betrachteten Unternehmen erwartet, dass sie wesentliche Veränderungen, Monats- und Quartalsberichte sowie Jahresabschlüsse an die Ratingagentur übermitteln. Des Weiteren finden i. d. R. jährlich neue Gespräche zwischen dem Management und den Analysten der Agentur statt, um die Entwicklungstendenzen des Unternehmens zu besprechen. Entdeckt die Agentur Anzeichen für eine Bonitätsveränderung eines in der Überwachung befindlichen Unternehmens, so wird ein Überprüfungsverfahren begonnen und das Unternehmen auf die so genannte „Watchlist“ gesetzt. Durch die Aufnahme des Unternehmens auf die Watchlist wird den Marktteilnehmern das Überprüfungsverfahren mit einem Hinweis auf die Tendenz der Bonitätsveränderung bekannt gegeben.<sup>90</sup>

### 2.2.3 Ziele und Kritikpunkte externer Ratings

Ratingurteile externer Ratingagenturen haben, wie in Abschnitt 2.2.1 erläutert, zum Ziel, die Bonität von Unternehmen übersichtlich und treffsicher aufzuzeigen, wobei in dem Urteil aktuelle Einflussfaktoren Berücksichtigung finden sollten.<sup>91</sup> Das Ratingurteil hat hierbei die Funktion, die Markttransparenz (und damit die Effizienz der Finanzmärkte) zu erhöhen sowie potenziellen Investoren als Indikator für die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens zu dienen.<sup>92</sup> Die Eigenschaften der Übersichtlichkeit und Treffsicherheit des Bonitätsurteils durch Ratings kann dabei grundsätzlich als erfüllt angesehen werden. Kritisch ist jedoch die Aktualität von Ratings, die nicht immer gegeben zu sein scheint. Häufig kommt es erst nach einer offensichtlichen Bonitätsverschlechterung eines Unternehmens zu einer Anpassung des

<sup>89</sup> Vgl. Everling (1991), S. 117, sowie Chorafas (2000), S. 35. Für eine detaillierte Betrachtung der Institution des Ratingkomitees siehe Everling (2004), S. 618-626, sowie Moody's Investors Service (1999).

<sup>90</sup> Vgl. Schulte/Horsch (2002), S. 94; Hundt/Neitz/Grabau (2003), S. 25, sowie Everling/Bargende (2005), S. 264.

<sup>91</sup> Vgl. Schüler (2002), S. 23.

<sup>92</sup> Vgl. Steiner/Henke (1996), S. 589, sowie White (2002), S. 43.

Ratings durch die Ratingagentur.<sup>93</sup> Das Rating zeigt hierbei die bereits eingetretene Verschlechterung der Kreditwürdigkeit auf und verliert somit in Teilen seine Funktion als Indikator für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Eine Früherkennung von Insolvenzen anhand externer Ratings ist somit nicht zwingend möglich.<sup>94</sup> Ein weiteres Indiz für die (teilweise) fehlende Aktualität von Ratings kann darin gesehen werden, dass sich Ratingveränderungen bei an der Börse notierten Unternehmen häufig nicht in Kursveränderungen widerspiegeln. Aus der fehlenden Reaktion auf ein Up- bzw. Downgrade kann geschlossen werden, dass der Markt die Bonitätsveränderung bereits antizipiert hat und die Information über den veränderten Bonitätsstatus bereits in dem aktuellen Aktienkurs berücksichtigt wurde, so dass die Anzeige der Veränderung der finanziellen Situation eines Unternehmens durch die Ratingagentur zu spät erfolgte.<sup>95</sup> Dieser Kritikpunkt wird häufig durch die Konjunkturunabhängigkeit der externen Ratings begründet, die zwar deren starke Zeitstabilität bewirkt, allerdings auch zu den aufgezeigten verspäteten Reaktionen führen kann.<sup>96</sup>

Um die Ziele und Grenzen externer Ratings genauer betrachten zu können, gilt es zunächst auf die Besonderheiten externer Ratingagenturen einzugehen, da die Grenzen bzw. die Kritikpunkte externer Ratings teilweise unmittelbar mit der Institution „Ratingagentur“ zusammenhängen.

Ratingagenturen sind unabhängige Institutionen mit dem Ziel, asymmetrische Informationen zwischen (Finanz-)Marktteilnehmern zu verringern, indem sie finanzielle Forderungen bzw. die Bonität der Marktteilnehmer im Rahmen von standardisierten Qualitäts- bzw. Risikoklassen bewerten.<sup>97</sup> Die Anreize der Unternehmen, sich von Agenturen bewerten zu lassen, bestehen zum einen in der grundsätzlichen Möglichkeit, Zutritt zu den Kapitalmärkten zu erlangen und zum anderen in der Möglichkeit, durch ein gutes Rating günstigere (Re-)Finanzierungskonditionen an den Kapitalmärkten durchsetzen zu können.<sup>98</sup> Obwohl die Ratingagenturen i. d. R. von den Unternehmen beauftragt und somit bezahlt werden, behalten die Agenturen grundlegend ihre Unabhängigkeit bei, da sie nicht als Investoren tätig sind und zudem keine Anlageempfehlungen aussprechen.<sup>99</sup> In diesem Punkt stellt sich jedoch die Frage, welchen Anreizen die öffentlichen Ratingagenturen überhaupt unterliegen, die Bonität von Unternehmen wahrheitsgemäß bzw. basierend auf einer qualitativ hochwertigen Analyse aufzuzeigen. Diese Fragestellung erhält eine zusätzliche Bedeutung, wenn berücksichtigt wird, dass die Agenturen explizit erwähnen, dass das Ratingurteil ausschließlich die subjektive Meinung der Agentur widerspiegelt, so dass auf diese Weise die Ratingurteile vor Gericht in den seltensten Fällen anfechtbar sind.<sup>100</sup>

Im Rahmen dieser Problematik kommt erschwerend die vorhandene Marktstruktur bei den öffentlichen Ratingagenturen hinzu. Der internationale Markt wird durch die drei größten Ratingagenturen Moody's, S&P sowie Fitch dominiert, was zu einer oligopolistischen Marktstruktur mit hohen Markteintritts-

<sup>93</sup> Vgl. Everling (1991), S. 58.

<sup>94</sup> Vgl. Poon/Firth (2005), S. 1742.

<sup>95</sup> Vgl. Pinches/Singleton (1978), S. 41.

<sup>96</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 107.

<sup>97</sup> Vgl. Kuhner (2001), S. 2 f.

<sup>98</sup> Vgl. Heinke (2000), S. 314, sowie Schnabel (1996), S. 318.

<sup>99</sup> Vgl. Baum (1987), S. 7; Millon/Thakor (1985), S. 1416, sowie Everling (2005), S. 187.

<sup>100</sup> Vgl. Kuhner (2001), S. 3; Partnoy (2002), S. 78 f., sowie Everling (2004), S. 630 f. Für eine detaillierte Betrachtung dieser Problematik siehe Lemke (2004) sowie Ebenroth/Koos (1996).

barrieren geführt hat.<sup>101</sup> Die Gründe hierfür sind überwiegend im US-amerikanischen Markt zu finden, in dem sich Ratingagenturen nur als Nationally Recognized Statistical Ratings Organization (NRSRO) bezeichnen dürfen, wenn sie von der US-Aufsichtsbehörde Securities and Exchange Commission (SEC) als öffentliche Ratingagentur zugelassen worden sind.<sup>102</sup> Institutionelle Investoren in den USA orientieren sich bei ihren Anlageentscheidungen überwiegend an den Ratingurteilen der NRSRO und fordern von diesen daher auch eine globale Abdeckung im Bereich der Unternehmensratings. Der konkurrenzfähige Markteintritt ist somit nur möglich, wenn Ratingagenturen über eine Zulassung der SEC in den USA verfügen.<sup>103</sup> Bislang hat die Kommission allerdings nur die drei genannten großen Agenturen sowie die Agentur Dominion Bond Rating Service (DBRS) als NRSRO anerkannt, so dass für Ratingagenturen ohne SEC-Zulassung nur regionale oder sektorale Tätigkeitsfelder verbleiben. Eine weitere Markteintrittsbarriere kann in dem notwendigen Aufbau einer guten Reputation gesehen werden, da Investoren den Ratingurteilen von Agenturen nur Glauben schenken werden, wenn deren Qualität über mehrere Jahre bewiesen worden ist.<sup>104</sup> Für neue Marktteilnehmer stellt dieser Punkt, neben der Zulassung durch die SEC, die wohl größte Barriere dar. In der Notwendigkeit einer guten Reputation kann für die Ratingagenturen somit der einzige, aber durchaus wichtige Anreiz aufgezeigt werden, qualitativ hochwertige Ratingurteile zu generieren.<sup>105</sup> Durch eine gute Reputation versuchen die etablierten Agenturen ihre Marktposition zu behalten bzw. auszubauen und für neue Agenturen ist dieser Punkt eine zwingende Notwendigkeit, um sich am (internationalen) Markt überhaupt etablieren zu können. Die Überprüfung der Ratingqualität der Agenturen stellt jedoch einen weiteren Problempunkt dar. Anhand der von den Agenturen regelmäßig veröffentlichten statistischen Berichte lässt sich zwar keine negative Entwicklung der Ratingqualität erkennen, allerdings werden diese Daten auch nicht von einer weiteren Institution geprüft. Des Weiteren fehlt es an Vergleichen und Überprüfungen der verschiedenen externen Ratingsysteme, die von den Agenturen zur Urteilsgenerierung eingesetzt werden. Hier müsste optimalerweise eine übergeordnete, aufsichtsrechtliche Instanz geschaffen bzw. eingesetzt werden, die diese Kontrollen regelmäßig vornimmt.<sup>106</sup>

Wie bereits aufgezeigt wurde, werden die Ratingagenturen i. d. R. von den Unternehmen beauftragt, ein Ratingurteil gegen eine entsprechende Bezahlung zu erstellen. Zusätzlich raten die Agenturen jedoch auch Unternehmen ohne hierfür einen Auftrag erhalten zu haben, wobei diese nicht angeforderten Ratings (unsolicited Rating) häufig nur auf öffentlich zugänglichen Informationen basieren.<sup>107</sup> In diesem Punkt kann ein weiterer Kritikpunkt gesehen werden, da für die Agenturen ein Anreiz besteht, diese Unternehmen mit einem schlechteren Rating zu versehen, um eine Zusammenarbeit im Rahmen eines bezahlten Ratingprozesses „zu erzwingen“.<sup>108</sup> Die Gefahr eines solchen möglichen Verhaltens der

<sup>101</sup> Vgl. Smith/Walter (2002), S. 293.

<sup>102</sup> Vgl. Chorafas (2000), S. 35.

<sup>103</sup> Vgl. auch im Folgenden Behr/Güttler (2004), S. 75.

<sup>104</sup> Vgl. Güttler (2004), S. 1.

<sup>105</sup> Vgl. Kuhner (2001), S. 3, sowie Krahen/Weber (2001), S. 19.

<sup>106</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 106.

<sup>107</sup> Aufgrund der Bedeutung der externen Ratings auf den Kapitalmärkten ermöglichen Unternehmen den Agenturen jedoch häufig den Einblick in nicht-öffentliche Informationen, obwohl sie das Rating gar nicht beantragt haben. Vgl. Everling/Bargende (2005), S. 263, sowie Smith/Walter (2002), S. 311.

<sup>108</sup> Vgl. Steiner/Starbatty (2003), S. 21.

Agenturen lässt sich dadurch begründen, dass die Vergabe gleichwertiger (bezahlter und unbezahlter) Ratings das inhärente Risiko von Trittbrettfahrer-Verhalten seitens der Unternehmen aufweist. Die Unternehmen könnten darauf verzichten, ein Rating in Auftrag zu geben, da sie hoffen, ein äquivalentes Rating auch kostenlos zu bekommen. Die Gebühren für Raterstellung stellen jedoch die Haupteinnahmequelle der Agenturen dar, so dass dieses Verhalten der Unternehmen zu Umsatzeinbußen der Ratingagenturen führen würde.<sup>109</sup> Dass die Befürchtung der Vergabe von schlechteren Ratings bei fehlendem Auftrag nicht unbegründet erscheint, zeigt POON in seiner empirischen Studie von S&P-Ratings, in der er für den Zeitraum von 1998-2000 Anzeichen entdeckte, die auf konstant schlechtere Ratingurteile bei unbestellten Ratings hinweisen.<sup>110</sup>

Ein weiterer Kritikpunkt bezieht sich auf die fehlende Berücksichtigung lokaler Eigenheiten von Ländern, in denen die großen Agenturen (neben den USA) tätig sind. Während in den USA die externe Unternehmensfinanzierung hauptsächlich kapitalmarktorientiert ist, hat in Ländern wie beispielsweise Deutschland und Japan die Bankfinanzierung in diesem Bereich einen hohen Stellenwert.<sup>111</sup> Den Agenturen wird hierbei vorgeworfen, dass eine Anwendung der für die USA entwickelten Ratingverfahren zu einem konsequent – im Verhältnis zu den Ergebnissen inländischer Agenturen – relativ zu schlechten Ratingurteil führt. Dieser Vorwurf konnte durch empirische Untersuchungen in Japan auch nachgewiesen werden.<sup>112</sup> Um diesen Kritikpunkt zu entkräften, sollten die Ratingagenturen ihre verwendeten Ratingkriterien den regionalen Besonderheiten anpassen, um für Unternehmen des jeweiligen Landes entsprechend aussagekräftige Ratingurteile zu generieren.

#### 2.2.4 Interne versus externe Ratings

Interne Ratings haben analog zu den externen Ratings das Ziel, die Bonität von Unternehmen objektiv zu beurteilen, wobei interne Ratings die Bonität von Kreditnehmern der Banken und externe Ratings i. d. R. die Bonität von Anleiheemittenten am Kapitalmarkt aufzeigen. Im Gegensatz zu externen Ratings erhöhen sie aufgrund der internen und nicht öffentlichen Verwendung jedoch nicht die Markttransparenz und dienen potenziellen Investoren ebenfalls nicht als Indikator für die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens. Sie stellen vielmehr die zentrale Komponente im gesamten Kreditrisikomanagement einer Bank dar. Die wesentliche Verwendung finden interne Ratings dabei im Rahmen der Kreditvergabe als Entscheidungsunterstützung für die Annahme und Prolongation von Kreditanträgen sowie zur Genehmigung und Überprüfung von Kreditlinien.<sup>113</sup> Aufgrund der Veränderlichkeit der Bonität im Zeitverlauf der Kreditbeziehung werden Ratings in regelmäßigen Abständen aktualisiert, so dass sie zusätzlich als Frühwarnindikator für negative finanzielle Entwicklungen der Kreditnehmer fungieren können und somit ein frühzeitiges Gegensteuern ermöglichen.

<sup>109</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 106 f.

<sup>110</sup> Siehe hierzu Poon (2003).

<sup>111</sup> Vgl. auch im Folgenden Behr/Güttler (2004), S. 109 f.

<sup>112</sup> Siehe hierzu beispielsweise Japan Center for International Finance (1998).

<sup>113</sup> Vgl. auch im Folgenden Fischer (2004), S. 49-51.

Ein weiterer Anwendungsbereich interner Ratings liegt in der Konditionenbestimmung für zu vergebende Kredite. Grundsätzlich sollten Banken die erwarteten Kreditausfälle und damit die Standardrisikokosten über im Kreditzins enthaltene Ausfallprämien abdecken. Verfolgt eine Bank hierbei eine dem individuellen Risiko entsprechend undifferenzierte Konditionenpolitik und vereinheitlicht somit den Preis für ihre Kredite, so besteht die Gefahr der adversen Selektion von Kreditnehmern. Aufgrund der einheitlichen Konditionen werden die schlechten Kreditnehmer durch die guten subventioniert, was zu einer Abwanderung der guten Kreditnehmer und somit zu einer insgesamt Verschlechterung des Kreditportfolios und vermehrten Kreditausfällen führen kann. Aus diesem Grund sollten Banken eine risiko-adäquate Bepreisung der Kredite vornehmen. Interne Ratings können hierbei Verwendung finden, da das kreditnehmerspezifische Kreditrisiko durch das Rating bzw. durch die mit einem Rating verbundene Ausfallwahrscheinlichkeit gemessen werden kann. Kunden mit einem entsprechend schlechteren Rating müssen dann eine höhere Ausfallprämie und somit einen höheren Kreditzins bezahlen als Kunden mit einem besseren Rating.<sup>114</sup>

Analog zu den externen Ratings haben interne Ratings aufgrund der neuen Eigenkapitalvereinbarung Basel II eine wachsende Bedeutung erlangt. Gemäß Basel II sind die Banken angehalten, ihre Mindesteigenkapitalanforderung anhand externer oder interner Ratings zu bestimmen. Unter diesem regulatorischen Gesichtspunkt werden Banken im nicht-amerikanischen Raum überwiegend die auf internen Ratings basierenden Ansätze verwenden, da vor allem im europäischen Markt nur wenige Unternehmen über ein externes Rating verfügen und somit für die Banken die Notwendigkeit erwächst, eigene interne Ratingsysteme zu implementieren.<sup>115</sup>

Neben diesen prinzipiell auf einzelne Kreditnehmer bezogenen Anwendungsbereichen stellen interne Ratings auch die Voraussetzung für eine Reihe von Kreditrisikomodellen zur Quantifizierung des Portfoliorisikos dar. Das Ziel dieser Kreditrisikomodelle besteht in der Quantifizierung des Kreditportfoliorisikos unter Berücksichtigung möglicher Bonitätsveränderungen während der Kreditlaufzeit.<sup>116</sup> Diese Bonitätsveränderungen werden dabei durch Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Ratingklassen modelliert und sind jeweils einer bestimmten Ratingklasse zugeordnet.<sup>117</sup>

Im Unterschied zu externen weisen interne Ratings eine starke Konjunkturabhängigkeit auf, was darauf zurückzuführen ist, dass die den Ratingklassen zugeordneten Ausfallwahrscheinlichkeiten für den kurzen Zeitraum von einem Jahr geschätzt werden.<sup>118</sup> Während externe Ratings recht zeitstabil sind, kommt es bei internen Ratings in einer Aufschwungphase zu durchschnittlich besseren Ratings und bei einer Rezession zu durchschnittlich schlechteren Ratings in einem Kreditportfolio. Aus Sichtweise der Banken ist diese starke Konjunkturabhängigkeit durch die Betrachtung des kurzen Zeitraums von einem Jahr durchaus sinnvoll, da die Bank dadurch einen aktuellen Eindruck von dem Kreditrisiko des gesamten Portfolios bekommt. Parallel zu den Ratingänderungen schwankt aufgrund der veränderten Risiko-

<sup>114</sup> Vgl. Kilb (2002), S. 65 f.

<sup>115</sup> Siehe Abschnitt 3.2 für die Verwendung von internen und externen Ratings im Rahmen von Basel II.

<sup>116</sup> Siehe Abschnitt 3.3 für eine detaillierte Darstellung alternativer Kreditrisikomodelle.

<sup>117</sup> Siehe Abschnitt 4.3 für einen ratingbasierten Ansatz zur Kreditrisikoquantifizierung unter Einbezug von Übergangswahrscheinlichkeiten.

<sup>118</sup> Vgl. Rösch (2005), S. 38.

situation des Portfolios auch der Bedarf an regulatorischem und ökonomischem Kapital der Banken. Bei durchschnittlicher Verschlechterung der Ratings in einem Portfolio erhöht sich das Kreditrisiko einer Bank, das sie ggf. durch zusätzliches Eigenkapital abdecken muss. Da eine Eigenkapitalerhöhung nicht immer zwingend möglich ist, können Banken den regulatorischen Eigenkapitalbedarf alternativ beispielsweise durch den Einsatz von Kreditderivaten und Forderungsverbriefungen senken, so dass interne Ratings in diesem Punkt ein gutes Steuerungsinstrument darstellen.<sup>119</sup>

Diese unterschiedliche Konjunkturabhängigkeit resultiert in Teilen aus der jeweils gewählten Rating-Philosophie der Banken und Agenturen. Während Banken durch interne Ratings meistens die aktuelle Situation der Unternehmen bewerten und somit einer „Point-in-Time“-Rating-Philosophie nachgehen, beurteilen die Agenturen durch externe Ratings die erwartete Bonitätssituation der Unternehmen für einen längeren Zeithorizont unter Berücksichtigung potenzieller negativer Konjunktur- und Branchenentwicklungen. Öffentliche Ratingagenturen erstellen ihre externen Ratings somit gemäß einer „Through-the-Cycle“-Rating-Philosophie unter Berücksichtigung eines Betrachtungszeitraums von mindestens einem Konjunkturzyklus.<sup>120</sup> Investoren in klassische Buy-and-Hold-Finanzanlagen haben grundlegend ein Interesse an einer eher langfristig orientierten Bonitätseinschätzung, die durch externe Ratings im Rahmen einer Through-the-Cycle-Betrachtung aufgezeigt wird. Die Beweggründe, warum Banken überwiegend auf ein Point-in-Time-Rating (PiT-Rating) und damit auf kurzfristige Betrachtungszeiträume abstellen, sind nicht vollständig geklärt. Ein Grund kann evtl. darin gesehen werden, dass eine Ratingkonsistenz bei einer Vielzahl an Krediten ggf. einfacher durch eine leichter durchzuführende Zeitpunkt Betrachtung erreicht werden kann. Des Weiteren ist der Aufwand für ein Through-the-Cycle-Rating (TtC-Rating) i. d. R. höher als bei PiT-Ratings, was bei Verwendung der TtC-Ratings ggf. die Vergabe von Krediten an Mittelständler für die Banken nicht mehr profitabel erscheinen lässt. Neben den geringeren Kosten und der einfacheren Durchführbarkeit von PiT-Ratings kann ein Grund für die Verwendung dieser Rating-Philosophie ergänzend darin gesehen werden, dass Banken die Intensität ihrer Kreditnehmerüberwachung anhand ihrer Ratings steuern.<sup>121</sup>

Beim Vergleich von externen und internen Ratings in Bezug auf den Aufwand beim Ratingprozess kann konstatiert werden, dass der Aufwand bei externen Ratings relativ höher ausfällt als bei internen Ratings.<sup>122</sup> Der Grund hierfür liegt überwiegend darin, dass Erstere hauptsächlich für sehr große Unternehmen bzw. Konzerne erstellt werden, deren Bewertung komplexer und dadurch schwieriger vorzunehmen ist. Aufgrund der hohen Komplexität sollten somit mehr Analysegespräche mit dem Management durchgeführt werden als bei kleineren Unternehmen. Wird der Aufwand der Raterstellung und die Komplexität des Ratingsystems proportional zu den Kosten für die Raterstellung betrachtet, so ist es offensichtlich, dass interne Ratingsysteme weniger komplex ausfallen sollten als externe Ratingsysteme, da die Kosten indirekt über den Kreditzins bzw. über eine Kreditgebühr eingeholt werden

<sup>119</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 47 f.

<sup>120</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 898, sowie Treacy/Carey (2000), S. 171.

<sup>121</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 899.

<sup>122</sup> Vgl. auch im Folgenden Behr/Güttler (2004), S. 111-113.

müssen.<sup>123</sup> Da die einzelnen Kreditbeträge i. d. R. niedriger ausfallen als das Volumen einer Anleiheemission, können die fixen Kosten für eine Raterstellung nur auf einen kleineren Betrag verteilt werden. Als Beispiel kann ein Unternehmen betrachtet werden, das eine Anleihe mit einem Volumen von 200 Mio. € emittieren möchte. Die Kosten für ein externes Rating liegen bei mindestens 20.000 € und werden direkt vom Emittenten getragen. Diese Kosten (selbst wenn wegen der oligopolistischen Marktstruktur von überhöhten Preisen der öffentlichen Agenturen und damit von relativ niedrigeren Kosten bei internen Ratings ausgegangen werden kann) erscheinen für ein internes Rating z. B. bei einem Kreditantrag über 500.000 € in keiner Weise angemessen, da sie indirekt über den Kreditzins vom Kreditnehmer getragen werden müssten.<sup>124</sup> Aus dieser Betrachtung kann geschlossen werden, dass interne Ratings überwiegend auf quantitativen Kriterien basieren, um den Aufwand und die Komplexität relativ gering zu halten. Im Vergleich zu externen Ratingagenturen verfügen Banken, unter der Voraussetzung einer langjährigen Kundenbeziehung, über Informationen über das bisherige Zahlungsverhalten der Kunden, welche neben weiteren qualitativen Merkmalen für die Ratingbestimmung berücksichtigt werden können. Der Hausbankbeziehung kommt bei dieser Betrachtung daher eine große Bedeutung zu. Externe Ratingagenturen weisen dagegen den Vorteil auf, dass sie über detailliertere interne (und nicht veröffentlichte) Unternehmensdaten sowie über Prognosen des Managements über die zukünftige Erfolgsentwicklung des Unternehmens verfügen.<sup>125</sup>

Ein weiterer Unterschied bei der Betrachtung interner und externer Ratings liegt in dem Eigeninteresse der jeweiligen Ratinginstanz. Externe Ratingagenturen streben grundsätzlich danach, Aufträge für Folgeratings zu erhalten. Aus diesem Anreiz resultiert die Gefahr, dass die Agenturen tendenziell zu gute Ratings vergeben, um den Unternehmen bessere Finanzierungsbedingungen am Kapitalmarkt zu ermöglichen und somit die Wahrscheinlichkeit für einen Folgeauftrag zu erhöhen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dieses mögliche Verhalten der Agenturen durch den damit ggf. verbundenen Reputationsverlust (und einem daran implizit gekoppelten Verlust an Marktanteilen) stark eingeschränkt wird. Auf Seiten der Banken besteht demgegenüber das Risiko, dass Kreditsachbearbeiter Kreditnehmern ein zu gutes Rating attestieren,<sup>126</sup> um so eine Kreditvergabe zu realisieren, die ihnen ggf. eine Prämienzahlung einbringt. Des Weiteren könnten Banken dem Anreiz unterliegen, systematisch bessere Ratings zu vergeben, um so die regulatorische Mindesteigenkapitalanforderung zu senken. Allerdings wird auch dieses Verhalten durch bankinterne Kontrollinstanzen bzw. durch die Bankenaufsicht begrenzt.<sup>127</sup> Die folgende Tabelle fasst die wesentlichen Unterschiede zwischen internen und externen Ratings abschließend zusammen.

<sup>123</sup> Der Aufwand und die Komplexität der Ratingverfahren sind jedoch auch bei internen Ratings teilweise abhängig von der Unternehmensgröße.

<sup>124</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 911.

<sup>125</sup> Vgl. Everling/Bargende (2005), S. 263.

<sup>126</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 904.

<sup>127</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 113.



<b>Faktor</b>	<b>Externe Ratings</b>	<b>Interne Ratings</b>
<i>Konjunkturabhängigkeit</i>	gering(er)	hoch
<i>Rating-Philosophie</i>	Through-the-Cycle	Point-in-Time
<i>Verfügbarkeit</i>	frei / gegen Gebühr veröffentlicht	bankintern
<i>Rolle bei Basel II</i>	Standardansatz	IRB-Ansätze
<i>Aufwand des Ratingprozesses</i>	sehr hoch	gering bis hoch
<i>Kostenübernahme</i>	trägt Emittent direkt	trägt Kreditnehmer indirekt
<i>Berücksichtigung ergänzender Informationen</i>	detaillierte interne Informationen und Prognosen des Managements	Zahlungsverhalten, langjährige Kundenbeziehung
<i>Ratingobjekte</i>	Emittenten am Anleihemarkt	Kreditnehmer bei Banken
<i>Eigeninteresse d. Ratinginstanz</i>	Folgeratings	Kreditvergabe

Tabelle 2.2-2: Unterschiede zwischen internen und externen Ratings<sup>128</sup>

### 2.3 Kreditrisikomaße zur Quantifizierung des unerwarteten Verlustes

Im Abschnitt 2.1 wurde das Konzept des erwarteten und unerwarteten Verlustes erläutert, wobei aufgezeigt werden konnte, dass ausschließlich der unerwartete Verlust als Kreditrisiko verstanden werden kann, da der erwartete Verlust bereits durch Ausfallprämien im Rahmen der Konditionengestaltung Berücksichtigung findet. Da sowohl der erwartete als auch der unerwartete Verlust im Bereich des Kreditrisikomanagements eine hohe Bedeutung aufweisen, wurden in Abschnitt 2.2 Credit-Ratings eingeführt, die die Ausfallwahrscheinlichkeit für jeden Kreditnehmer widerspiegeln und somit die Basis für das gesamte Kreditrisikomanagement und speziell auch für Pricing-Modelle zur Ermittlung der Standardrisikokosten darstellen. Obwohl Credit-Ratings die Kreditwürdigkeit eines Kreditnehmers signalisieren, sind sie nicht in der Lage, den unerwarteten Verlust, und damit das Kreditrisiko, direkt aufzuzeigen. In den folgenden Abschnitten werden daher Risikomaße betrachtet, mit denen der unerwartete Verlust bzw. das Kreditrisiko quantifiziert werden kann. Im Rahmen dieser Betrachtung werden in einem ersten Schritt Anforderungen an Risikomaße im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung herausgearbeitet (Abschnitt 2.3.1) und deren Erfüllung anschließend für verschiedene Risikomaße analysiert (Abschnitte 2.3.2 bis 2.3.5). Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine grundsätzliche Diskussion über die relative Vorteilhaftigkeit der unterschiedlichen Risikomaße im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung (Abschnitt 2.3.6).

#### 2.3.1 Anforderungen an Kreditrisikomaße

Im Allgemeinen werden Risikokennzahlen bzw. Risikomaße verwendet, um Risiken quantifizieren und darauf aufbauend Steuerungsmaßnahmen vornehmen zu können.<sup>129</sup> Speziell für Banken ist die quanti-

<sup>128</sup> In Anlehnung an Behr/Güttler (2004), S. 111.

<sup>129</sup> Vgl. Kürsten/Straßberger (2004), S. 203.

tative Messung des Kreditrisikos von höchster Relevanz. Neben dem grundlegenden Ziel, mittels der Risikoquantifizierung durch Risikomaße existenzgefährdende Risiken zu erkennen, sind Banken zudem durch aufsichtsrechtliche Bestimmungen verpflichtet, das Kreditrisiko zu bestimmen und es zur Sicherung ihrer eigenen Zahlungsfähigkeit mit Eigenkapital zu unterlegen. Des Weiteren ist die Kreditrisikoquantifizierung die Voraussetzung für eine nach dem jeweils eingegangenen Risiko differenzierenden Bepreisung sowie für eine risikoorientierte Steuerung der Kreditvergabe auf Portfolioebene. Zur Quantifizierung des Kreditrisikos muss daher ein Risikomaß verwendet werden, das die Höhe des Risikos adäquat wiedergibt. Allgemein kann das Risiko in Form einer Wahrscheinlichkeitsdichte- oder Verteilungsfunktion einer Zufallsvariable dargestellt werden.<sup>130</sup> Die Repräsentation des Risikos in einer solchen Form ist jedoch nicht sehr operational und nachvollziehbar, so dass eine Verdichtung der Informationen in wenige bzw. eine Maßzahl erfolgen sollte, was jedoch prinzipiell mit einem Informationsverlust einhergeht.<sup>131</sup>

Gemäß der aufgezeigten Risiko- und Kreditrisikodefinition wird die Höhe des (Kredit-)Risikos durch das Ausmaß der Zielverfehlung, also durch das Ausmaß der Abweichung vom Erwartungswert, sowie den jeweils zuzurechnenden Wahrscheinlichkeiten determiniert. Aus diesem Grund sollten Kreditrisikomaße einerseits Aussagen über die Eintrittswahrscheinlichkeiten und andererseits Aussagen über die Risikohöhe zulassen.<sup>132</sup> Zusätzlich sollte das gewählte Risikomaß **leicht zu interpretieren** sein und daher zum einfachen Verständnis in Geldeinheiten ausgedrückt werden.<sup>133</sup>

Aufgrund der alleinigen Betrachtung von negativen Abweichungen vom erwarteten Verlust und der aufsichtsrechtlichen Verpflichtung zur Unterlegung des unerwarteten Verlustes mit Eigenkapital, stellt eine weitere Anforderung an Risikomaße daher die Möglichkeit der **direkten Messung des ökonomischen Risikos** dar.<sup>134</sup> Das Risikomaß sollte demnach das Verlustpotenzial aufzeigen, welches mit ökonomischem Kapital zu unterlegen ist. Zusätzlich ist es für eine risikoorientierte Steuerung des Kreditportfolios notwendig, dass das Risikomaß ergänzend als **Zielgröße von Optimierungsproblemen** verwendet werden kann.

In dieser Arbeit liegt der Fokus zwar ausschließlich auf der Quantifizierung des Kreditrisikos, bei der Wahl des Risikomaßes sollte allerdings von der Bestimmung von Marktpreisrisiken (und operationellen Risiken) nicht vollständig abstrahiert werden. Im Rahmen einer Gesamtbanksteuerung wird eine integrierte Risikomessung gefordert, bei der mithilfe eines Risikomaßes sowohl Marktpreis- als auch Kreditrisiken quantifiziert werden können. Das zu wählende Risikomaß muss daher für eine **integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten** geeignet sein. Bei der Berücksichtigung verschiedener Risikoarten stellt sich implizit die Notwendigkeit dar, dass das Risikomaß optimalerweise zur **Risikosteuerung eines Bankportfolios** verwendet werden kann, wobei das Risikomaß hier als Grundlage für eine portfolio-übergreifende Risikosteuerung geeignet sein sollte. Gemäß dieser Anforderung haben ARTZNER ET AL. vier Axiome formuliert, die ein Risikomaß im Rahmen der Risikosteuerungsmöglichkeit

<sup>130</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 11.

<sup>131</sup> Vgl. Völker (2001), S. 46.

<sup>132</sup> Vgl. Schulte/Horsch (2002), S. 15.

<sup>133</sup> Vgl. Rohmann (2000), S. 31.

<sup>134</sup> Vgl. auch im Folgenden Theiler (2002), S. 69.

erfüllen sollte. Risikomaße, die diesen Eigenschaften entsprechen, werden als **kohärente Risikomaße** bezeichnet.<sup>135</sup>

Bei der Formulierung der vier Axiome gehen ARTZNER ET AL. davon aus, dass es im Rahmen des Risikomanagements notwendig ist, zwischen akzeptablen und nicht akzeptablen Portfolios differenzieren zu können. Nicht akzeptable Portfolios sind durch ein zu hohes Risiko charakterisiert, wobei unter zu hohem Risiko ein zu niedriger Portfoliowert zum prognostizierten Zeitpunkt verstanden wird.<sup>136</sup> Diese Differenzierung verstehen die Autoren bereits als grobe Risikomessung, indem sie in einem ersten Schritt die Menge der akzeptierten Portfoliowerte, bestehend aus allen Portfoliopositionen mit einem akzeptablen zukünftigen Wert, bestimmen.<sup>137</sup> In die weitere Betrachtung gehen ausschließlich die nicht akzeptablen Positionen ein, für die jeweils der kleinste Kapitalbetrag gesucht wird, der in Kombination mit der untersuchten Position den minimalen (gerade) akzeptablen Wert ergibt. Entsprechend dieser Überlegungen definieren ARTZNER ET AL. ein Risikomaß wie folgt:

*Der minimale Kapitaleinsatz, der benötigt wird, um aus einer nicht akzeptablen Position durch Investitionen in andere (finanzwirtschaftliche) Instrumente und deren Kombination mit der betrachteten Position eine gerade akzeptable Position zu generieren, wird als Risikomaß bezeichnet.*<sup>138</sup>

Formal bezeichnet ein kohärentes Risikomaß  $q$  eine Abbildung, die jedem Portfolio mit dem zukünftigen Wert  $X$  eine Zahl  $q(X)$  zuweist<sup>139</sup> und die folgenden vier Eigenschaften erfüllt.<sup>140</sup>

**(1) Subadditivität:**

Die Subadditivitäts-Eigenschaft fordert von einem Risikomaß, dass das Risiko eines Portfolios, bestehend aus zwei Positionen, stets kleiner oder gleich der Summe der Einzelrisiken der zwei Positionen ist.<sup>141</sup> Dieses Axiom berücksichtigt den Diversifikationseffekt im Portfoliokontext, so dass durch die Hinzunahme einer Position  $Y$  in das Portfolio  $X$  das Portfoliorisiko maximal um das Einzelrisiko von  $Y$  ansteigt. Es gilt daher:

$$q(X + Y) \leq q(X) + q(Y) \quad (2-11)$$

**(2) Positive Homogenität:**

Das Homogenitäts-Axiom fordert, dass das Risiko proportional zu einem positiven Faktor steigt. D. h. eine Position, die den  $t$ -fachen Wert aufweist, beinhaltet auch das  $t$ -fache Risiko, so dass gilt:

$$q(t \cdot X) = t \cdot q(X), t > 0 \quad (2-12)$$

<sup>135</sup> Vgl. Artzner et al. (1997) sowie Artzner et al. (1999).

<sup>136</sup> Vgl. Theiler (2002), S. 70.

<sup>137</sup> Vgl. Artzner et al. (1999), S. 205.

<sup>138</sup> Vgl. Artzner et al. (1999), S. 204.

<sup>139</sup> Vgl. Artzner et al. (1997), S. 68, sowie Theiler (2002), S. 72.

<sup>140</sup> Vgl. auch im Folgenden Artzner et al. (1997), S. 68; Artzner et al. (1999), S. 208-210; Kürsten/Straßberger (2004), S. 206, sowie Theiler (2002), S. 72-74.

<sup>141</sup> In diesem Punkt wird das einer Einzelposition inhärente Risiko betrachtet, nicht sein Risikobeitrag im Portfoliokontext.

**(3) Monotonie:**

Die Monotonie-Eigenschaft besagt, dass das Risiko eines Portfolios  $X$  stets höher ist als bei einem Portfolio  $Y$ , wenn der Wert von  $X$  in jedem möglichen Zustand immer kleiner ist als der Wert von  $Y$ .<sup>142</sup>  $X$  weist damit aufgrund des jeweils höheren Verlustpotenzials ein größeres Risiko auf als  $Y$ .<sup>143</sup> Mit der Erfüllung der Monotonie-Eigenschaft wird zudem sichergestellt, dass ein kohärentes Risikomaß mit dem Prinzip der stochastischen Dominanz ersten Grades vereinbar ist.<sup>144</sup> In diesem Axiom wird somit die (ökonomische) Risikodefinition berücksichtigt, die ausschließlich negative Abweichungen als Risiko betrachtet.<sup>145</sup> Es gilt somit:

$$q(X) \geq q(Y), \text{ falls } X \leq Y \quad (2-13)$$

**(4) Translationsinvarianz:**

Wenn zu einem vorhandenen Portfolio  $X$  für die betrachtete Haltedauer zusätzlich ein Geldbetrag  $N$  zu einem risikofreien Zinssatz  $r_f$  investiert wird, so verringert sich das Risiko des Portfolios um den Betrag  $N$ .

$$q(X + (1 + r_f) \cdot N) = q(X) - N \quad (2-14)$$

Das Axiom der Translationsinvarianz unterstreicht die Definition des Risikomaßes als mindestens zu investierenden Kapitalbetrag, um aus einer nicht akzeptablen Position eine akzeptable zu generieren. Bei der Investition eines Anlagebetrages  $N$  in Höhe des vorhandenen Risikopotenzials der bestehenden Position  $X$  ( $N = q(X)$ ) zum risikofreien Zinssatz  $r_f$ , neutralisiert die Zunahme der risikofreien Position das Risiko der Ursprungs-Position und stellt damit implizit das Risikodeckungspotenzial dar.<sup>146</sup>

$$q(X + (1 + r_f) \cdot N) = q(X + (1 + r_f) \cdot q(X)) = q(X) - q(X) = 0 \quad (2-15)$$

Erfüllt ein Risikomaß die Axiome der Subadditivität und der positiven Homogenität, so ist das Risikomaß konvex. Die Konvexität garantiert die Lösbarkeit von (Risiko-/Rendite-)Portfolio-Optimierungen, so dass für jedes Risikoniveau ein optimales Risiko-/Rendite-Portfolio gefunden werden kann.<sup>147</sup> Die Konvexitätsanforderung an ein Risikomaß entspricht damit implizit der oben angesprochenen Anforderung der Verwendung des Risikomaßes als Zielgröße für Optimierungsprobleme.

<sup>142</sup> Vgl. Denault (2001), S. 5.

<sup>143</sup> Vgl. Albrecht (2003), S. 13 f.

<sup>144</sup> Vgl. Baule (2004), S. 21.

<sup>145</sup> Vgl. Theiler (2002), S. 73.

<sup>146</sup> Vgl. Artzner et al. (1999), S. 209, sowie Theiler (2002), S. 74.

<sup>147</sup> Vgl. auch für die hierzu geltenden Voraussetzungen Theiler (2002), S. 73, sowie Theiler (2001), S. 185.

Zusammenfassend sollte ein Risikomaß zur Kreditrisikoquantifizierung die folgenden Anforderungen erfüllen:

- leichte Interpretierbarkeit,
- Möglichkeit zur direkten Messung des ökonomischen Risikos,
- Verwendung als Zielgröße für Optimierungsprobleme,
- Möglichkeit der integrierten Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten,
- Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios sowie
- Kohärenz.

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Risikomaße dargestellt und auf die Erfüllung der gestellten Anforderungen untersucht.

### 2.3.2 Varianz und Standardabweichung

Ein in der finanzwirtschaftlichen Theorie und Praxis stark verbreitetes und auch aus der Statistik bekanntes Risikomaß ist die Varianz (bzw. Standardabweichung).<sup>148</sup> Diese Kennzahl stellt ein Streuungsmaß dar, das die Dispersion vom Erwartungswert misst. Allgemein wird der Erwartungswert  $E(X)$ , die Varianz und die Standardabweichung ( $\sigma$ ), als quadratische Wurzel der Varianz, gemäß der folgenden Formeln für diskrete bzw. stetige Zufallsvariablen ermittelt.<sup>149</sup>

$$E(X) = \sum_{i=1}^N x_i \cdot p_i \quad (2-16)$$

$$\text{Varianz}(\sigma^2) = \sum_{i=1}^N (x_i - E(x))^2 \cdot p_i \quad (2-17)$$

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x_i f(x_i) dx_i \quad (2-18)$$

$$\text{Varianz}(\sigma^2) = \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - E(x))^2 f(x_i) dx_i \quad (2-19)$$

$$\text{Standardabweichung} (\sigma) = \sqrt{\text{Varianz}} \quad (2-20)$$

$x_i$  bezeichnet hierbei die möglichen Werteausprägungen und  $p_i$  die jeweils zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten.

<sup>148</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 12.

<sup>149</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 203; Hahn/Pfingsten/Wagner (2001), S. 277 f.; Völker (2001), S. 41, sowie Rohmann (2000), S. 180 f.

Die Varianz quantifiziert die mittlere quadratische Abweichung vom Erwartungswert, wobei sie ein zweiseitiges bzw. symmetrisches Risikomaß darstellt, d.h. es werden sowohl negative als auch positive Abweichungen vom Erwartungswert quantifiziert.<sup>150</sup> Diese Risikoquantifizierung entspricht jedoch nicht der aufgezeigten Risikodefinition, in der ausschließlich negative Abweichungen vom Mittelwert betrachtet werden. Lediglich unter der unrealistischen Annahme von normalverteilten Kreditverlusten könnte das Kreditrisiko anhand von symmetrischen Kennzahlen angemessen quantifiziert werden. Für asymmetrische Verteilungen sind Varianz und Standardabweichung jedoch ungeeignet,<sup>151</sup> und sie erfüllen daher auch nicht die Anforderung, das ökonomische Risiko direkt messen zu können.<sup>152</sup>

Des Weiteren ist die Varianz kein leicht zu interpretierendes Risikomaß unter dem Gesichtspunkt, dass das Risiko nicht in Geldeinheiten, sondern bei Verlustbetrachtungen in Geldeinheiten zum Quadrat angegeben wird. In diesem Fall werden der erwartete und der unerwartete Verlust in unterschiedlichen Maßeinheiten angegeben, was eine Vergleichbarkeit bzw. Interpretation der Ergebnisse erschwert.<sup>153</sup> Die Standardabweichung als Wurzel der Varianz stellt ein in Ansätzen leichter zu interpretierendes Risikomaß dar, da das Kreditrisiko in Geldeinheiten ausgedrückt werden kann bzw. erwarteter und unerwarteter Verlust die gleiche Maßeinheit aufweisen.<sup>154</sup> Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Standardabweichung kaum über eine eigenständige Interpretation im Sinne von zu unterlegendem Risikokapital verfügt, sondern dass sie lediglich einen Anhaltspunkt für die Streuung der Verluste gibt.<sup>155</sup>

Standardabweichung und Varianz sind zwar positiv homogen,<sup>156</sup> aber nur unter der Bedingung von normalverteilten Zufallsvariablen subadditiv<sup>157</sup> und stellen damit bei allgemeiner Betrachtung keine konvexen Risikomaße dar. Sie eignen sich daher nicht zur Portfoliooptimierung und -steuerung im Kreditrisikomanagement, da sie zudem aufgrund ihrer Symmetrieeigenschaft die bei Kreditverlusten vorherrschenden asymmetrischen Verteilungen nicht vollständig beschreiben können. Im Rahmen einer Portfoliosteuerung können sie daher zu falschen Steuerungsentscheidungen führen.<sup>158</sup>

Varianz und Standardabweichung zählen auch nicht zu den kohärenten Risikomaßen, da neben der Eigenschaft der Subadditivität auch die Eigenschaft der Monotonie durch die Berücksichtigung von positiven *und* negativen Abweichungen vom erwarteten Verlust verletzt wird.<sup>159</sup> Letztendlich lassen sich die beiden Risikomaße aufgrund der restriktiven Festlegung auf eine Normalverteilung auch nicht für die Messung unterschiedlicher Risikoarten verwenden. Zwar sind sie in der Lage, Marktpreisrisiken, für die i. d. R. einer Normal- bzw. Lognormalverteilung unterstellt wird, zu quantifizieren, wie jedoch gezeigt

<sup>150</sup> Vgl. Goovaerts/Kaas/Dhaene (2002), S. 1, sowie Theiler (2002), S. 76.

<sup>151</sup> Gemäß der Risikodefinition wäre die untere Semivarianz besser geeignet, bei der die mittlere quadratische Abweichung für die Werteausprägungen (einer Verlustverteilung) ermittelt wird, die größer als der Erwartungswert sind. Vgl. Kürsten/Straßberger (2004), S. 204.

<sup>152</sup> Vgl. Wehrspohn (2001), S. 582, sowie Hahn/Pfingsten/Wagner (2001), S. 278.

<sup>153</sup> Vgl. Albrecht/Maurer (2002), S. 92.

<sup>154</sup> Eine sinnvolle Interpretation ist hier jedoch auch nur für den Fall normalverteilter Verluste möglich.

<sup>155</sup> Vgl. Wehrspohn (2001), S. 582.

<sup>156</sup> Vgl. Theiler (2002), S. 72.

<sup>157</sup> Vgl. Acerbi/Nordio/Sirtori (2001), S. 5.

<sup>158</sup> Vgl. Wehrspohn (2001), S. 583 und S. 588.

<sup>159</sup> Vgl. Theiler (2002), S. 73.

wurde, sind sie ungeeignet, Kreditrisiken adäquat zu messen. Zusammenfassend zeigt die folgende Tabelle, welche Anforderungen an Risikomaße für die Kreditrisikoquantifizierung durch die Standardabweichung bzw. Varianz erfüllt werden.

Anforderungen	Standardabweichung	Varianz
leichte Interpretierbarkeit	(+)	—
direkte Messung des ökonomischen Risikos	—	—
Zielgröße für Optimierungsprobleme	—	—
integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten	—	—
Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios	—	—
Kohärenz	—	—

Tabelle 2.3-1: Anforderungsanalyse bei Standardabweichung und Varianz

### 2.3.3 Lower Partial Moments

Lower Partial Moments (LPM) zählen zu den so genannten Downside-Risikomaßen und betrachten ausschließlich den Verlustbereich einer Verteilung, also den Teil der Wahrscheinlichkeitsverteilung, der (bei Verlustbetrachtung) über einem vorher zu spezifizierenden Referenzwert liegt.<sup>160</sup> Die allgemeine Definition von Lower Partial Moments ( $LPM_n(z)$ ) der Ordnung  $n \geq 0$  für den Fall einer stetigen Zufallsvariable  $X$  mit Dichtefunktion  $f(x)$  und einem zu spezifizierenden Referenzwert  $z$  als Verlustschränke lautet bei Verlustbetrachtung:<sup>161</sup>

$$LPM_n(z) = \int_z^{\infty} (x - z)^n f(x) dx \quad (2-21)$$

Bei einer diskreten Zufallsvariable  $X$  mit den Ausprägungen  $x_1, \dots, x_k$  und den Eintrittswahrscheinlichkeiten  $p_1, \dots, p_k$  ergibt sich der LPM der Ordnung  $n \geq 0$  gemäß Gleichung (2-22).  $I_z(x)$  stellt eine Indikatorfunktion dar, wobei  $I_z(x)=1$  für  $x>z$  und ansonsten  $I_z(x)=0$  gilt.<sup>162</sup>

$$LPM_n(z) = \sum_{x_i > z} (x_i - z)^n p_i = \sum (x_i - z)^n p_i \cdot I_z(x_i) \quad (2-22)$$

Anhand dieser Definition lassen sich unzählige LPM definieren, allerdings können nur LPM der Ordnung Null bis Zwei ökonomisch sinnvoll interpretiert werden.<sup>163</sup>

Der LPM nullter Ordnung ( $LPM_0$ ) wird auch als Shortfall-Risiko oder Downside-Wahrscheinlichkeit bezeichnet und misst die Wahrscheinlichkeit, dass ein Verlust eintritt, der den Referenzverlust übersteigt. Das Ausmaß der Referenzwertverfehlung bleibt hierbei jedoch unberücksichtigt.<sup>164</sup> Der  $LPM_1$ , oder auch Target Shortfall bzw. Downside-Erwartungswert, zeigt dagegen die durchschnittliche negative

<sup>160</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 22; Kürsten/Straßberger (2004), S. 204, sowie Völker (2001), S. 48.

<sup>161</sup> Vgl. Fishburn (1977), S. 116; Albrecht (2001), S. 1, sowie Wittrock (1995), S. 42.

<sup>162</sup> Vgl. Albrecht (2001), S. 1; Eftekhari (1998), S. 646, sowie Hahn/Pfingsten/Wagner (2001), S. 279.

<sup>163</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 22.

<sup>164</sup> Vgl. auch im Folgenden Völker (2001), S. 48 f., sowie Eftekhari (1998), S. 646.

Abweichung vom Referenzwert an. Diese Betrachtung impliziert, dass Verluste, die kleiner als der Referenzverlust sind, eine „negative Abweichung“ von Null aufweisen. Bei  $n = 2$  misst der  $LPM_2$ , als so genannte Downside-Varianz, die mittlere quadrierte negative Abweichung vom Referenzwert, so dass größere Abweichungen stärker berücksichtigt werden als kleine. Wird als Referenzwert der Erwartungswert der Verteilung verwendet, so entspricht der  $LPM_2$  der Semivarianz. Die Downside-Standardabweichung ergibt sich aus der Wurzel der Downside-Varianz.<sup>165</sup>

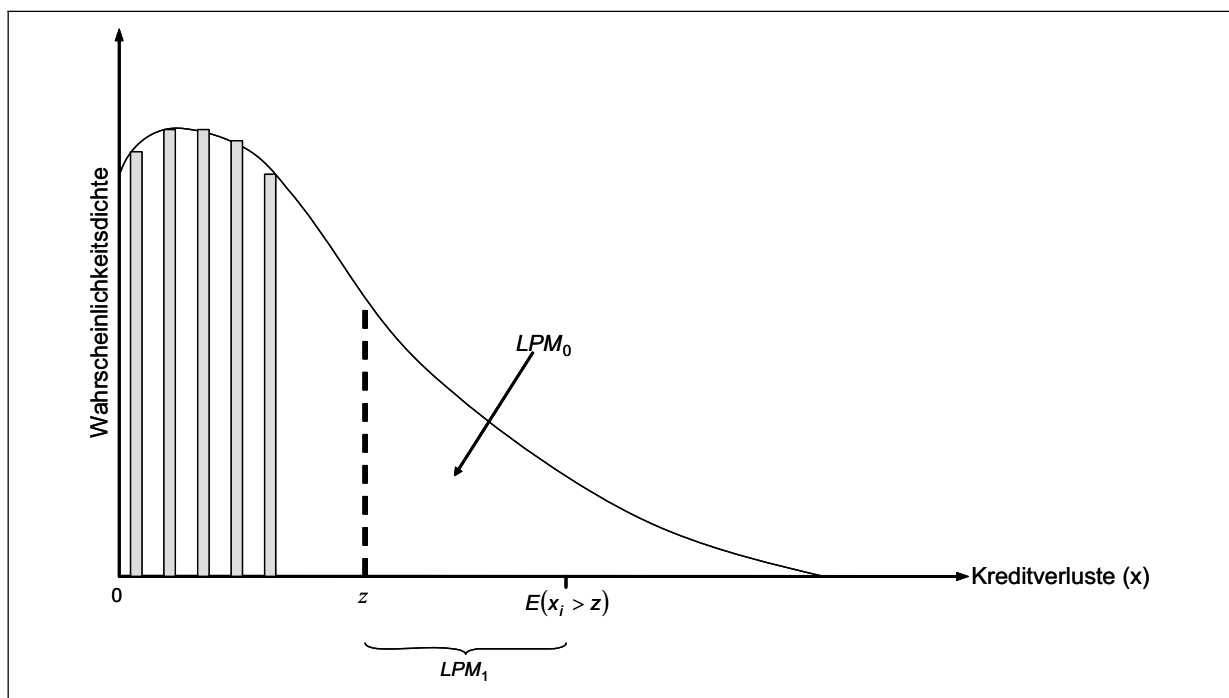


Abbildung 2.3-1: Darstellung  $LPM_0$  und  $LPM_1$ <sup>166</sup>

Die Downside-Wahrscheinlichkeit ( $LPM_0$ ) wird in Abbildung 2.3-1 durch die Fläche unter der Dichtefunktion ab dem Referenzwert  $z$  dargestellt. Der  $LPM_1$  zeigt den Erwartungswert der möglichen Überschreitungen des Referenzwertes  $z$  an.

Durch die ausschließliche Betrachtung von negativen Abweichungen von einem Referenzwert (Erwartungswert) unterstützen die LPM die oben angegebene Risikodefinition. Für den  $LPM_0$  lässt sich festhalten, dass er als Ausfallwahrscheinlichkeit zwar leicht zu interpretieren ist und das ökonomische Risiko in Form einer Wahrscheinlichkeit widerspiegelt, das Kreditrisiko dabei jedoch nicht in Geldeinheiten ausdrückt. Die letztgenannte Anforderung wird durch  $LPM_1$  und  $LPM_2$  (nur in Form der Downside-Standardabweichung) jedoch in Ansätzen erfüllt. Eine allgemeingültige Interpretation als zu unterlegendes Risikokapital ist hier allerdings ebenfalls kaum gegeben.

Aufgrund der Eigenschaft, dass alle LPM-Maße in Abhängigkeit von alternativen Referenzwerten für beliebige Verteilungen bestimmt werden können, und zudem in der Lage sind Asymmetrien der Ver-

<sup>165</sup> Vgl. Albrecht (2003), S. 24.

<sup>166</sup> In Anlehnung an Hollidt (1999), S. 11.



teilungen zu berücksichtigen, eignen sich diese Risikomaße zur Quantifizierung verschiedener Risikoarten.<sup>167</sup>

Zur Überprüfung, ob sich  $LPM_n(z)$  als Zielgröße für Optimierungsprobleme eignen, gilt es das Risikomaß auf Konvexität zu untersuchen. Wie in Abschnitt 2.3.1 bereits aufgezeigt wurde, ist ein Risikomaß konvex, wenn es subadditiv und positiv homogen ist. Der  $LPM_n(z)$  ist nur subadditiv bei positiven Referenzwerten ( $z \in \mathcal{R}_+$ ) und bei Exponenten  $n$ , die größer als Null und kleiner/gleich Eins sind ( $0 < n \leq 1$ ).<sup>168</sup> Bei ausschließlicher Betrachtung ganzzahliger Exponenten  $n$ , erfüllt also nur der  $LPM_1$  bei positiven Referenzwerten die Anforderung der Subadditivität. Positive Homogenität erfüllen die  $LPM_n(z)$  nur bei  $z = 0$  und bei  $n = 1$ , so dass nur der  $LPM_1$  bei einem Referenzwert in Höhe von Null positiv homogen ist. Für den allgemeingültigen Fall der  $LPM_n(z)$  lässt sich also keine Konvexität dieser Risikomaße nachweisen, so dass sie keine gute Zielgröße für Optimierungsprobleme darstellen.

Des Weiteren stellen  $LPM_n(z)$  keine kohärenten Risikomaße dar, da sie neben den beiden letztgenannten Anforderungen auch nicht den Anforderungen der Monotonie und der Translationsinvarianz genügen. Während die Translationsinvarianz durch keinen  $LPM_n(z)$  erfüllt wird, wird die Monotonie-Eigenschaft lediglich durch den LPM nullter Ordnung verletzt.<sup>169</sup> Aufgrund der fehlenden Kohärenz-Eigenschaft der  $LPM_n(z)$  sind sie daher für eine Risikosteuerung gemäß dem Axiomensystem von ARTZNER ET AL. ungeeignet. Die folgende Tabelle fasst die Untersuchung der  $LPM_n(z)$  abschließend zusammen.

Anforderungen	$LPM_n(z)$	$LPM_0$	$LPM_1$	$LPM_2$
leichte Interpretierbarkeit	—	(+)	+	(+)
direkte Messung des ökonomischen Risikos	—	(+)	+	(+)
Zielgröße für Optimierungsprobleme	—	—	—	—
integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten	+	+	+	+
Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios	—	—	—	—
Kohärenz	—	—	—	—

Tabelle 2.3-2: Anforderungsanalyse bei Lower Partial Moments

### 2.3.4 Value at Risk

Das Risikomaß Value at Risk<sup>170</sup> zählt zu den Downside-Risikomaßen und betrachtet damit, wie die  $LPM_n(z)$ , ausschließlich die Verlustseite der Verteilung. Die VaR-Methodik wurde anfänglich ausschließlich für die Quantifizierung des Marktpreisrisikos entwickelt. Erst später fand der VaR auch Berücksichtigung im Rahmen der Kreditrisikomessung.<sup>171</sup>

<sup>167</sup> Vgl. Wittrock (1995), S. 44.

<sup>168</sup> Vgl. auch im Folgenden Barbosa/Ferreira (2004), S. 10.

<sup>169</sup> Für die mathematischen Beweise sei auf Barbosa/Ferreira (2004), S. 22-25 verwiesen.

<sup>170</sup> Im Rahmen des Kreditrisikomanagements wird der VaR auch als Credit Value at Risk bezeichnet.

<sup>171</sup> Vgl. Jorion (2001), S. 15.

Allgemein wird der Value at Risk (VaR) als der maximal mögliche Verlust einer Position oder eines Portfolios über einen bestimmten Zeitraum bei einem vorgegebenen Konfidenzniveau  $1-\alpha$  definiert.<sup>172</sup> Das spezifizierte Konfidenzniveau  $1-\alpha$  stellt hierbei die Wahrscheinlichkeit dar, mit der ein möglicher eintretender Verlust nicht überschritten wird. Nur in  $\alpha\%$  der Fälle wird ein Verlust-Szenario eintreffen, das den VaR-Wert überschreitet.<sup>173</sup> In dieser allgemeinen Form wird der VaR als *absoluter VaR* ( $VaR_a$ ) bezeichnet. Eine alternative Definition bezeichnet den VaR als den relativ zum Erwartungswert der Verteilung gemessenen maximal möglichen Verlust für eine bestimmte Haltedauer bei gegebenem Konfidenzniveau.<sup>174</sup> Bei dieser zweiten Definition berechnet sich dieser *relative VaR* ( $VaR_r$ ) aus der Differenz vom maximalen Verlust beim Konfidenzniveau  $1-\alpha$  ( $VaR_a$ ) und dem Erwartungswert der Verteilung.<sup>175</sup> Formal lassen sich der absolute und relative VaR wie folgt für die Betrachtung von Kreditverlusten definieren:<sup>176</sup>

Der VaR stellt bei einem Konfidenzniveau von  $1-\alpha$  eine Verlustschränke dar, die nur mit der Wahrscheinlichkeit  $p = \alpha$  überschritten wird.  $X$  bezeichnet hierbei den Verlust und  $F$  die Verteilungsfunktion.

$$p(X > VaR^{1-\alpha}) = \alpha \quad (2-23)$$

Der VaR stellt somit das  $1-\alpha$ -Quantil der Verlustverteilung dar. Für den absoluten VaR gilt daher:

$$\int_0^{VaR_a^{1-\alpha}} f(X) dX = F(VaR_a^{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (2-24)$$

Über die Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion  $F^{-1}$  der Verluste kann der  $VaR_a$  direkt ermittelt werden.

$$VaR_a^{1-\alpha} = F^{-1}(1 - \alpha) \quad (2-25)$$

Der relative VaR berechnet sich aus der Differenz des absoluten VaR und dem Erwartungswert der Verlustverteilung bzw. dem erwarteten Verlust (EL).<sup>177</sup>

$$VaR_r^{1-\alpha} = VaR_a^{1-\alpha} - EL \quad (2-26)$$

Abbildung 2.3-2 veranschaulicht die beiden alternativen Definitionen des VaR für Kreditverluste.

<sup>172</sup> Vgl. Jorion (2001), S. 22; Wilson (1999), S. 61, sowie Duffie/Pan (1997), S.7.

<sup>173</sup> Vgl. Völker (2001), S. 70.

<sup>174</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 189.

<sup>175</sup> Vgl. Jorion (2001), S. 109, sowie Völker (2001), S. 69.

<sup>176</sup> Vgl. Wilkens/Völker (2001), S. 416; Völker (2001), S. 70 f.; Meyer (1999), S. 27 f.; Albrecht (2003), S. 29; Albrecht/Koryciorz (2003), S. 1, sowie Jorion (2001), S. 109 f.

<sup>177</sup> Vgl. Völker (2001), S. 69.

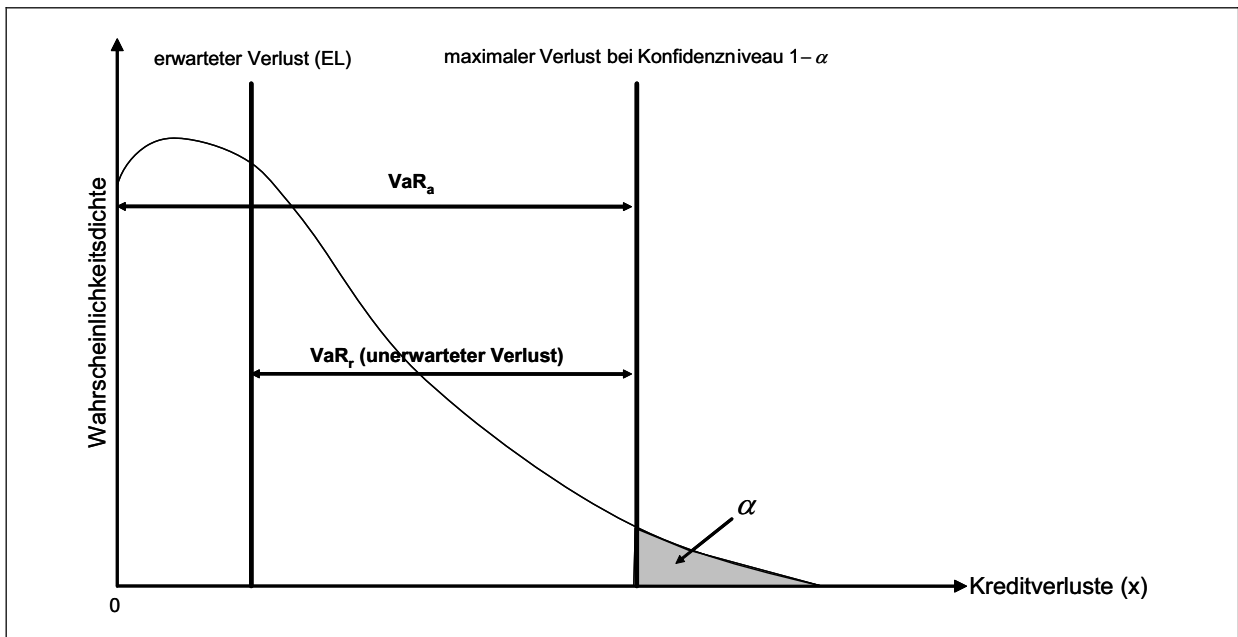


Abbildung 2.3-2: Alternative VaR-Definitionen<sup>178</sup>

Die Abbildung verdeutlicht, dass der relative VaR der Differenz aus dem absoluten VaR und dem erwarteten Verlust entspricht und somit den unerwarteten Verlust quantifiziert, während der absolute VaR den erwarteten und den unerwarteten Verlust zusammen als Kreditrisiko ausweist. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird aufgrund seiner Konsistenz zur gegebenen Risiko- bzw. Kreditrisikodefinition auf den relativen VaR abgestellt. Im Rahmen der Betrachtung von Kreditverlusten kann der VaR eines Kreditengagements oder eines Kreditportfolios als Risikomaßzahl definiert werden, der die maximale Höhe eines potenziellen **unerwarteten** Verlustes für einen bestimmten Betrachtungszeitraum und für eine vorgegebene Wahrscheinlichkeit aufzeigt.<sup>179</sup>

Bei der Bestimmung des VaR kann, bezogen auf die betrachtete Verteilung, zwischen nicht-parametrischen und parametrischen VaR differenziert werden.<sup>180</sup> Nicht-parametrische VaR werden anhand von Verteilungen ermittelt, die durch historische Daten generiert werden. In diesen Fällen werden keine Parameter einer theoretischen Verteilung geschätzt, sondern es wird die empirisch bestimmte Verteilung verwendet.<sup>181</sup> Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass kein spezielles stochastisches Modell unterstellt werden muss.<sup>182</sup> Beim parametrischen VaR wird angenommen, dass die Verluste von Positionen oder Portfolios (bzw. die jeweiligen Bonitätsänderungen) einer analytisch bestimmbar Verteilung (z. B. Annahme einer Normalverteilung oder Student-t Verteilung) folgen, so dass in diesen Fällen historische Daten dafür verwendet werden, um die Parameter der Verteilung zu schätzen.<sup>183</sup>

<sup>178</sup> In Anlehnung an Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 188.

<sup>179</sup> Vgl. Schiller/Tytko (2001), S. 259.

<sup>180</sup> Vgl. Jorion (2001), S. 107, sowie Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 188.

<sup>181</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 190.

<sup>182</sup> Vgl. Huschens (2000), S. 1.

<sup>183</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 192.

Um einen VaR berechnen zu können, muss in einem ersten Schritt die zukünftige Verteilung der Portfoliowerte bzw. -verluste bestimmt werden. Anschließend können dann der Erwartungswert und das entsprechende Quantil der Verteilung bestimmt werden, so dass ein VaR ermittelt werden kann.<sup>184</sup> Um die Verteilung zu bestimmen, lassen sich allgemein die drei folgenden Ansätze unterscheiden:

- Analytischer Varianz-Kovarianz-Ansatz,
- Historische Simulation und
- Monte-Carlo-Simulation.

Der analytische Varianz-Kovarianz-Ansatz geht von der Annahme aus, dass die Risikofaktoren lognormal oder ihre logarithmierten Renditen normalverteilt sind. Die historische Simulation fordert demgegenüber keine analytischen Annahmen über die Verteilung.<sup>185</sup> Der VaR wird bei diesem Ansatz anhand der empirischen Verteilung ermittelt. Die Verteilung ergibt sich dabei aus den historischen Realisierungen der Risikofaktoren des Referenzzeitraumes. Bei Verwendung der Monte-Carlo-Simulation kann jede beliebige analytische (multivariate) Verteilung für die Risikofaktoren gewählt werden. Die einzig zu beachtende Grundvoraussetzung ist, dass die jeweiligen Parameter der gewählten Verteilung geschätzt werden können. Für Kreditrisiken mit asymmetrischen Verteilungen eignen sich daher vorwiegend Simulationsmodelle, die ohne explizite Verteilungsannahmen auskommen.<sup>186</sup>

Im Rahmen der Überprüfung der an ein Kreditrisikomaß zu stellenden Anforderungen lässt sich aufzeigen, dass der VaR ein leicht zu interpretierendes Risikomaß darstellt, indem mögliche unerwartete Verluste in Geldeinheiten ausgedrückt werden und zusätzlich die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines maximalen Verlustes mit angezeigt wird.<sup>187</sup> Der VaR kann als (ökonomisches) Kapital interpretiert werden, das für die eingegangenen Risiken zu unterlegen ist, so dass anhand dieser Kennzahl das ökonomische Risiko direkt gemessen werden kann.<sup>188</sup>

Des Weiteren stellt der VaR ein universelles Risikomaß dar und erfüllt die Anforderung an eine integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten. Der VaR kann für verschiedene Risikoarten ermittelt werden, die abschließend zu einer Gesamtgröße aggregiert werden können.<sup>189</sup>

Für die Lösung von Optimierungsproblemen stellt der VaR keine geeignete Kennzahl dar, da die Eigenschaft der Subadditivität im Allgemeinen verletzt wird,<sup>190</sup> so dass der VaR kein konvexes Risikomaß ist.<sup>191</sup> Bei fehlender Subadditivität verringert sich bei Portfoliodiversifikation nicht zwingend das gemessene Risiko, so dass es bei einem Vergleich alternativer Portfolios zu falschen Risikoeinschätzungen

<sup>184</sup> Vgl. Huschens (2000), S. 2, sowie Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 196 f.

<sup>185</sup> Vgl. Auch im Folgenden Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 198.

<sup>186</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 155.

<sup>187</sup> Vgl. Jockusch (2002), S. 39.

<sup>188</sup> Vgl. Wilson (1999), S. 65, sowie Albrecht (2003), S. 29.

<sup>189</sup> Vgl. Uhlir/Aussenegg (1996), S. 831, sowie Wittrock (1996), S. 917.

<sup>190</sup> Es existieren jedoch Klassen von Verteilungen innerhalb derer der VaR subadditiv und damit ein kohärentes Risikomaß darstellt. Hierzu zählt beispielsweise die Klasse der Normalverteilungen sofern  $\alpha < 0,5$  gilt. Vgl. Albrecht (2003), S. 31.

<sup>191</sup> Vgl. Tasche (2002), S. 1519.

bzw. zu irreführenden Präferenzen bei der Portfoliozusammenstellung kommen kann.<sup>192</sup> Aufgrund der fehlenden Eigenschaft der Subadditivität zählt der VaR daher nicht zu den kohärenten Risikomaßen, obwohl er den Eigenschaften der positiven Homogenität, Monotonie und Translationsinvarianz entspricht.<sup>193</sup> Daher ist das Risikomaß zur Risikosteuerung eines Bankportfolios ebenfalls nicht zwingend geeignet.

Insgesamt stellt der VaR ein recht einfaches und leicht verständliches Konzept zur Risikomessung dar, mit dem verschiedene Risikoarten zu einer einzigen Kennzahl verdichtet werden können. Zudem hat sich das Konzept trotz der genannten Probleme in der Praxis für die Quantifizierung des Marktpreis- sowie des Kreditrisikos als Standard durchgesetzt.<sup>194</sup> Zu beachten bleibt jedoch der Kritikpunkt, dass der VaR ausschließlich einen Punkt der Verteilung betrachtet, so dass er lediglich die Verlustwahrscheinlichkeit für einen maximalen Verlust aufzeigt. Das Ausmaß potenzieller Verluste, die den VaR überschreiten, wird jedoch nicht berücksichtigt.<sup>195</sup> Tabelle 2.3-3 fasst das Ergebnis der Anforderungsanalyse für den VaR zusammen.

Anforderungen	Value at Risk
leichte Interpretierbarkeit	+
direkte Messung des ökonomischen Risikos	+
Zielgröße für Optimierungsprobleme	—
integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten	+
Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios	—
Kohärenz	—

Tabelle 2.3-3: Anforderungsanalyse beim Value at Risk

### 2.3.5 Expected Shortfall

Der Expected Shortfall (ES), auch als Conditional Value at Risk bezeichnet, wurde 1997 von ARTZNER ET AL. als kohärentes Risikomaß eingeführt.<sup>196</sup> Er zählt, wie der VaR, zu den Downside-Risikomaßen und ist definiert als der erwartete Verlust für den Fall, dass der VaR tatsächlich überschritten wird. Somit ist er der wahrscheinlichkeitsgewichtete Durchschnitt aller Verluste, die den VaR-Wert übertreffen. Es werden daher nur die Verluste betrachtet, die über den VaR hinausgehen.<sup>197</sup> Sei  $X$  eine Zufallsvariable, die den Verlust eines Portfolios oder einer Position beschreibt und  $\text{VaR}^{1-\alpha}$  der Value at Risk bei einem Konfidenzniveau von  $1-\alpha$ , so kann der ES gemäß der folgenden Gleichung formal definiert werden.<sup>198</sup>

<sup>192</sup> Vgl. Meyer (1999), S. 57.

<sup>193</sup> Vgl. Frey/McNeil (2002), S. 1321.

<sup>194</sup> Vgl. Albrecht/Maurer (2002), S. 676.

<sup>195</sup> Vgl. Bertsimas/Lauprete/Samarov (2004), S. 1354.

<sup>196</sup> Siehe Artzner et al. (1997).

<sup>197</sup> Vgl. Yamai/Yoshihara (2002a), S. 58.

<sup>198</sup> Vgl. Yamai/Yoshihara (2002b), S. 88.  $E[X|B]$  ist die bedingte Erwartung der Zufallsvariable  $X$  für den Fall, dass  $B$  eintritt.

$$ES_{\alpha}(X) = E[X | X \geq VaR^{1-\alpha}] \quad \text{bzw.}^{199} \quad (2-27)$$

$$ES_{\alpha}(X) = E[X | X \geq VaR^{1-\alpha}] = \frac{E[X; X \geq VaR^{1-\alpha}]}{p[X \geq VaR^{1-\alpha}]} = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR^{1-\alpha}}^{\infty} X f(X) dX \quad (2-28)$$

Während bei stetigen Zufallsvariablen der Wert der Verteilungsfunktion des VaR immer genau mit dem gegebenen Konfidenzniveau  $1-\alpha$  übereinstimmt, kann er bei diskreten Verteilungen aufgrund von Sprungstellen hiervon abweichen. Das vorgegebene Konfidenzniveau trifft i. d. R. nicht genau einen Wert der Verteilungsfunktion, so dass eine Korrektur bei der Bestimmung des ES vorzunehmen ist. Bei der Ermittlung des ES bei diskreten Verteilungen wird daher der Wert, der vor  $1-\alpha$  liegt, anteilig bei der Berechnung berücksichtigt.<sup>200</sup> Abbildung 2.3-3 veranschaulicht den ES im Vergleich zum VaR auf graphische Weise.

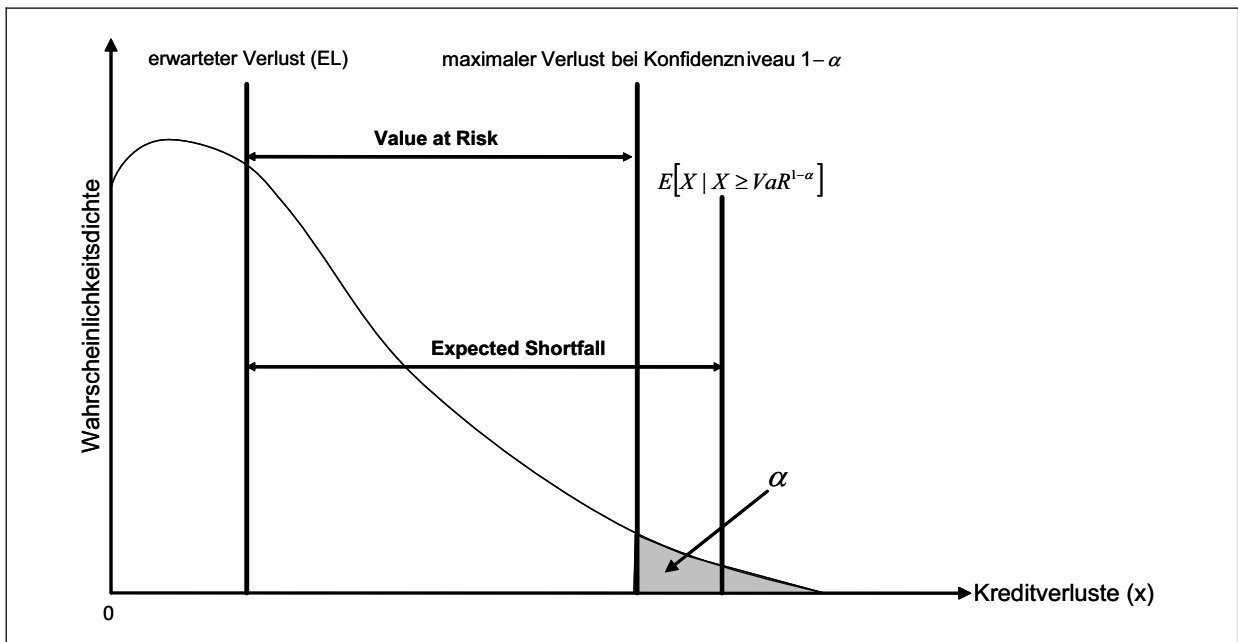


Abbildung 2.3-3: Expected Shortfall

Wird der VaR als Maximalschaden betrachtet, der mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1-\alpha$  nicht überschritten wird, so kann der ES als durchschnittlicher Maximalschaden in  $\alpha\%$  der schlechtesten Ausprägungen der Verlustverteilung interpretiert werden.<sup>201</sup>

Aufgrund der Messung des Kreditrisikos in Geldeinheiten stellt der ES ein leicht zu interpretierendes Risikomaß dar. Zusätzlich kann der ES theoretisch als notwendiges Risikokapital angesehen werden, so dass die Kennzahl die Möglichkeit bietet, das ökonomische Risiko direkt zu messen. Das notwendige Risikokapital besteht dabei aus den folgenden Komponenten:<sup>202</sup>

<sup>199</sup> Vgl. Frey/McNeil (2002), S. 1320, sowie Albrecht/Koryciorz (2003), S. 4.

<sup>200</sup> Vgl. Kleine (2003), S. 13.

<sup>201</sup> Vgl. Acerbi/Tasche (2002a), S. 1488, sowie Albrecht (2003), S. 31.

<sup>202</sup> Vgl. auch im Folgenden Albrecht (2003), S. 33.

$$\begin{aligned}
 & \text{notwendiges Risikokapital} = \\
 & \text{Erwarteter Verlust (EL)} \\
 & + \text{Quantilkapital ( } VaR^{1-\alpha} - EL \text{ )} \qquad (2-29) \\
 & + \text{Exzesskapital ( } E[X - VaR^{1-\alpha} \mid X > VaR^{1-\alpha}] \text{ )}
 \end{aligned}$$

Durch die erste Komponente des Risikokapitals wird der mittlere Verlust und durch die zweite Komponente die Differenz zwischen dem 1- $\alpha$ %-Maximalschaden und dem mittleren Verlust abgedeckt. Das Exzesskapital als dritte Komponente des notwendigen Risikokapitals deckt den erwarteten Exzessverlust für die Fälle ab, in denen der tatsächliche Verlust den 1- $\alpha$ %-Maximalschaden überschreitet.

Der ES erfüllt die Eigenschaften der positiven Homogenität und der Subadditivität, so dass er ein konvexes Risikomaß darstellt und somit als Zielgröße für Optimierungsprobleme geeignet ist.<sup>203</sup> ROCKAFELLAR und URYASEV minimieren in ihrer Untersuchung<sup>204</sup> beispielsweise den ES eines Portfolios unter Anwendung der Linearen Programmierung. Obwohl ihr Ansatz auf die Minimierung des ES ausgerichtet ist, haben sie anhand von numerischen Experimenten aufzeigen können, dass aus einem niedrigen ES auch ein niedriger VaR resultiert, da der ES definitionsgemäß immer größer/gleich dem VaR bei entsprechendem Konfidenzniveau ist.

Die Risikoquantifizierung anhand des ES ist auf keine bestimmten Verteilungsklassen beschränkt, so dass mit dieser Kennzahl das Risiko eines Portfolios mit beliebigen Portfolioverteilungen, z. B. Aktien-, Options- oder Kreditportfolios gemessen werden kann. Somit bietet der ES die Möglichkeit der integrierten Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten.<sup>205</sup> Des Weiteren erfüllt die Kennzahl die Eigenschaften der positiven Homogenität, Subadditivität, Monotonie und Translationsinvarianz und stellt damit ein kohärentes Risikomaß dar, so dass der ES gemäß ARTZNER ET AL. zur Risikosteuerung eines Bankportfolios verwendet werden kann. Tabelle 2.3-4 fasst die Anforderungsanalyse abschließend zusammen.

Anforderungen	Expected Shortfall
leichte Interpretierbarkeit	+
direkte Messung des ökonomischen Risikos	+
Zielgröße für Optimierungsprobleme	+
integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten	+
Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios	+
Kohärenz	+

Tabelle 2.3-4: Anforderungsanalyse beim Expected Shortfall

<sup>203</sup> Vgl. Yamai/Yoshida (2002a), S. 80.

<sup>204</sup> Vgl. Rockafellar/Uryasev (2000).

<sup>205</sup> Vgl. Rockafellar/Uryasev (2000), S. 22, sowie Theiler (2002), S. 82.

### 2.3.6 Diskussion und Vergleich der Risikomaße

Beim Vergleich der aufgezeigten Kennzahlen fällt zunächst auf, dass die Varianz und Standardabweichung symmetrische Risikomaße repräsentieren, wohingegen  $LPM_n(z)$ , VaR und ES zu den Downside-Risikomaßen zählen. Die Varianz und Standardabweichung messen positive sowie negative Abweichungen vom Erwartungswert und können das Kreditrisiko gemäß der obigen Definition nur adäquat bestimmen, wenn von normalverteilten Kreditverlusten ausgegangen wird. Kreditverlustverteilungen sind jedoch i. d. R. asymmetrisch und weisen „fette“ Verteilungsenden (Fat Tails) auf, so dass Varianz und Standardabweichung zur Messung des Kreditrisikos ungeeignet sind, da sie das so genannte Tail Risk nicht ausreichend berücksichtigen.<sup>206</sup> Bei der Betrachtung von generellen Verteilungen erfüllt bei den beiden symmetrischen Risikomaßen lediglich die Standardabweichung in Ansätzen die Anforderung der leichten Interpretierbarkeit. Die weiteren aufgezeigten Anforderungen an Risikomaße im Kreditbereich werden jedoch weder von der Standardabweichung noch von der Varianz erfüllt.

Im Gegensatz zu den symmetrischen Risikomaßen sind  $LPM_n(z)$ , VaR und ES konsistent zur verwendeten Kreditrisikodefinition, indem sie ausschließlich die negativen Abweichungen vom Erwartungswert bzw. von einem Referenzwert berücksichtigen. In Bezug auf die Anforderung einer leichten Interpretierbarkeit weisen sie jedoch geringfügige Unterschiede auf.

Die Downside-Wahrscheinlichkeit ( $LPM_0$ ) weist beispielsweise das Kreditrisiko nicht in Geldeinheiten, sondern in der Form einer Wahrscheinlichkeit aus. D. h. für einen vorgegebenen Referenzwert wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass dieser Wert nicht überschritten wird. Die Berechnung des VaR läuft dagegen genau in anderer Richtung, indem eine Wahrscheinlichkeit vorgegeben wird, mit der der zu bestimmende VaR-Wert nicht überschritten wird. Der VaR lässt sich nun in den  $LPM_0$  transformieren, indem der ermittelte VaR-Wert als Referenzwert verwendet wird. Die Downside-Wahrscheinlichkeit des  $LPM_0$  entspricht dann eins minus dem Konfidenzniveau, d. h.  $\alpha$ .<sup>207</sup> Aufgrund dieses starken Zusammenhangs zwischen dem  $LPM_0$  und dem VaR wird die Anforderung der leichten Interpretierbarkeit für den  $LPM_0$  als in Ansätzen erfüllt angesehen.

$LPM_1$ ,  $LPM_2$  (in Form der Downside-Standardabweichung), VaR und ES erfüllen ebenfalls die Anforderung der leichten Interpretierbarkeit, indem sie das Kreditrisiko in Geldeinheiten ausweisen. Der VaR (eines Gesamtbankportfolios) kann als der Betrag an ökonomischem Kapital interpretiert werden, der vorgehalten werden muss, damit das Konfidenzniveau als die Wahrscheinlichkeit verstanden werden kann, mit der eine Insolvenz der Bank nicht eintreten wird.  $LPM_1$ ,  $LPM_2$  und ES fehlt es demgegenüber an einer solchen Interpretation.<sup>208</sup>  $LPM_1$  und ES können zwar zur Bestimmung des notwendigen Risikokapitals verwendet werden, allerdings besteht hier, im Gegensatz zum VaR, kein notwendiger Zusammenhang zwischen dem benötigten Kapital und der Insolvenz- bzw. Ausfallwahrscheinlichkeit der Bank. Daher ist eine Kontrolle bzw. Steuerung der eigenen Ausfallwahrscheinlichkeit im Rahmen des Risikomanagements nur durch die Verwendung des VaR möglich.<sup>209</sup>

<sup>206</sup> Vgl. Albrecht (2003), S. 20.

<sup>207</sup> Vgl. Guthoff/Pfingsten/Wolf (1998), S. 147, sowie Meyer (1999), S. 54 f.

<sup>208</sup> Vgl. Rau-Bredow (2002), S. 8.

<sup>209</sup> Vgl. Yamai/Yoshiba (2002a), S. 61.



Die Klasse der  $LPM_n(z)$ , der VaR sowie der ES erfüllen die Anforderung der integrierten Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten. Allerdings verletzen alle aufgezeigten Kennzahlen, bis auf den ES, die Eigenschaft der Subadditivität, so dass nur der ES ein konvexes Risikomaß darstellt und damit als Zielgröße für Optimierungsprobleme verwendet werden kann. Aufgrund der fehlenden Subadditivitätseigenschaft bei den  $LPM_n(z)$  und dem VaR gehört auch nur der ES zu den kohärenten Risikomaßen gemäß dem Axiomensystem von ARTZNER ET AL. und ist daher auch als einziges Risikomaß für eine adäquate Risikosteuerung eines Bankportfolios geeignet.

Es kann daher festgehalten werden, dass für die Kreditrisikomessung die Risikomaße Varianz und Standardabweichung gänzlich ungeeignet sind. Die Klasse der  $LPM_n(z)$  entspricht in ihrer allgemeinen Ausprägung (für alle  $n$ ) mit Ausnahme der integrierten Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten ebenfalls nicht den geforderten Anforderungen an ein Risikomaß zur Kreditrisikoquantifizierung, so dass abschließend untersucht wird, ob der VaR oder der ES für die Messung von Kreditrisiken vorteilhafter erscheint.

Gemäß den gestellten Anforderungen scheint der VaR dem ES unterlegen zu sein, da er ein Risikomaß darstellt, das im Rahmen von Optimierungsproblemen und der Risikosteuerung teilweise zu nicht konsistenten Ergebnissen führt. Zudem stellt der VaR kein kohärentes Risikomaß dar. Die Fokussierung des VaR auf nur einen Punkt der Verlustverteilung hat zudem zur Folge, dass das Risiko oberhalb dieses Punktes vernachlässigt wird. Diese Vernachlässigung des Tail Risk führt dazu, dass das tatsächliche Ausmaß einer Abweichung vom VaR keinen Einfluss auf Anlageentscheidungen hat.<sup>210</sup> So sind z. B. Portfolios denkbar, die einen identischen VaR aufweisen und einem Entscheider somit als gleichwertig erscheinen, bei einer Überschreitung des VaR aber zu stark unterschiedlichen Ausfällen führen. Ein ähnlicher Effekt tritt bei der Veränderung des Konfidenzniveaus auf. Wird das Risiko verschiedener Portfolios auf Basis des VaR verglichen, so kann es bei Variation des Konfidenzniveaus zu Rangvertauschungen zwischen den betrachteten Portfolios kommen, obwohl sich ihr tatsächliches Risiko nicht verändert hat. Trotz der genannten Kritikpunkte hat sich der VaR jedoch aufgrund seiner begrifflichen Einfachheit, der einfachen Berechnung und weit reichenden Anwendbarkeit als Standardrisikomaß bei der finanziellen Risikomessung etabliert.<sup>211</sup>

Im Gegensatz zum VaR ist der ES ein kohärentes Risikomaß und berücksichtigt das Ausmaß möglicher Überschreitungen des VaR-Wertes. Somit bestehen die vom VaR bekannten, aus der Vernachlässigung des Tail Risk und der fehlenden Subadditivität resultierenden Probleme hier nicht. Aufgrund seiner Eigenschaft als konvexes Risikomaß kann der ES zudem als Zielgröße von Optimierungsproblemen verwendet werden. Konzeptionell kann der ES dem VaR daher als überlegen angesehen werden.<sup>212</sup> Ob die konzeptionellen Vorteile ausreichen, damit sich der ES auch in der Praxis etabliert, hängt allerdings von der Stabilität seiner Schätzergebnisse sowie von der Möglichkeit des Backtesting ab. Für die Stabilität der Ergebnisse ist eine möglichst genaue Schätzung des Endes der Verteilung ausschlaggebend. Diese Schätzung ist allerdings mit herkömmlichen Schätzmethoden recht schwierig, da Ver-

<sup>210</sup> Vgl. Kleine (2003), S. 13.

<sup>211</sup> Vgl. Yamai/Yoshida (2002a), S. 58.

<sup>212</sup> Vgl. auch im Folgenden Yamai/Yoshida (2002a), S. 80 f.

luste oberhalb des VaR-Niveaus relativ selten auftreten und somit beispielsweise eine Schätzung des Verteilungsendes mithilfe der historischen Simulation aufgrund unzureichender historischer Daten zu nicht stabilen Ergebnissen führen kann. Zudem ergeben sich Probleme beim Backtesting des ES. Während zur Überprüfung eines VaR-Modells nur die Häufigkeit der Verluste über dem VaR-Wert mit dem entsprechenden Konfidenzniveau verglichen werden muss, gilt es bei einem ES-Modell die tatsächlichen durchschnittlichen Verluste über dem VaR-Wert mit dem geschätzten ES zu vergleichen. Aufgrund der eher selten auftretenden Verluste oberhalb des VaR-Wertes sind für das Backtesting mehr Daten notwendig als bei VaR-Modellen.

Bei der Interpretation des ES als ökonomisches Kapital kann es zudem zu Akzeptanzproblemen seitens der Regulierungsbehörden kommen, da für den ES kein Zusammenhang zwischen benötigtem Kapital und der Ausfallwahrscheinlichkeit der eigenen Unternehmung besteht. Bei der Bestimmung des ökonomischen Kapitals anhand des VaR ist es für die Regulierungsbehörden ersichtlich, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Bank maximal  $\alpha\%$  beträgt, wenn das ermittelte Risikokapital vorgehalten wird.<sup>213</sup> Diese Möglichkeit, einen grundlegenden Überblick über die Insolvenzwahrscheinlichkeit einer Bank zu erhalten, ist für die Regulierungsbehörden im Rahmen der Risikokapitalbestimmung anhand des ES nicht zwingend gegeben. Zu beachten bleibt jedoch, dass die Verwendung des ES zu einer konservativeren Berechnung des ökonomischen Kapitals führt, was wiederum im Interesse der Bankenaufsicht liegt.

Als abschließende Bewertung lässt sich feststellen, dass der ES ein universelles und einfaches Konzept zur Risikoquantifizierung darstellt. Aufgrund seiner Kohärenzeigenschaft repräsentiert er im Vergleich zum VaR das vorteilhaftere Kreditrisikomaß, da mit ihm Optimierungsprobleme gelöst und Portfolios adäquat gesteuert werden können.

Zu berücksichtigen bleibt jedoch, dass es sich bei der Frage, ob der VaR oder der ES für die Kreditrisikoquantifizierung vorteilhafter erscheint, keinesfalls um eine reine Alternativenfrage handelt, da der VaR zur Bestimmung des ES (bei obiger Definition) mit berechnet werden muss. Vielmehr kann der ES als eine Erweiterung des VaR-Konzeptes verstanden werden, um die Nachteile der reinen Risikoquantifizierung anhand des VaR zu vermindern. Der ES sollte daher zumindest als Ergänzung zum VaR verwendet werden, zumal es für jede Bank mit einem VaR-basierten Risikomanagementsystem möglich ist, den ES ohne größeren Rechenaufwand zu bestimmen.<sup>214</sup> Die folgende Tabelle stellt die vorgestellten Kennzahlen sowie deren jeweilige Anforderungserfüllung abschließend gegenüber.

---

<sup>213</sup> Vgl. Yamai/Yoshiba (2002a), S. 61.

<sup>214</sup> Vgl. Acerbi/Tasche (2002b), S. 386.

Anforderungen	$\sigma$	$\sigma^2$	$LPM_n(z)$	$LPM_0$	$LPM_1$	$LPM_2$	VaR	ES
leichte Interpretierbarkeit	(+)	—	—	(+)	+	(+)	+	+
direkte Messung des ökonomischen Risikos	—	—	—	(+)	+	(+)	+	+
Zielgröße für Optimierungsprobleme	—	—	—	—	—	—	—	+
integrierte Risikomessung unterschiedlicher Risikoarten	—	—	+	+	+	+	+	+
Verwendung zur Risikosteuerung eines Bankportfolios	—	—	—	—	—	—	—	+
Kohärenz	—	—	—	—	—	—	—	+

Tabelle 2.3-5: Gegenüberstellung der alternativen Risikomaße

### 3 Regulatorische und ökonomische Kreditrisikoquantifizierung

Das folgende Kapitel umfasst die Analyse und Erläuterung des Spannungsfeldes zwischen den regulatorischen und den ökonomischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung. Im Bereich des regulatorischen Umfeldes sind die Kreditinstitute zurzeit den Änderungen und Neuerungen von Regulierungsvorschriften seitens der Bankenaufsicht ausgesetzt. Aufgrund dieser Vielzahl von Regulierungsvorschriften befasst sich dieses Kapitel zu Beginn mit den grundsätzlichen Gefahren der Bankenbranche, die eine Regulierung des Staates überhaupt zu erfordern scheinen (Abschnitt 3.1). Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird das angesprochene Spannungsfeld derart aufgearbeitet, dass zunächst die aus Basel II resultierenden regulatorischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung analysiert werden (Abschnitt 3.2), worauf anschließend die bankintern durchgeführte ökonomische Kreditrisikomessung untersucht wird (Abschnitt 3.3). Abschließend wird zusammenfassend die durch Basel II erreichte Konvergenz von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikomessung beurteilt und einleitend aufgezeigt, wie ein (integriertes) Kreditrisikomodell ausgestaltet sein sollte, um sowohl den regulatorischen als auch den ökonomischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung bestmöglich zu entsprechen (Abschnitt 3.4).

#### 3.1 Bankenaufsicht und bankinterne Kreditrisikobetrachtung

Im Rahmen der nachfolgenden Ausführungen werden zunächst die Gründe und Ziele der Regulierung der Finanz- und speziell der Bankenbranche sowie die Entwicklung der Bankenaufsicht in der Bundesrepublik Deutschland aufgezeigt (Abschnitt 3.1.1). Im Anschluss wird eine grundlegende Abgrenzung zwischen der regulatorischen und ökonomischen Bestimmung des haftenden Eigenkapitals vorgenommen (Abschnitt 3.1.2).

##### 3.1.1 Gründe und Ziele der Regulierung des Bankensystems

Die Kreditwirtschaft ist eine der Branchen, die durch viele (staatliche) Regulierungen und Restriktionen gekennzeichnet ist<sup>215</sup>, was grundsätzlich auf die spezielle Bedeutung der Kreditwirtschaft innerhalb der gesamten Volkswirtschaft zurückzuführen ist. Losgrößen- und Fristentransformation zählen zu den grundlegenden Funktionen von Kreditinstituten. Kennzeichnend für diese Aufgaben ist die Aufnahme von Einlagen vieler Anleger in relativ geringer Höhe mit überwiegend kurzen Laufzeiten.<sup>216</sup> Diese Depositionen werden i. d. R. in größeren Beträgen und über einen längeren Zeitraum in Form von Krediten an Kunden herausgegeben. Aus diesen Tätigkeiten resultieren Risiken, die die Existenz bzw. die Solvenz der Banken beeinträchtigen können. Zu nennen sind hier vor allem das **Rekontrahierungsrisiko** sowie das **Liquiditäts- und Bonitätsrisiko**. Das Rekontrahierungsrisiko bezeichnet die Gefahr des Vertrauensverlustes der i. d. R. eher risikoaversen Gläubiger in die finanzielle Stabilität einer Bank. Den

<sup>215</sup> Vgl. Büschgen (1999), S. 253.

<sup>216</sup> Vgl. auch im Folgenden Übelhör/Warns (2004a), S. 15.

Ausgangspunkt des Vertrauensverlustes bilden häufig Informationen über negative Geschäftsentwicklungen einer Bank mit dem Ergebnis, dass die Anleger innerhalb kürzester Zeit Einlagen in unerwarteter Größenordnung abziehen, um eigene Vermögensverluste zu verhindern. Aufgrund der längeren Kreditlaufzeiten sind die Banken ggf. nicht in der Lage, kurzfristig genügend erforderliche Liquidität zur Verfügung zu stellen, so dass sie aufgrund des Abzuges der Einlagen in Liquiditätsschwierigkeiten geraten können.<sup>217</sup> Das Liquiditäts- und Bonitätsrisiko resultiert dagegen aus möglichen Ausfällen von Kreditnehmern, die ihren vertraglichen Zahlungsverpflichtungen nicht oder nur verspätet nachkommen. Diese Störungen der Kreditabläufe können jedoch ebenfalls die Solvenz der Kreditinstitute bedrohen.

Sogar ein einzelnes, offensichtlich insolvenzgefährdetes Institut, kann schlimmstenfalls im Rahmen einer Kettenreaktion zu einem Vertrauensverlust von Gläubigern anderer Institute führen, die dort ebenfalls ihre Einlagen abziehen, so dass es zu einem so genannten „Bank Run“ kommen kann, der die Zahlungsfähigkeit mehrerer Institute beeinträchtigen und somit negative Auswirkungen auf die gesamte Wirtschaftstätigkeit eines Landes und ggf. auf das internationale Finanzsystem nach sich ziehen kann.<sup>218</sup> Aus diesem Grund wurden, beginnend mit der Banken- bzw. Weltwirtschaftskrise von 1931, verschiedene Vorschriften erlassen, die die Bankenbranche regulieren sollten, um die Wahrscheinlichkeit von Bankenzusammenbrüchen zu verringern. Die 1931 per Notverordnung erlassene allgemeine Bankenaufsicht wurde 1934 durch das Reichsgesetz über das Kreditwesen abgelöst. Zusätzlich wurde das Aufsichtsamt des Kreditwesens gebildet.<sup>219</sup> Das Reichsgesetz über das Kreditwesen wurde 1961 durch das Kreditwesengesetz (KWG) abgelöst, welches 1997 zuletzt im Rahmen der 6. KWG-Novelle reformiert wurde.<sup>220</sup>

Im Rahmen der europäischen und internationalen Harmonisierung der Bankenaufsicht sind in den Folgejahren zahlreiche Empfehlungen vom Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht<sup>221</sup> veröffentlicht worden, die zu großen Teilen in die nationalen Regelungen der Bankenaufsicht eingearbeitet wurden. Ein Meilenstein stellt hierbei der 1988 veröffentlichte Eigenkapitalakkord (Basel I) des Baseler Ausschusses dar, der vor allem den Umfang der von den Banken eingegangenen Kreditrisiken (und später auch der Marktpreisrisiken) anhand des jeweils vorhandenen haftenden Eigenkapitals begrenzen sollte.<sup>222</sup> Aktuell werden im Rahmen geplanter bzw. bereits in Umsetzung befindlicher Neuregelungen vor allem die Mindestanforderungen an das Kreditgeschäft (MaK), die Mindestanforderungen an das Risikomanagement (MaRisk) und die neue Eigenkapitalvereinbarung des Baseler Ausschusses (Basel II), die im Juni 2004 unter dem Titel „International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards – A Revised Framework“<sup>223</sup> im Rahmen des vierten Konsultationspapiers veröffentlicht wurde, diskutiert. Die MaK werden dabei voraussichtlich in die MaRisk integriert, welche wiederum als Grundlage für einen Teilbereich der neuen Eigenkapitalvereinbarung dient.<sup>224</sup>

<sup>217</sup> Vgl. Paul (2004a), S. 304.

<sup>218</sup> Zum Zusammenhang zwischen „Bank Run“ und Staatsintervention siehe Diamond/Dybvig (1983), S. 405-416.

<sup>219</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 378, sowie Süchting/Paul (1998), S. 470.

<sup>220</sup> Vgl. Homölle (1999), S. 1.

<sup>221</sup> Im Folgenden als Baseler Ausschuss bezeichnet.

<sup>222</sup> Vgl. Thelen-Pischke (2005), S. 140.

<sup>223</sup> Siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004).

<sup>224</sup> Vgl. Angermüller/Eichhorn/Ramke (2004), S. 833.

Es ist davon auszugehen, dass die aufgezeigten Gefahren bei einer fehlenden Regulierung des Finanzsektors mit einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit versehen sind als dies unter Einbeziehung von staatlichen Eingriffen der Fall sein dürfte. Gemäß SEIFERT stellt daher die Verhinderung von Krisen des Bankensystems das einzig ernstzunehmende Argument für eine staatliche Regulierung dar.<sup>225</sup>

Im Rahmen dieser Betrachtung haben die Regulierungen und Restriktionen im Bereich der Finanzbranche und speziell auch im Kreditbereich das Ziel, Insolvenzen von Banken zu verhindern und somit die Stabilität und Solidität des gesamten (internationalen) Bankensystems zu sichern und zu stärken sowie einen ausreichenden Gläubigerschutz zu gewährleisten.<sup>226</sup> Die Stärkung des Bankensystems wird dadurch erwirkt, dass Banken ihre Risikoaktiva durch haftendes Eigenkapital unterlegen müssen, so dass die Insolvenzwahrscheinlichkeit aufgrund schlagend werdender Risiken begrenzt wird. Auf diese Weise schränkt das vorhandene haftende Eigenkapital die von der jeweiligen Bank einzugehenden Risiken ein. Die Stabilität des Bankensystems liegt zudem im direkten Interesse des Staates. Im Falle eines „Bank Run“, und selbst beim Zusammenbruch einzelner Kreditinstitute, verlieren nicht nur viele Anleger ihr Vermögen, sondern i. d. R. wird sich der Staat an den auftretenden Verlusten beteiligen müssen.<sup>227</sup> Die Vermutung liegt zudem nahe, dass der Staat bereits bei ersten Anzeichen einer Bankinsolvenz eingreifen wird, um durch finanzielle Unterstützung das Überleben der bedrohten Bank zu sichern. Eine Regulierung seitens des Staates in Bezug auf vorzuhaltendes haftendes Eigenkapital minimiert damit die Wahrscheinlichkeit der finanziellen Inanspruchnahme des Staates für drohende Bankzusammenbrüche.<sup>228</sup> Ein weiteres Ziel der Regulierungen stellt die Erhöhung der Effizienz des Finanzsystems und der Wettbewerbsgleichheit dar.<sup>229</sup> Aus diesem Grund wird eine europäische und internationale Harmonisierung der Bankenaufsicht angestrebt, um ergänzend Regulierungsarbitrage zu verhindern. Für die Erreichung dieser Ziele reguliert die Bankenaufsicht in erster Linie daher eine ausreichende Eigenkapitalhaltung der Banken, damit die auftretenden Verluste aus den eingegangenen Risiken abgefangen werden können.

### 3.1.2 Regulatorische versus ökonomische Bestimmung des Eigenkapitals

Die Tatsache, dass sowohl Banken als auch die Bankenaufsicht das gemeinsame Ziel verfolgen, Insolvenzen der Banken zu verhindern, kann als unbestritten angesehen werden. Diese Zielsetzung resultiert bei Banken jedoch weniger aus altruistischen Gründen, sondern folgt aus der selbstverständlichen Notwendigkeit, die Geschäftstätigkeit der Bank aufrechtzuerhalten. Unterschiede lassen sich jedoch in der Bestimmung der Risikoaktiva bzw. bei der Quantifizierung der eingegangenen Kreditrisiken aus regulatorischer und ökonomischer Betrachtungsweise erkennen.

<sup>225</sup> Vgl. Seifert (1984), S. 183.

<sup>226</sup> Vgl. Johanning (1998), S. 283; Lamberti (2005), S. 512, sowie Freixas/Rochet (1998), S. 257.

<sup>227</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 45.

<sup>228</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 364.

<sup>229</sup> Vgl. Paul (2004b), S. 7, sowie Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 62.

Die bis Ende 2006 geltende Eigenkapitalvereinbarung (Basel I) fordert von den Banken, dass sie ihre gewichteten Risikoaktiva (Risk Weighted Assets, RWA) gemäß Gleichung (3-1) pauschal mit 8% haftendem Eigenkapital unterlegen.<sup>230</sup>

$$\text{Eigenkapitalanforderung (EKA)} = \text{Risikoaktiva (RA)} \cdot \text{Risikogewicht (RW)} \cdot 8\% \quad (3-1)$$

Die 8% entsprechen hierbei dem Solvabilitätskoeffizienten, der aus der Anforderung der Bankenaufsicht resultiert, dass die gewichteten Risikoaktiva nicht mehr als das 12,5-fache des haftenden Eigenkapitals betragen dürfen. Die Risikogewichte werden nach dem Baseler-Akkord von 1988 jedoch statisch festgelegt, wobei zwischen Krediten an OECD-Staaten (0%), Krediten an Banken mit Sitz in einem OECD-Land (20%), grundpfandrechtl. besicherten Realkrediten (50%) und Krediten an Unternehmen und alle übrigen Kunden (100%) unterschieden wird.<sup>231</sup> Im Rahmen dieser regulatorischen Eigenkapitalbestimmung werden die individuellen (Bonitäts-)Risiken der Schuldner nicht berücksichtigt, so dass eine Risikosteuerung auf Basis der regulatorischen Eigenkapitalanforderung bzw. bankenaufsichtlichen Kreditrisikomessung kaum möglich ist. Zusätzlich berücksichtigte Basel I die Anerkennung von Instrumenten und Techniken der Kreditrisikoreduktion nur in geringem Umfang. Absicherungen von Forderungen durch Kreditderivate, Nettingvereinbarungen und die Verbriefung von Kreditforderungen waren beispielsweise nicht zugelassen. Aufgrund der fehlenden Berücksichtigung des individuellen Bonitätsrisikos, der ungenügenden Anerkennung von Instrumenten zur Kreditrisikominderung und der fehlenden Beachtung von Korrelationen zwischen den Kreditnehmern mussten Banken gemäß Basel I häufig mehr Eigenkapital vorhalten, als es für das tatsächliche Risiko ihres Kreditportfolios unter ökonomischen Gesichtspunkten angebracht wäre. Aufgrund von Diversifikationsmöglichkeiten benötigen Banken beispielsweise aus ökonomischer Sicht weniger Eigenkapital, um ihre eingegangenen Risiken abzusichern,<sup>232</sup> als es von der Bankenaufsicht vorgegeben wird.

Aus diesem Grund haben Banken in den letzten Jahren in die Entwicklung von Modellen zur Kreditrisikoquantifizierung investiert, mit deren Hilfe sie das ökonomische Risiko bzw. das ökonomische Eigenkapital unter Berücksichtigung von kreditnehmerindividuellen Bonitäten und Korrelationen bestimmen können und darauf basierend ihr Kreditportfolio steuern sowie die interne Eigenkapitalallokation ausrichten.<sup>233</sup> Allerdings erlaubt der Baseler Ausschuss die Verwendung dieser kommerziellen bzw. intern entwickelten Kreditrisikomodelle zur Bestimmung des aufsichtsrechtlichen Eigenkapitals zurzeit (noch) nicht, da aus ihnen in Teilen unterschiedliche Ergebnisse resultieren, so dass der Baseler Ausschuss Vorbehalte in Bezug auf die Zuverlässigkeit, Vergleichbarkeit, Validierung und Wettbewerbsgerechtigkeit dieser Modelle hat.<sup>234</sup> Die Gründe für die aufgeführten Vorbehalte liegen vor allem in der unter-

<sup>230</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 402, sowie Brezski/Kinne (2004), S. 189.

<sup>231</sup> Vgl. Übelhör/Warns (2004b), S. 18.

<sup>232</sup> Vgl. Johannung (1998), S. 284 f.

<sup>233</sup> Beispiele für kommerzielle Kreditrisikomodelle sind die einleitend bereits aufgezeigten Modelle CreditMetrics<sup>TM</sup> von J. P. Morgan, CreditRisk+<sup>TM</sup> von Credit Suisse Financial Products, Credit Portfolio Manager<sup>TM</sup> von KVM und Credit Portfolio View<sup>TM</sup> von McKinsey.

<sup>234</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 18, Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 71 f., sowie Hamerle/Liebig/Rösch (2003), S. 77. Siehe für eine detaillierte Betrachtung dieser Problematik Grundke (2000), S. 109-111.

schiedlichen Konzeption der Modelle, in der Verwendung verschiedener empirischer Inputparameter und in der unterschiedlichen Kreditrisikodefinition.<sup>235</sup>

Hierin lässt sich der Zielkonflikt zwischen Bankenaufsicht und Banken in Bezug auf die Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals erkennen. Banken verfolgen i. d. R. als Ziel die Marktwertmaximierung. D. h. sie streben eine Wertsteigerung durch den optimalen Einsatz ihres verfügbaren Eigenkapitals an. Die haftenden Eigenmittel stellen jedoch für die Banken einen kostenverursachenden Engpassfaktor dar, so dass sie gezwungen sind, ihre Risiken genau zu messen, um aus Rentabilitätsgründen das vorhandene knappe Eigenkapital auf die im Verhältnis zum Risiko ertragreichsten Geschäfte zu verteilen.<sup>236</sup> Sie versuchen daher eine relativ geringe tatsächliche Eigenkapitalhaltung zu realisieren.<sup>237</sup> Aufgrund der Zielsetzung der Bankenaufsicht, die Gläubiger der Banken zu schützen sowie die Stabilität und Solidität des Bankensystems zu sichern, wird von der Bankenaufsicht, im Gegensatz zur ökonomischen Betrachtungsweise der Banken, eine eher hohe Eigenkapitalhaltung bei den Kreditinstituten angestrebt. Die Abbildung 3.1-1 veranschaulicht den unterstellten Zielkonflikt.

Der Baseler Ausschuss entwickelte daher mit Basel II eine neue Eigenkapitalvereinbarung mit dem Ziel, den aufgezeigten Zielkonflikt zu entschärfen und der wachsenden Bedeutung von neueren Finanzinstrumenten und Methoden zur Kreditrisikosteuerung zu begegnen. Basel II führt zwar zu einer Konvergenz von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikoquantifizierung, da das individuelle Risiko der Kreditnehmer und die jeweilige Besicherungssituation Berücksichtigung finden,<sup>238</sup> allerdings entspricht das regulatorische (noch) nicht dem ökonomischen Kapital, da Korrelationen und Diversifikationseffekte nur begrenzt betrachtet werden.

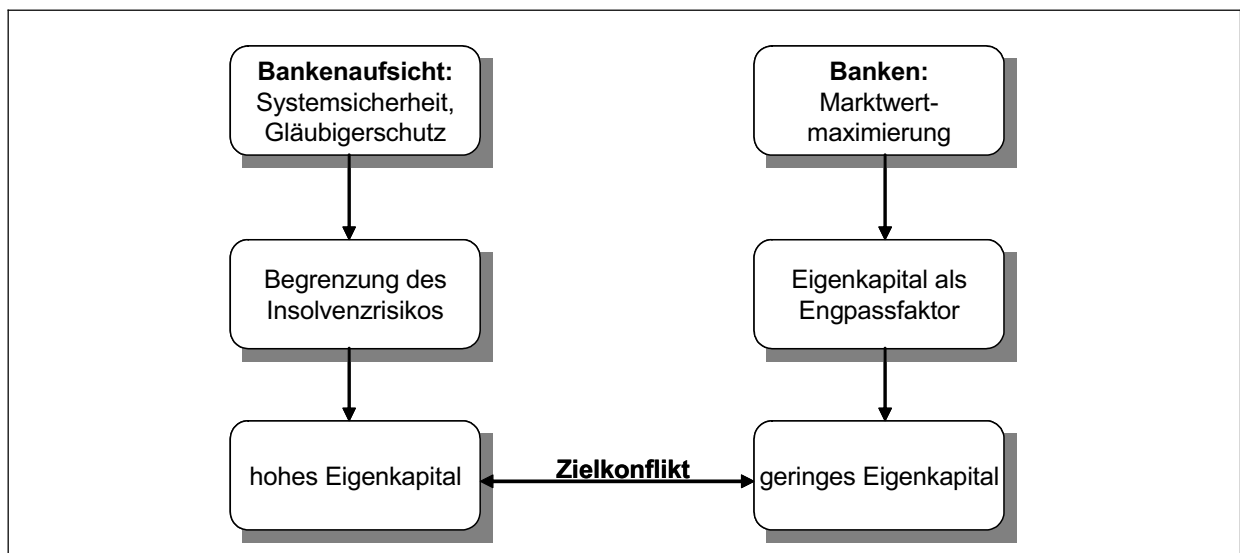


Abbildung 3.1-1: Zielkonflikt zwischen Bankenaufsicht und Banken<sup>239</sup>

<sup>235</sup> Vgl. Wahrenburg/Niethen (2000a), S. 235, sowie Rehm (2002), S. 161.

<sup>236</sup> Vgl. Homölle (1999), S. 2 und S. 8.

<sup>237</sup> Vgl. Johanning (1998), S. 285.

<sup>238</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005a), S. 9.

<sup>239</sup> Quelle: Johanning (1998), S. 284.



## 3.2 Regulatorische Anforderungen (Basel II)

In den folgenden Abschnitten wird die grundlegende Ausgestaltung der neuen Eigenkapitalvereinbarung zum Stand Juni 2004 (4. Konsultationspapier) dargestellt, die ab 2007 in Kraft tritt. Zunächst werden die drei Säulen von Basel II aufgezeigt (Abschnitt 3.2.1), worauf im Anschluss verschiedene Ansätze zur Bestimmung der Eigenkapitalanforderung erläutert werden, wobei der Fokus ausschließlich auf der Eigenkapitalunterlegung von Unternehmenskrediten<sup>240</sup> liegt (Abschnitt 3.2.2). Den Abschluss dieses Abschnitts bildet eine grundlegende Diskussion der neuen Eigenkapitalvereinbarung (Abschnitt 3.2.3).

### 3.2.1 Die drei Säulen von Basel II im Überblick

Die neue Eigenkapitalvereinbarung Basel II wurde mit dem Ziel entwickelt, den alten Eigenkapitalakkord (Basel I) zu ersetzen, um die Divergenz zwischen ökonomischem Risiko und regulatorischer Eigenkapitalunterlegung zu verringern.<sup>241</sup> Das neue Rahmenwerk besteht im Wesentlichen aus den drei sich ergänzenden Säulen **Mindest-Eigenkapitalanforderungen** (Minimum Capital Requirements), **Aufsichtliches Überprüfungsverfahren** (Supervisory Review Process) und **Förderung der Marktdisziplin** (Market Discipilin) (siehe Abbildung 3.2-1).<sup>242</sup>

Die **erste Säule** stellt den Kernbereich der neuen Eigenkapitalvereinbarung dar. In ihr sind die verschiedenen Methoden zur Berechnung der Mindest-Eigenkapitalanforderungen festgelegt, wobei die Höhe des zu unterlegenden Eigenkapitals nur für Kreditrisiken und Operationelle Risiken explizit geregelt ist. Kreditrisiken wurden zwar bereits bei Basel I im Rahmen der quantitativen Eigenkapitalanforderungen berücksichtigt, im Gegensatz zu der bestehenden Regelung sind bei Basel II jedoch grundlegende Änderungen bei der Bestimmung der Risikogewichte zu verzeichnen, indem das individuelle Risiko der Kreditnehmer und deren jeweilige Besicherungssituation explizit berücksichtigt werden. Mit dem auf externen Ratings basierenden Standardansatz (siehe Abschnitt 3.2.2.1) und dem internen Ratingansatz (IRB-Ansatz - siehe Abschnitt 3.2.2.2) werden den Banken hierzu zwei grundlegende Varianten zur Bestimmung der Risikogewichte und folglich des regulatorischen Eigenkapitals zur Auswahl gestellt. Im Rahmen des auf internen Ratings basierenden Ansatzes kann zwischen einem Basis- (Foundation Approach) und einem fortgeschrittenen Ansatz (Advanced Approach) differenziert werden.

<sup>240</sup> Eine Forderung bzw. ein Kredit wird bei Basel II der Gruppe der Unternehmen (Corporate Segment) zugeordnet, insofern der Exposure größer/gleich einer Mio. € ist.

<sup>241</sup> Vgl. Humpert/Naujoks (2004), S. 140.

Im Gegensatz zu Basel I stellt die neue Vereinbarung keinen Akkord, sondern vielmehr ein Rahmenwerk dar, welches auch in Zukunft weiteren Änderungen und Anpassungen unterzogen werden wird. Vgl. Loch/Thelen-Pischke (2004), S. 733. Die Regeln des Basel II Frameworks sind als Empfehlungen des Baseler Ausschusses für international tätige Kreditinstitute zu verstehen und haben für die Banken in der vom Ausschuss veröffentlichten Form keinerlei rechtlich bindenden Charakter. Allerdings werden Empfehlungen des Baseler Ausschusses häufig in den Richtlinien der Europäischen Union verankert. Diese Richtlinien werden im Gegensatz zu den Empfehlungen des Baseler Ausschusses i. d. R. in nationales Recht übernommen. Vgl. Schulte-Mattler/von Kenne (2004), S. 37, sowie Steiner/Starbatty (2003), S. 20.

<sup>242</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 19, sowie Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 73 f.

Diese beiden Ansätze unterscheiden sich in der Anzahl der durch die Kreditinstitute selbst zu schätzenden Kreditrisikoparameter.<sup>243</sup>

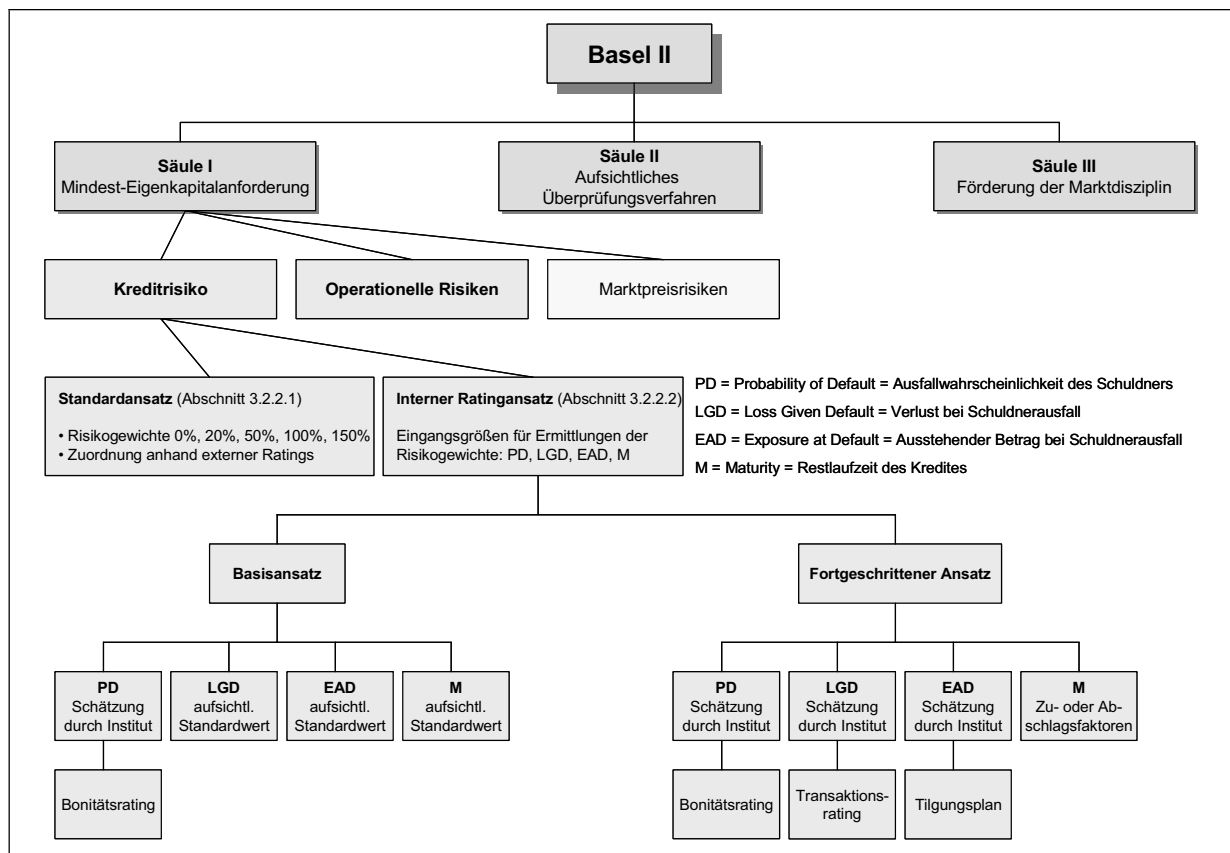


Abbildung 3.2-1: Rahmenkonzept von Basel II<sup>244</sup>

Im Bereich der Marktrisiken, die seit 1996 Berücksichtigung bei der Eigenkapitalanforderung finden,<sup>245</sup> haben sich keine Änderungen ergeben, weshalb sie in dem Regelwerk keine explizite Berücksichtigung finden. Gänzlich neu ist jedoch die Unterlegungspflicht von Operationellen Risiken mit haftendem Eigenkapital.<sup>246</sup>

Trotz der Berücksichtigung des individuellen Risikos bei Kreditnehmern soll bei Basel II in Analogie zur bestehenden Eigenkapitalvereinbarung weiterhin eine unveränderte durchschnittliche Mindesteigenkapitalquote von 8%, bezogen auf die gewichteten Risikoaktiva der Bank, bestehen bleiben.<sup>247</sup> D. h. gemäß Gleichung (3-2) errechnet sich die Eigenkapitalquote (EQ) aus dem Quotient von haftendem Eigenkapital und der Summe der gewichteten Risikoaktiva für das Kreditrisiko ( $RWA_{\text{Kreditrisiko}}$ ) sowie dem 12,5-fachen der Eigenkapitalanforderungen für die Markt- und die Operationellen Risiken.<sup>248</sup>

<sup>243</sup> Vgl. Paul/Brütting (2004), S. 417, sowie Grunert et al. (2002), S. 6 f.

<sup>244</sup> Quelle: Hagen (2003), S. 1197.

<sup>245</sup> Siehe Basel Committee on Banking Supervision (1996).

<sup>246</sup> Vgl. Paul (2004b), S. 10. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird ausschließlich die Mindest-Eigenkapitalanforderung für Kreditrisiken betrachtet. Für die Behandlung von Operationellen Risiken siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 644-683, sowie Kaiser (2004).

<sup>247</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 44.

<sup>248</sup> Vgl. auch im Folgenden Paul (2004b), S. 11.

$$EQ = \frac{\text{haftendes Eigenkapital}}{RWA_{\text{Kreditrisiko}} + 12,5 \cdot \text{Anrechnungsbeiträge für Markt – und operationelle Risiken}} \geq 8\% \quad (3-2)$$

Während sich die erste Säule vor allem mit den quantitativen Anforderungen an die Mindest-Eigenkapitalbemessung befasst, werden in der **zweiten Säule** im Rahmen des Aufsichtlichen Überprüfungsverfahrens qualitative Anforderungen der Bankenaufsicht zusammengefasst.<sup>249</sup> Die Regelungen in diesem Teil von Basel II sollen sicherstellen, dass die Kreditinstitute über interne Verfahren verfügen, um ihre relevanten Risiken quantifizieren zu können sowie ihrem Risikoprofil entsprechend ausreichendes Eigenkapital vorzuhalten.<sup>250</sup> Der Bankenaufsicht kommt hierbei die Aufgabe zu, die internen Verfahren sowie die Einhaltung der Regelungen der Säulen 1 und 2 regelmäßig zu überprüfen und bei Registrierung von Verstößen bzw. Schwachstellen gegensteuernde Maßnahmen zu ergreifen. Dieser Überprüfungsprozess soll zusätzlich zu einer intensiveren Kommunikation zwischen den Instituten und den Aufsichtsbehörden führen und dabei Anreize für eine Verbesserung des Risikomanagements bieten. Der Aufsichtliche Überprüfungsprozess basiert auf den folgenden vier Grundsätzen, die Anforderungen sowohl an die Bankenaufsicht (Grundsatz 2 + 4) als auch an die Kreditinstitute (Grundsatz 1 + 3) darstellen.

- **Grundsatz 1:** „Banken sollten über ein Verfahren zur Beurteilung ihrer angemessenen Eigenkapitalausstattung im Verhältnis zu ihrem Risikoprofil sowie über eine Strategie für den Erhalt ihres Eigenkapitalniveaus verfügen.“<sup>251</sup>
- **Grundsatz 2:** „Die Aufsichtsinstanzen sollten die bankinternen Beurteilungen und Strategien zur angemessenen Eigenkapitalausstattung überprüfen und bewerten; Gleiches gilt für die Fähigkeiten der Banken, ihre aufsichtsrechtlichen Eigenkapitalanforderungen zu überwachen und deren Einhaltung sicherzustellen. Die Aufsichtsinstanzen sollten angemessene aufsichtsrechtliche Maßnahmen ergreifen, wenn sie mit dem Ergebnis dieses Verfahrens nicht zufrieden sind.“<sup>252</sup>
- **Grundsatz 3:** „Die Aufsichtsinstanzen sollten von den Banken erwarten, dass sie über eine höhere Eigenkapitalausstattung als die aufsichtsrechtlich geforderte Mindesteigenkapitalausstattung verfügen, und die Möglichkeit haben, von den Banken eine höhere als die Mindesteigenkapitalausstattung zu verlangen.“<sup>253</sup>
- **Grundsatz 4:** „Die Aufsichtsinstanzen sollten frühzeitig eingreifen, um zu verhindern, dass das Eigenkapital unter die geforderte Mindestausstattung fällt, die aufgrund des Risikoprofils einer bestimmten Bank notwendig ist. Sie sollten schnelle Abhilfe fordern, wenn das Eigenkapital nicht erhalten oder nicht wieder ersetzt wird.“<sup>254</sup>

<sup>249</sup> Vgl. Paul/Brütting (2004), S. 418. Für eine detaillierte Erläuterung des Aufsichtlichen Überprüfungsverfahrens siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 719-760, sowie Loeper (2004).

<sup>250</sup> Vgl. auch im Folgenden Loeper (2004), S. 266.

<sup>251</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 725.

<sup>252</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 745.

<sup>253</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 756.

<sup>254</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 758.

In dieser zweiten Säule wird von den Banken daher erwartet, dass sie intern auch die Risiken berücksichtigen, die in der ersten Säule nicht explizit behandelt werden.<sup>255</sup> Im Rahmen der Kreditrisikobetrachtung sollen sich die Institute beispielsweise mit Klumpenrisiken befassen, die durch eine hohe Konzentration von Krediten an einzelne Schuldner oder durch eine zu starke Fokussierung auf Kreditnehmer einer Region bzw. Branche im Portfolio entstehen. Diese interne Betrachtung und Quantifizierung der Kreditportfoliorisiken wird von den Banken im Rahmen des so genannten Capital Adequacy Assessment Programs (CAAP) der zweiten Säule verlangt, bei dem sich die Banken in Bezug auf ihre Eigenkapitalausstattung für die einzelnen Risikoarten sowie für das Gesamtbankrisiko (Risiko über alle Geschäfte und Risikoarten) selbst einschätzen müssen. Für diese Risiken müssen die Banken zwar nicht explizit Eigenkapital vorhalten, allerdings obliegt der Bankenaufsicht hierbei die Überprüfung der Höhe der nicht durch die erste Säule abgedeckten, eingegangenen Kreditrisiken und sie hat die Möglichkeit, von den Banken zusätzliches Eigenkapital für die Absicherung dieser Risiken zu fordern. Die neue Eigenkapitalvereinbarung beinhaltet für diese interne Risikoquantifizierung (und -steuerung) jedoch keinerlei Vorgaben in Bezug auf die zu verwendenden Ansätze bzw. Methoden. D. h. an dieser Stelle ist es den Banken zur Erfüllung der Anforderungen des CAAP sehr wohl erlaubt, ihre Kreditportfoliorisiken mithilfe interner Kreditrisikomodelle zu bestimmen, was jedoch nicht als eine generelle aufsichtliche Anerkennung dieser Modelle verstanden werden kann, da das CAAP keine direkten Auswirkungen auf die durch die erste Säule bestimmte Eigenkapitalunterlegung hat. Zudem müssen für die in der zweiten Säule geforderten Zwecke nicht zwingend Kreditrisikomodelle eingesetzt werden, sondern es können auch wesentlich einfachere Methoden verwendet werden. Die folgende Abbildung fasst die Aufgaben der Bankenaufsicht in der zweiten Säule (Aufsichtliches Überprüfungsverfahren) abschließend zusammen.

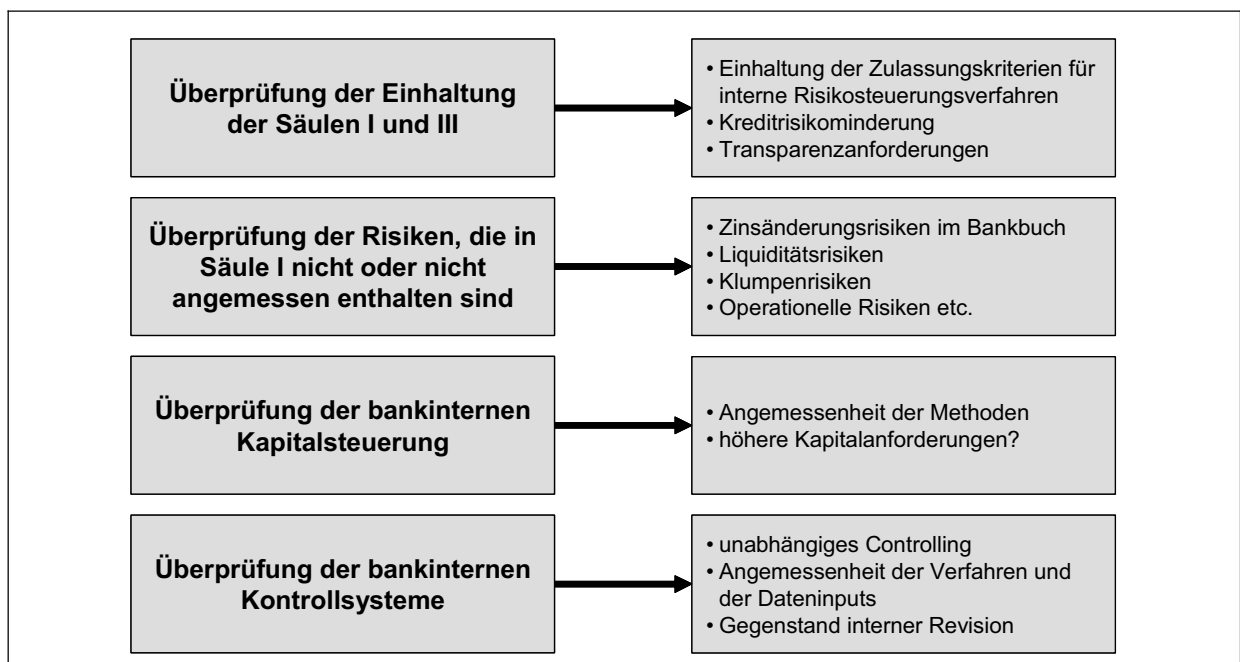


Abbildung 3.2-2: Aufgaben der Bankenaufsicht im aufsichtlichen Überprüfungsverfahren<sup>256</sup>

<sup>255</sup> Vgl. auch im Folgenden Hofmann/Pluto (2005), S. 266 f.

<sup>256</sup> Quelle: Deutsche Bundesbank (2004), S. 90.

Die **dritte Säule** „Förderung der Marktdisziplin“ ergänzt die Mindesteigenkapitalanforderungen der ersten Säule und den Aufsichtlichen Überprüfungsprozess der zweiten Säule.<sup>257</sup> Dieser dritte Teil von Basel II beinhaltet erweiterte Offenlegungsanforderungen in Bezug auf Informationen über den Anwendungsbereich der neuen Eigenkapitalvereinbarung, die Eigenkapitalstruktur, die von den Banken eingegangenen Risikopositionen, die Eigenmittelausstattung sowie über die verwendeten Messverfahren und deren Ausgestaltung.<sup>258</sup> Dieser Säule liegt die Überlegung zugrunde, dass ein gut informierter Kapitalmarktteilnehmer neben Rentabilitäts Gesichtspunkten auch qualitative Faktoren wie beispielsweise die Qualität der Geschäftsführung und des Risikomanagements in seine Anlageentscheidung mit einfließen lässt. Ein Anleger würde somit z. B. ein offensichtlich gutes Risikomanagement und eine angemessene Eigenkapitalausstattung honorieren, wohingegen ein risikoreiches Management und eine geringe Eigenkapitalhaltung bestraft werden würden. Durch den Einsatz dieser Marktmechanismen würden die Banken einer Disziplinierung des Marktes unterliegen, so dass sich ein weiterer Anreiz für sie ergibt, ihr Risikomanagement zu verbessern bzw. die Risiken effizient zu steuern.<sup>259</sup>

Mit den erweiterten Offenlegungsanforderungen der dritten Säule wird durch den Baseler Ausschuss ein von der Bankenaufsicht unabhängiges Instrument zur Verfügung gestellt, durch welches die Teilnehmer an den Finanzmärkten Einblicke in die Risiko-, Ertrags-, Vermögens- und Finanzsituation der jeweiligen Kreditinstitute erhalten sollen, so dass sie in die Lage versetzt werden, die Eigenkapitalausstattung der Banken angemessen beurteilen zu können.<sup>260</sup>

Im Rahmen des gesamten Regelwerkes sollten die drei Säulen nicht als einzelne Komponenten aufgefasst werden, sondern stellen vielmehr sich ergänzende Bestandteile dar. Ein Kreditinstitut kann beispielsweise nur interne Verfahren zur Bestimmung des zu unterlegenden Eigenkapitals verwenden (Säule 1), wenn die nationale Bankenaufsicht die Verfahren überprüft und genehmigt hat (Säule 2) und/oder das Kreditinstitut den Aufbau und die Funktionsweise ihrer verwendeten Verfahren im Rahmen der Publizitätspflicht für die Teilnehmer der Finanzmärkte aufgezeigt hat (Säule 3).<sup>261</sup>

### 3.2.2 Ansätze zur Behandlung des Kreditrisikos von Unternehmen

Die neue Eigenkapitalvereinbarung bietet den Kreditinstituten ein Spektrum von verschiedenen Ansätzen zur Quantifizierung des Kreditrisikos an, die durch unterschiedliche Komplexität und durch unterschiedliche Anforderungen an die zu bestimmenden Risikoparameter gekennzeichnet sind. Den Banken soll hierbei ein Anreiz geboten werden, in Zukunft auf die Verwendung komplexerer Verfahren überzugehen, um so die Divergenz zwischen dem ökonomischen und dem regulatorischen Eigenkapital weiter zu verringern.<sup>262</sup> Als Anreizfunktion verspricht der Einsatz der komplexeren Ansätze den Banken

<sup>257</sup> Vgl. Naumann (2004), S. 366. Für eine detaillierte Betrachtung siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 808-822, sowie Hillen (2004).

<sup>258</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 809; Dahms/Grelek (2004), S. 157, sowie auch im Folgenden Hillen (2004), S. 338.

<sup>259</sup> Vgl. Schwarz (2004), S. 76.

<sup>260</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 809, sowie Naumann (2004), S. 366.

<sup>261</sup> Vgl. Paul (2004b), S. 10.

<sup>262</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2002), S. 53.

bei gleichen Kreditrisiken eine Verringerung der entsprechenden Kapitalanforderungen im Vergleich zu den einfacheren Verfahren. In den folgenden Abschnitten werden der Standardansatz (Abschnitt 3.2.2.1) sowie der IRB-Ansatz in Form des Basis- und des fortgeschrittenen Ansatzes (Abschnitt 3.2.2.2) erläutert.

### 3.2.2.1 Standardansatz

Neben der Funktionsweise (Abschnitt 3.2.2.1.1) wird in den folgenden beiden Abschnitten auf die Verwendung von Kreditrisikominderungstechniken im Standardansatz (Abschnitt 3.2.2.1.2) eingegangen, mit deren Hilfe Banken in die Lage versetzt werden, ihre Kreditrisiken sowie die damit verbundene Eigenkapitalunterlegung zu verringern.

#### 3.2.2.1.1 Funktionsweise

Der Standardansatz für die Messung des Kreditrisikos von Unternehmen baut grundlegend auf der quantitativen Eigenkapitalanforderung von Basel I auf, so dass analog die mit den Risikogewichten multiplizierten Risikoaktiva mit 8% Eigenkapital unterlegt werden müssen.<sup>263</sup>

Im Gegensatz zum alten Eigenkapitalakkord werden die Risikogewichte für Forderungen an Unternehmen jedoch nicht mehr pauschal auf 100% festgelegt, sondern es wird eine Differenzierung nach der jeweiligen Bonität des Schuldners vorgenommen, wobei die Beurteilung der Bonität durch externe Ratingagenturen (External Credit Assessment Institution, ECAI) erfolgt. In Abhängigkeit des vergebenen Ratings wird den Forderungen ein Risikogewicht von 0%, 20%, 50%, 100% oder 150% zugeordnet. Ungeratete Forderungen an Unternehmen werden i. d. R. pauschal mit einem Risikogewicht von 100% versehen.<sup>264</sup> Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung von Risikogewichten zu Ratingklassen am Beispiel der Ratingskala von Standard & Poor's.

Rating	AAA bis AA-	A+ bis A-	BBB+ bis BB-	unter BB-	ohne Rating
Risikogewicht	20 %	50 %	100 %	150 %	100 %

Tabelle 3.2-1: Zuordnung von Risikogewichten zu Bonitätsbeurteilungen von Unternehmen<sup>265</sup>

Die Bestimmung der im Standardansatz je Forderung zu verwendenden Exposurehöhe unterscheidet sich bei bilanziellen und außerbilanziellen Geschäften. Für die Untergrenze der Forderungshöhe bei bilanziellen Geschäften wird der Bilanzansatz herangezogen.<sup>266</sup> Außerbilanzielle Geschäfte sind durch so genannte Kreditumrechnungsfaktoren (CCF) in Kreditrisikoäquivalente umzurechnen.<sup>267</sup> Bei diesen Fällen erhalten Kreditzusagen mit einer Ursprungslaufzeit bis zu einem Jahr einen CCF von 20% und mit einer Ursprungslaufzeit von über einem Jahr einen CCF von 50% zugeordnet. Kreditzusagen, die

<sup>263</sup> Vgl. Steiner/Starbatty (2003), S. 23.

<sup>264</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2004), S. 76 f.

<sup>265</sup> Quelle: Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 66.

<sup>266</sup> Vgl. Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 48.

<sup>267</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 82-86.

durch die Bank zu jeder Zeit unbedingd gekündigt werden können bzw. Kreditzusagen, die bei einer Bonitätsverschlechterung des Kreditnehmers automatisch gelöscht werden, erhalten einen CCF von 0%.

Der Standardansatz von Basel II ist vor allem durch eine von der Bankenaufsicht vorgegebene recht grobe Einteilung von Bonitätsklassen und entsprechenden Risikogewichten charakterisiert,<sup>268</sup> woraus eine geringe Komplexität dieses Messverfahrens resultiert. Die geringe Komplexität wird zusätzlich dadurch erreicht, dass die (Rest-)Laufzeit eines Kredites, trotz des relativ hohen Einflusses auf das Kreditrisiko, im Standardansatz nur in Ausnahmefällen berücksichtigt wird.<sup>269</sup> Des Weiteren werden im Standardansatz – mit Ausnahme beim Retailportfolio für kleine Unternehmenskredite – keine Diversifikationseffekte beachtet, woraus eine nicht differenzierte Risikobetrachtung resultiert. Ein Kredit in Höhe von 300 Mio. € wird demnach als genauso risikoreich angesehen, wie 30 Kredite in Höhe von jeweils 10 Mio. €, wobei an dieser Stelle ein jeweils identisches Rating vorausgesetzt wird.<sup>270</sup>

Insgesamt kann die Eignung des Standardansatzes für Kreditinstitute in Deutschland und Europa als sehr gering eingeschätzt werden, da nur sehr wenige Unternehmen über ein externes Rating verfügen, so dass die Quantifizierung des Kreditrisikos weiterhin gemäß den Regelungen von Basel I (mit Ausnahme der weitergehenden Berücksichtigung von Sicherheiten) vorgenommen würde. Des Weiteren ergäben sich hierdurch höhere Finanzierungskosten und somit Wettbewerbsnachteile der deutschen und europäischen Institute gegenüber den Banken des US-amerikanischen Marktes.<sup>271</sup>

### 3.2.2.1.2 Kreditrisikominderungstechniken

Im Gegensatz zum Akkord von 1988 erlaubt die neue Eigenkapitalvereinbarung eine wesentlich umfangreichere Berücksichtigung von *Verfahren zur Kreditrisikominderung* (so genannte Credit Risk Mitigation Techniques). Diese Verfahren umfassen dabei die Hereinnahme von finanziellen Sicherheiten, den Erwerb von Kreditderivaten und Garantien sowie den Einsatz von Nettingvereinbarungen und können sowohl im Standard- als auch im IRB-Ansatz<sup>272</sup> eingesetzt werden. Dabei kann sich die Komplexität der Verfahren bei den Ansätzen unterscheiden.<sup>273</sup> Mithilfe dieser Risikominderungstechniken sind die Banken in der Lage, die Höhe ihrer Eigenkapitalanforderung für das Kreditrisiko zu reduzieren. Der Einsatz von Absicherungsinstrumenten führt zwar zu einer Reduktion des Kreditrisikos, allerdings entstehen in Form von rechtlichen, Operationellen, Konzentrations- sowie Liquiditäts- und Marktpreisrisiken andere Risiken für die Bank, die zu kontrollieren und zu steuern sind.

Beim Standardansatz bestimmt sich die Eigenkapitalanforderung als Produkt aus Risikoaktiva (RA), Bonitätsgewicht (RW) und dem Solvabilitätskoeffizient von 8%. Die Verfahren zur Kreditrisikominderung haben im Rahmen der Bestimmung der Eigenkapitalanforderung dabei einen Einfluss auf die Höhe des

<sup>268</sup> Vgl. Paul (2004b), S. 23.

<sup>269</sup> Vgl. Wilkens/Entrop/Völker (2001), S. 188 f.

<sup>270</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 66.

<sup>271</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 99 f.

<sup>272</sup> Siehe zur Erläuterung des IRB-Ansatzes Abschnitt 3.2.2.2.

<sup>273</sup> Vgl. auch im Folgenden Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 55, sowie Allgäuer (2003), S. 231 f.

Bonitätsgewichts. Eine mögliche, allgemeine Integration der risikomindernden Auswirkungen der Sicherungsinstrumente in die Bestimmung der Eigenkapitalunterlegung im Standardansatz lässt sich durch die Einführung eines so genannten effektiven Bonitätsgewichtes ( $RW_{eff}$ ) relativ einfach darstellen.

Bei der Betrachtung einer anteilig besicherten Forderung kann zwischen einem Bonitätsgewicht für den Sicherungsgeber ( $RW_{SG}$ ) und einem Bonitätsgewicht für den Kreditnehmer ( $RW_{KN}$ ) unterschieden werden. Der besicherte Teil der Forderung (BF) erhält hierbei das Bonitätsgewicht des Sicherungsgebers, der unbesicherte Teil (UF) behält das Bonitätsgewicht des Schuldners. In dieser allgemeinen Form entspricht die Berücksichtigung von Absicherungsinstrumenten bei der Bestimmung der Eigenkapitalanforderung dem so genannten Substitutionsprinzip von Basel I, bei dem für den besicherten Teil einer Forderung das Bonitätsgewicht des Kreditnehmers durch das des Sicherungsinstrumentes ersetzt wird.

Dieser Austausch des Risikogewichts des besicherten Anteils der Transaktion kann auch durch die Bildung eines mit BF und UF gewichteten arithmetischen Mittels aus  $RW_{SG}$  und  $RW_{KN}$  abgebildet werden, so dass sich das oben eingeführte effektive Bonitätsgewicht ergibt, das anstelle des regulären  $RW_{KN}$  auf den aktuellen Forderungsbetrag für die Eigenkapitalbestimmung angewendet wird. Der Betrachtung liegt jedoch die Annahme zugrunde, dass  $RW_{SG}$  besser bzw. kleiner ist als  $RW_{KN}$ . Im umgekehrten Fall ( $RW_{SG} > RW_{KN}$ ) wird als effektives Bonitätsgewicht ausschließlich  $RW_{KN}$  verwendet. Grundsätzlich muss hierbei die Regel beachtet werden, dass eine besicherte Transaktion niemals ein höheres Bonitätsgewicht erhalten darf als eine identische, unbesicherte Forderung. Aus dieser Regel lassen sich auch die möglichen Ausprägungen von  $RW_{eff}$  für vollständig besicherte Forderungen ableiten, die folglich jeweils das Minimum aus  $RW_{SG}$  und  $RW_{KN}$  annehmen. Die folgende Tabelle fasst die möglichen Ausprägungen von  $RW_{eff}$  unter den verschiedenen Annahmen bzw. Ausprägungen von  $RW_{SG}$  und  $RW_{KN}$  bei vollständig und anteilig besicherten Forderungen nochmals zusammen, wobei E den aktuellen Wert der Forderung bezeichnet.

Annahme	$RW_{eff}$ bei vollständiger Besicherung	$RW_{eff}$ bei anteiliger Besicherung
$RW_{SG} < RW_{KN}$	$RW_{eff} = RW_{SG}$	$RW_{eff} = \frac{BF}{E} \cdot RW_{SG} + \frac{UF}{E} \cdot RW_{KN}$
$RW_{SG} = RW_{KN}$	$RW_{eff} = RW_{SG} \vee RW_{eff} = RW_{KN}$	$RW_{eff} = RW_{SG} \vee RW_{eff} = RW_{KN}$
$RW_{SG} > RW_{KN}$	$RW_{eff} = RW_{KN}$	$RW_{eff} = RW_{KN}$

Tabelle 3.2-2: Mögliche Ausprägungen des effektiven Bonitätsgewichts im Standardansatz

In Abhängigkeit von der Art der Risikominderungstechnik sind im Vergleich zu der obigen allgemeinen Betrachtung ggf. noch weitere Parameteranpassungen und Erweiterungen notwendig. Im Folgenden werden hierzu die Sicherungsinstrumente finanzielle Sicherheiten, Nettingvereinbarungen sowie Garantien und Kreditderivate betrachtet.



### Finanzielle Sicherheiten:

Im Standardansatz von Basel II wird bei der Verwendung von Sicherheiten zur Risikominderung zwischen einem *einfachen* und einem *umfassenden Ansatz* unterschieden.<sup>274</sup> In beiden Ansätzen werden Bareinlagen bei der kreditgebenden Bank, Gold sowie mit einem bestimmten Mindestrating versehene Schuldverschreibungen, die von Staaten, Banken oder sonstigen Unternehmen emittiert wurden, als Sicherheiten anerkannt. Des Weiteren werden kurzfristige Anleihen mit einem Mindestrating von A-3 und nicht geratete Bankschuldverschreibungen, die an einer anerkannten Börse notiert sind und weitere Anforderungen erfüllen, anerkannt.<sup>275</sup> Zusätzlich anererkennungsfähig sind einem Hauptindex angehörige Aktien, Undertakings for Collective Investments in Transferable Securities (UCITS) sowie Investmentfondsanteile. Grundsätzlich nur im umfassenden Ansatz anererkennungsfähig sind Aktien, die keinem Hauptindex angehören, aber an einer anerkannten Börse gehandelt werden sowie Investmentfonds, die solche Aktien beinhalten.<sup>276</sup> Anerkennungsfähige Sicherheiten müssen ergänzend weitere Anforderungen in Bezug auf die rechtliche Durchsetzbarkeit erfüllen. Banken müssen beispielsweise über das uneingeschränkte Recht verfügen, die erhaltenen Sicherheiten veräußern zu können und diese Veräußerung auch zeitnah und schnell durchzuführen.<sup>277</sup>

#### *Einfacher Ansatz :*

Finanzielle Sicherheiten werden im einfachen Ansatz nur anerkannt, wenn sie mindestens für die gesamte Forderungslaufzeit verpfändet sowie ihr Marktwert in einem maximalen Zeitabstand von sechs Monaten neu bestimmt werden kann. Aus der Anforderung einer mindestens gleich langen Laufzeit von Sicherheit (Zeitraum der Verpfändung) und Forderung wird deutlich, dass in diesem Ansatz somit eine laufzeitinkongruente Besicherung nicht erlaubt ist.<sup>278</sup> Zudem werden Sicherheiten nicht anerkannt, insofern zwischen der Kreditqualität des Schuldners und der Sicherheit eine bedeutende positive Korrelation besteht, was beispielsweise bei Wertpapieren, die von dem Schuldner selbst emittiert wurden, der Fall ist. Die Berechnung der Eigenkapitalanforderung bei Verwendung des einfachen Ansatzes entspricht im Wesentlichen der oben aufgezeigten allgemeinen Darstellung.

#### *Umfassender Ansatz:*

Die Bestimmung der Eigenkapitalanforderung bei Kreditrisikominderung wird im umfassenden Ansatz nicht anhand des Substitutionsprinzips durch den Austausch von Risikogewichten, sondern nach einer anderen Methodik vorgenommen. Unter Berücksichtigung von Kurs- und Währungsrisiken werden angepasste Werte für die Forderung, für die Sicherheit und deren Differenz bestimmt. Weist diese Be-

<sup>274</sup> Im Anlagebuch ist den Banken die Wahl des Ansatzes freigestellt, wobei die gleichzeitige Anwendung beider Ansätze nicht erlaubt ist. Im Handelsbuch kann nur der umfassende Ansatz zur Anwendung kommen. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 121.

<sup>275</sup> Siehe für die ergänzenden Anforderungen Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 145.

<sup>276</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 145 f.

<sup>277</sup> Vgl. Reichardt-Petry (2005), S. 362.

<sup>278</sup> Vgl. Allgäuer (2003), S. 233.

rechnung auf einen unbesicherten Anteil der Forderung (Forderungsbetrag nach Kreditrisikominderung) hin, so ist nur dieser mit Eigenkapital zu unterlegen.<sup>279</sup>

Das Kurs- bzw. Fremdwährungsrisiko findet Berücksichtigung, indem sowohl der abzusichernde bzw. aktuelle Forderungsbetrag als auch der aktuelle Wert der Sicherheit anhand von Sicherheitszu- bzw. -abschlägen (so genannte Haircuts) angepasst werden. Mithilfe dieser Haircuts werden die möglichen negativen (markt- und währungskursbedingten) Wertveränderungen der Forderungen und der Sicherheiten berücksichtigt.<sup>280</sup> Für die Ermittlung der Haircuts haben Banken im Standardansatz für das Kreditrisiko die Auswahl zwischen der Nutzung aufsichtlich vorgegebener oder der Verwendung bankintern geschätzter Haircuts.<sup>281</sup> Der Baseler Ausschuss unterscheidet insgesamt drei verschiedene Arten von Haircuts:<sup>282</sup>

- *Haircut zur Berücksichtigung möglicher Wertschwankungen der Forderung ( $H_E$ )*

Forderungen, deren Marktpreise volatil sind, werden durch die Multiplikation des Forderungsbetrages mit dem Term  $(1 + H_E)$  erhöht. Diese Volatilitätsanpassung führt zu Forderungsbeträgen, die größer sind als der ursprüngliche Forderungswert.

- *Haircut zur Berücksichtigung möglicher Wertschwankungen der Sicherheit ( $H_C$ )*

Mögliche Wertschwankungen der Sicherheit finden Berücksichtigung, indem der Wert der Sicherheit durch  $H_C$  vermindert wird. Dadurch ist der volatilitätsangepasste Wert der Sicherheit stets kleiner als deren Ursprungswert.

- *Haircut zur Berücksichtigung einer Währungsinkongruenz zwischen Forderung und der Sicherheit ( $H_W$ )*

Währungsinkongruenzen werden berücksichtigt, indem der durch  $H_C$  angepasste Wert der Sicherheit nochmals durch einen Sicherheitsabschlag  $H_W$  verringert wird.

Bei Berücksichtigung der Haircuts berechnet sich der Forderungsbetrag nach Kreditrisikominderung ( $E^*$ ) bei besicherten Transaktionen gemäß Gleichung (3-3):<sup>283</sup>

$$E^* = \max\{0, [E \cdot (1 + H_E) - C \cdot (1 - H_C - H_W)]\} \quad (3-3)$$

mit:

$C$ : aktueller Wert der Sicherheit

$E^*$ : Forderungsbetrag nach Kreditrisikominderung

$E$ : aktueller Forderungsbetrag

<sup>279</sup> Vgl. Reichardt-Petry (2005), S. 364.

<sup>280</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 130.

<sup>281</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 133.

<sup>282</sup> Vgl. auch im Folgenden Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 57. Für die Bestimmung der verschiedenen Haircuts siehe Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 151-153 (aufsichtliche Haircuts) sowie Tz. 154-181 (bankinterne Schätzung der Haircuts).

<sup>283</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 147.

$H_E$ : Haircut für die Forderung

$H_C$ : Haircut für die Sicherheit

$H_W$ : Haircut für Währungsinkongruenzen zwischen Forderung und Sicherheit

Entgegen der bisherigen Betrachtung wird der risikoreduzierende Effekt nicht durch die Anpassung der Bonitätsgewichte durch die Ermittlung von  $RW_{\text{eff}}$ , sondern durch eine direkte Anpassung (Verringerung) des Forderungsbetrages erzielt. Alternativ kann die Kreditrisikominderung auch beim umfassenden Ansatz über die Berechnung eines effektiven Risikogewichts berücksichtigt werden. Bei anteilig besicherten Forderungen berechnet sich  $RW_{\text{eff}}$  aus dem Verhältnis der Differenz des volatilitätsangepassten Wertes der Forderung [ $E_V = E \cdot (1 + H_E)$ ] und des angepassten Wertes der Sicherheit [ $C_V = C \cdot (1 - H_C - H_W)$ ] zum aktuellen Wert der Forderung multipliziert mit dem Risikogewicht des Kreditnehmers.<sup>284</sup>

$$\begin{aligned}
 RW_{\text{eff}} &= \frac{\text{Min}[\text{Max}[(E \cdot (1 + H_E)) - (C \cdot (1 - H_C - H_W)); 0] E]}{E} \cdot RW_{KN} \\
 &= \frac{\text{Min}[\text{Max}[E_V - C_V; 0] E]}{E} \cdot RW_{KN}
 \end{aligned}
 \tag{3-4}$$

Zur Ermittlung der risikogewichteten Aktiva einer besicherten Transaktion unter Berücksichtigung des risikomindernden Effekts über das effektive Bonitätsgewicht wird nun der aktuelle Forderungswert und nicht der Forderungsbetrag nach Risikominderung mit  $RW_{\text{eff}}$  multipliziert.

### Nettingvereinbarungen

Eine Nettingvereinbarung bezeichnet die Verrechnung von Forderungen und Einlagen gegenüber einem Kunden. Banken können im Rahmen der Kreditrisikominderung die Differenz der Forderungen und Einlagen eines Kunden als Grundlage für die Ermittlung der Eigenkapitalanforderung verwenden. Bei Risikominderung durch Nettingvereinbarungen werden die Aktiva als Forderungen und die Passiva (Verbindlichkeiten) als Sicherheiten aufgefasst. Die jeweiligen Haircuts für Forderungen und Sicherheiten werden dabei auf Null gesetzt. Lediglich bei Vorliegen einer Währungsinkongruenz zwischen Forderungen und Verbindlichkeiten ist der Wert der aktuellen Verbindlichkeiten (L) durch den Fremdwährungs-Haircut zu verringern.<sup>285</sup>

Die Berechnung des Forderungsbetrages nach Kreditrisikominderung bei anteilig besicherten Forderungen erfolgt im Falle von Nettingvereinbarungen analog zu Gleichung (3-3) und bestimmt sich aus dem Maximum von Null und der Differenz aus Forderungsbetrag und dem volatilitätsangepassten Wert der Verbindlichkeit ( $L_V$ ) (siehe Gleichung (3-5)). Gegenüber Gleichung (3-3) wird der Wert der Sicherheit durch den Wert der Verbindlichkeit ersetzt, und nur der Haircut für Währungsinkongruenzen findet Berücksichtigung. Für den besicherten Teil der Forderung muss dementsprechend kein haftendes Ei-

<sup>284</sup> Vgl. Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 56.

<sup>285</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 188.

genkapital vorgehalten werden.<sup>286</sup> Die risikogewichteten Aktiva bestimmen sich durch die Multiplikation des Forderungsbetrages nach Kreditrisikominderung mit dem Bonitätsgewicht des Kreditnehmers. Bei vollständig besicherten Forderungen ( $E < L_V$ ) besteht keine Eigenkapitalanforderung für die Bank.

$$E^* = \max\{0, [E - L \cdot (1 - H_W)]\} = \max\{0, [E - L_V]\} \quad (3-5)$$

Alternativ zur Anpassung des Forderungsbetrages kann der risikomindernde Effekt ebenfalls über ein effektives Bonitätsgewicht berücksichtigt werden. Das effektive Bonitätsgewicht bei anteilig besicherten Forderungen berechnet sich aus dem Verhältnis der Differenz aus aktuellem Forderungswert und dem angepassten Wert der Verbindlichkeit zum aktuellen Wert der Forderung multipliziert mit dem Bonitätsgewicht des Kreditnehmers.<sup>287</sup>

$$RW_{eff} = \frac{E - L_V}{E} \cdot RW_{KN} \quad (3-6)$$

### Garantien und Kreditderivate

Eine Grundvoraussetzung für den Einsatz von Garantien und Kreditderivaten zur Kreditrisikominderung besteht darin, dass beide Instrumente bei ihrer Verwendung jeweils eine direkte Forderung gegenüber dem Sicherungsgeber darstellen müssen und sich die Kreditabsicherung zwingend auf eine Forderung bzw. auf einen Pool von Forderungen bezieht, damit der Umfang der Absicherung eindeutig bestimmt werden kann.<sup>288</sup> Für die Risikominderung durch Garantien und Kreditderivate kann im Standardansatz von Basel II nur der einfache Ansatz gemäß dem Substitutionsprinzip angewendet werden.<sup>289</sup> Eine Risikominderung ist somit nur möglich, wenn der Sicherungsgeber ein niedrigeres Bonitätsgewicht aufweist als der Kreditnehmer. Analog zu den obigen Ausführungen erhält der besicherte Teil der Forderung bei Garantien und Kreditderivaten (GK) folglich das Bonitätsgewicht des Sicherungsgebers und der unbesicherte Anteil behält das Risikogewicht des Kreditnehmers.<sup>290</sup> Lauten Garantien oder Kreditderivate auf verschiedene Währungen, so ist der Absicherungsbetrag (GK) mit einem Fremdwährungs-Haircut zu verringern. Der Baseler Ausschuss gibt beim einfachen Ansatz im Falle von Garantien und Kreditderivaten einen Haircut in Höhe von 8% vor.

Das effektive Bonitätsgewicht bestimmt sich entsprechend aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der Risikogewichte, wobei die jeweiligen prozentualen Anteile des angepassten Absicherungsbetrages ( $GK_V$ ) und des unbesicherten Forderungswertes zum Gesamtbetrag der Forderung als Gewichte herangezogen werden.

<sup>286</sup> Vgl. Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 59.

<sup>287</sup> Vgl. Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 56.

<sup>288</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 189-195, sowie Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 59.

<sup>289</sup> Vgl. auch im Folgenden Schulte-Mattler/Manns (2005), S. 59.

<sup>290</sup> Die Anwendung des Substitutionsprinzips zur Eigenkapitalbestimmung stellt aus ökonomischer Sicht eine sehr konservative Betrachtung der Risikominderung dar, da zusätzlich risikomindernd wirkende Double-Default-Effekte (Sicherungsgeber und Kreditnehmer müssen beide ausfallen, damit die Bank überhaupt einen Verlust realisieren würde) nicht berücksichtigt werden. Vgl. Reichardt-Petry (2005), S. 367.

$$RW_{eff} = \frac{GK_V}{E} \cdot RW_{SG} + \left(1 - \frac{GK_V}{E}\right) \cdot RW_{KN} \quad (3-7)$$

Bei vollständig besicherten Transaktionen wird das Bonitätsgewicht des Sicherungsgebers auf den gesamten Forderungsbetrag angewendet, insofern dieses kleiner ist als das Risikogewicht des Kreditnehmers. Im umgekehrten Fall ( $RW_{KN} < RW_{SG}$ ) führt die Absicherung der Forderung durch Garantien oder Kreditderivate zu keiner Verminderung der Eigenkapitalanforderung.

### 3.2.2.2 Interner Ratingansatz (IRB-Ansatz)

Der IRB-Ansatz basiert grundlegend auf den Größen erwarteter und unerwarteter Verlust, wobei sich die Eigenkapitalanforderung bzw. das zu unterlegende Eigenkapital ausschließlich auf den unerwarteten Verlust bezieht.<sup>291</sup> Die erwarteten Verluste werden bei Basel II separat betrachtet. In den folgenden Abschnitten werden daher zunächst die Funktionsweise des IRB-Ansatzes (Abschnitt 3.2.2.2.1) sowie die möglichen Kreditrisikominderungstechniken (Abschnitt 3.2.2.2.2) aufgezeigt. Die Behandlung der erwarteten Verluste wird aufgrund der eigenständigen Bedeutung im abschließenden Abschnitt 3.2.2.2.3 erläutert.

#### 3.2.2.2.1 Funktionsweise

Aufgrund des Fehlens externer Ratings deutscher Unternehmen werden sich die Banken in der Bundesrepublik Deutschland zum Großteil für die Verwendung des IRB-Ansatzes entschließen. In diesem Ansatz haben Banken die Auswahl zwischen einem **Basis-** und einem **fortgeschrittenen Ansatz**, die sich hauptsächlich durch die Anzahl der von der Bank selbst zu schätzenden Risikoparameter unterscheiden. Im Gegensatz zum Standardansatz werden die Risikogewichte beim IRB-Ansatz nicht über externe, sondern mithilfe bankinterner bestimmter Ratings ermittelt. Für die Verwendung interner Ratings zur Berechnung des regulatorischen Eigenkapitals bedarf es jedoch einer Genehmigung der Bankenaufsicht.

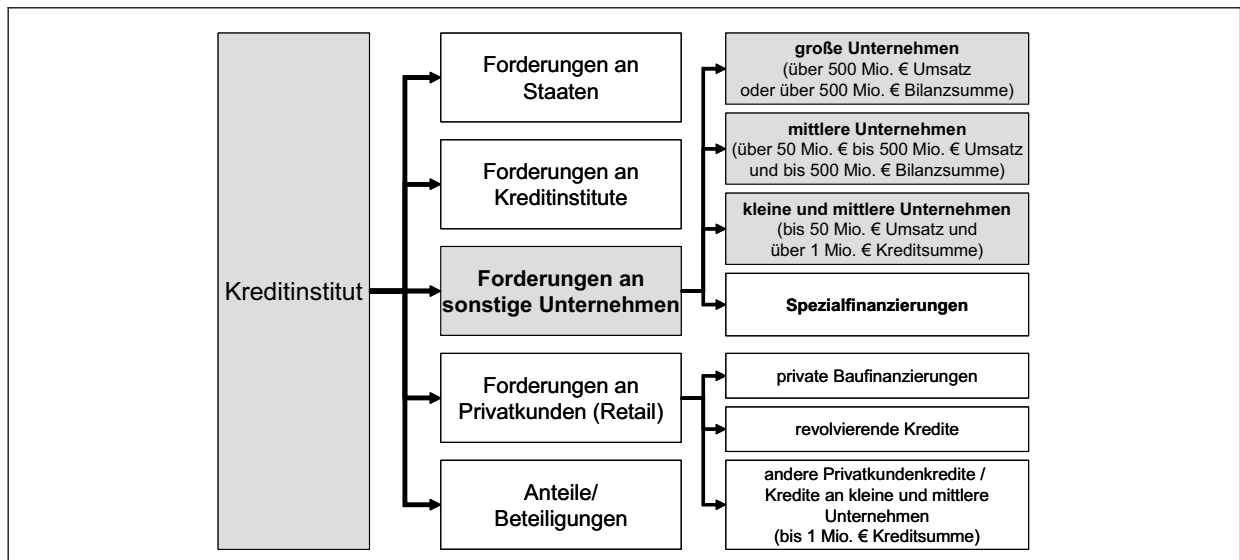
Im Rahmen des IRB-Ansatzes sind Banken dazu angehalten, ihre Geschäfte des Anlagebuches in die fünf Forderungsklassen (1) Staaten, (2) Banken, (3) Unternehmen<sup>292</sup>, (4) Retail<sup>293</sup> und (5) Beteiligungen einzuordnen.<sup>294</sup>

<sup>291</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 212.

<sup>292</sup> Innerhalb der Forderungsklasse „Unternehmen“ werden ergänzend fünf Unterklassen für Spezialfinanzierungen separat erfasst. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden diese Spezialfinanzierungen nicht betrachtet. Siehe hierfür Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 219-228.

<sup>293</sup> Die Forderungsklasse „Retail“ stellt innerhalb des IRB-Ansatzes eine Ausnahme dar, da innerhalb dieser Klasse nicht zwischen einem Basis- und einem fortgeschrittenen Ansatz unterschieden wird und die Institute die Risikokomponenten PD, LGD und EAD in dieser Forderungsklasse selbst schätzen müssen. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 252, sowie Humpert (2003), S. 74.

<sup>294</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 215.

Abbildung 3.2-3: Forderungsklassen im internen Ratingansatz<sup>295</sup>

Der IRB-Ansatz beinhaltet für jede Forderungsklasse die drei folgenden grundlegenden Elemente,<sup>296</sup> wobei der Fokus im weiteren Verlauf der Arbeit ausschließlich auf der Klasse der Forderungen an Unternehmen liegt (Die entsprechenden Felder sind in Abbildung 3.2-3 grau unterlegt):

- **Risikokomponenten** – Die Risikoparameter können von den Banken selbst geschätzt werden, wobei einige auch von der Bankenaufsicht vorgegeben werden können.
- **Risikogewichtungsfunktionen** – Klassenspezifische, stetige Funktionen zur Umrechnung der Risikokomponenten in Risikogewichte und damit in die Kapitalanforderung für das Kreditrisiko.
- **Mindestanforderungen** – Von den Banken zu erfüllende Grundregeln und Mindestanforderungen, um den IRB-Ansatz anwenden zu können.

Der Aufbau dieses Abschnitts erfolgt analog der drei Elemente. In einem ersten Schritt werden die Risikokomponenten des IRB-Ansatzes aufgezeigt (Abschnitt 3.2.2.2.1.1). Im folgenden Abschnitt 3.2.2.2.1.2 wird die Risikogewichtungsfunktion zur Bestimmung der Risikogewichte erläutert, worauf im Anschluss die grundlegenden Mindestanforderungen für den Einsatz des IRB-Ansatzes (Abschnitt 3.2.2.2.1.3) dargestellt werden.

### 3.2.2.2.1.1 Risikokomponenten

Das für Kredite an Unternehmen zu unterliegende Eigenkapital wird anhand der Risikokomponenten Ausfallwahrscheinlichkeit (PD), erwartete Höhe der Forderung zum Zeitpunkt des Ausfalls (EAD), Verlustquote bei Ausfall (LGD) und effektive Restlaufzeit (M) bestimmt. Bei der Verwendung des IRB-Basisansatzes sind die Banken angehalten, die Ausfallwahrscheinlichkeit bankintern zu schätzen, während die weiteren Komponenten EAD, LGD und M in Abhängigkeit der Kreditart und der jeweiligen Be-

<sup>295</sup> Quelle: Deutsche Bundesbank (2004), S. 79.

<sup>296</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 244.

sicherung bankenaufsichtlich vorgegeben werden.<sup>297</sup> Wählen die Kreditinstitute den fortgeschrittenen Ansatz, so müssen alle genannten Risikoparameter bankintern geschätzt werden.

### **Ausfallwahrscheinlichkeit (PD)**

Aufgrund der Vorgabe des Baseler Ausschusses, dass die Ausfallwahrscheinlichkeiten sowohl im Basis- als auch im fortgeschrittenen Ansatz von den Banken geschätzt werden müssen, gelten die folgenden Ausführungen gleichermaßen für beide Vorgehensweisen. Die Bankenaufsicht fordert von den Banken dabei die Berücksichtigung einer einheitlichen Schätzung der PD sowohl bei der Kreditvergabe und bei der internen Allokation von Eigenkapital als auch beim Risikomanagement und der Unternehmenssteuerung.<sup>298</sup>

Die PD entspricht beim IRB-Ansatz der Ein-Jahres-PD der für den Kreditnehmer intern ermittelten Ratingklasse, wobei eine Mindest-Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,03% festgelegt ist. Kreditnehmer, die einer Ausfallklasse (Default-Klasse) zugeordnet werden, erhalten eine PD von 100%.<sup>299</sup>

Bei der Schätzung der PD müssen die Banken sicherstellen, dass die Ergebnisse „einen langfristigen Durchschnitt der auf ein Kalenderjahr bezogenen Ausfallrate der Kreditnehmer in einer Risikoklasse darstellen“<sup>300</sup>, wobei die Schätzungen insgesamt auf historischen Erfahrungen und empirischen Ergebnissen (und damit nicht auf subjektiven Annahmen) basieren müssen.<sup>301</sup> Ergänzend wird von den Banken gefordert, dass sie Informationen und Techniken verwenden, die auf langjährigen Erfahrungen im Rahmen der Schätzung der durchschnittlichen Ausfallwahrscheinlichkeit je Ratingklasse basieren.<sup>302</sup> Für die Schätzung der durchschnittlichen PD pro Ratingklasse können Banken beispielsweise eine oder mehrere der folgenden Methoden einsetzen:<sup>303</sup>

- interne Ausfalldaten,
- Mapping auf externe Daten und
- statistische Ausfallmodelle.

Für die Schätzung der PD können Kreditinstitute **interne Ausfalldaten** verwenden, wobei aufgezeigt werden muss, dass die Schätzergebnisse zum einen die Regeln der Kreditvergabe und zum anderen die eventuell vorhandenen Unterschiede zwischen dem Ratingsystem, welches die für die Schätzung benötigten Daten geliefert hat, und dem zurzeit eingesetzten Ratingsystem berücksichtigen. Die Schätzung der PD ist konservativ vorzunehmen, falls nur begrenztes Datenmaterial zur Verfügung steht. Die Verwendung von gepoolten Daten mehrerer Banken ist möglich, allerdings müssen die Ratingsysteme der am Datenpool beteiligten Institute mit dem eigenen System kompatibel sein.

<sup>297</sup> Vgl. Brezski/Claussen/Korth (2004), S. 66.

<sup>298</sup> Vgl. Brezski/Claussen/Korth (2004), S. 67 f.

<sup>299</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 285.

<sup>300</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 447.

<sup>301</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 449.

<sup>302</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 461.

<sup>303</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 461-462.

Eine weitere Möglichkeit der Schätzung der PD besteht im **Mapping**<sup>304</sup> (der Abbildung) der internen Ratingklassen auf Ratingklassen externer Ratingagenturen. Die bei den externen Risikoklassen beobachtbaren Ausfallraten können anschließend den internen Risikoklassen zugeordnet werden. Die Zuordnungsregeln müssen von den Kreditinstituten jeweils dokumentiert werden.

Als PD kann grundsätzlich auch der einfache Durchschnitt der geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Kreditnehmer in einer bestimmten Ratingklasse angesetzt werden, insofern diese mit einem statistischen Ausfallmodell geschätzt wurden.

Ungeachtet davon, ob interne, externe oder gepoolte Daten für die PD-Schätzung verwendet werden, muss der Beobachtungszeitraum der zugrunde liegenden Daten mindestens fünf Jahre betragen.<sup>305</sup>

### **Erwartete Höhe der Forderung zum Zeitpunkt des Ausfalls (EAD)**

Innerhalb des IRB-Basisansatzes wird die erwartete Höhe der Forderung zum Zeitpunkt des Ausfalls (EAD) vor dem Abzug von Einzelwertberichtigungen und Teilabschreibungen ermittelt.<sup>306</sup> Sowohl für den IRB-Basis- als auch für den fortgeschrittenen Ansatz gilt im Rahmen bilanzieller Geschäfte, dass analog zum Standardansatz die Untergrenze durch den bilanziellen Wert der Forderung festgelegt ist und dieser Wert i. d. R. die geeignete Schätzung für den EAD darstellt.<sup>307</sup> Bei außerbilanziellen Geschäften entspricht die EAD dem zugesagten (aber nicht in Anspruch genommenen) Kreditbetrag multipliziert mit einem Kreditumrechnungsfaktor (Credit Conversion Factor, CCF).<sup>308</sup> Die Bestimmung des EAD bzw. des CCF unterscheidet sich beim IRB-Basis- und fortgeschrittenen Ansatz.

Beim **Basisansatz** wird für alle Kreditlinien (beispielsweise Kontokorrentkredit oder Avale), Note Issuance Facilities und Revolving Underwriting Facilities eine CCF von 75% vorgegeben, wobei die jeweilige Restlaufzeit der Instrumente keine Berücksichtigung findet. Forderungen, die von der Bank jederzeit gekündigt werden können, bzw. bei denen eine automatische Kündigung aufgrund auftretender Bonitätsverschlechterung des Schuldners möglich ist, erhalten einen CCF von 0%.<sup>309</sup>

Im **fortgeschrittenen IRB-Ansatz** müssen Banken die CCF bzw. EAD für die verschiedenen Forderungsarten selbst schätzen, wobei die Schätzungen die Wahrscheinlichkeit von weiteren Kreditinanspruchnahmen bis zum und nach dem Zeitpunkt des Ausfalls berücksichtigen sollen.<sup>310</sup> Insgesamt soll die Schätzung einer langfristigen, ausfallgewichteten Durchschnitts-EAD für gleichartige Kredite und Schuldner entsprechen. Für die Fälle, in denen die Forderungshöhe vom Konjunkturverlauf stark abhängig ist, müssen die EAD-Schätzungen an einem konjunkturellen Abschwung ausgerichtet sein.<sup>311</sup>

<sup>304</sup> Siehe zur Problematik des Mappings Abschnitt 4.2.3.3.3.

<sup>305</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 463.

<sup>306</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 308.

<sup>307</sup> Vgl. Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 48.

<sup>308</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 310. Für die EAD-Ermittlung von Derivaten gelten weiterhin die Regeln aus den Baseler Marktpreisrisikopapieren. Vgl. Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 48.

<sup>309</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 312.

<sup>310</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 474.

<sup>311</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 475.



Die Betrachtungsperiode bei der EAD-Schätzung sollte mindestens sieben Jahre und idealerweise einen Konjunkturzyklus umfassen.<sup>312</sup>

Die Schätzung des langfristigen, ausfallgewichteten Durchschnitts der EAD mithilfe der CCFs erfolgt grundlegend in drei Schritten:<sup>313</sup>

- Schätzung des Kreditumrechnungsfaktors für jede historische Einzelbeobachtung,
- Schätzung des Kreditumrechnungsfaktors für eine Beobachtungsperiode (Querschnittsschätzung),
- Schätzung des Kreditumrechnungsfaktors auf Basis der vorliegenden Beobachtungsperioden (Längsschnittsschätzung).

Am Beispiel von zugesagten Kreditlinien (beispielsweise Kontokorrentkredite)<sup>314</sup> wird somit im ersten Schritt für jeden einzelnen ausgefallenen Kredit in der historischen Einzelbetrachtung ein CCF gemäß der folgenden Gleichung bestimmt, wobei  $t_A$  den Ausfallzeitpunkt und  $t_k$  den entsprechenden Kalkulationszeitpunkt bezeichnet. Um den Aspekt einer konservativen Schätzung des CCF zu berücksichtigen, werden negative Ergebnisse durch Null ersetzt.<sup>315</sup>

$$CCF_i = \max \left\{ \frac{\text{Inanspruchnahme}_{t_A} - \text{Inanspruchnahme}_{t_k}}{\text{Limit}_{t_k} - \text{Inanspruchnahme}_{t_k}}; 0 \right\} \quad (3-8)$$

Im Anschluss an die Berechnung der Einzel-CCF kann nun im zweiten Schritt ein CCF für eine Betrachtungsperiode für zuvor festgelegte Segmente  $y$  (beispielsweise Differenzierung nach Kundengruppen oder Bonität) gemäß Gleichung (3-9) berechnet werden.  $H_y$  bezeichnet hierbei die Anzahl der ausgefallenen Kredite im jeweiligen Segment  $y$ .

$$CCF_y = \frac{1}{H_y} \cdot \sum_{i=1}^{H_y} CCF_i \quad (3-9)$$

Die Längsschnittsschätzung im dritten Schritt kann analog erfolgen, indem die Ausfälle aller Betrachtungsperioden berücksichtigt werden. Das Ergebnis aus dem letzten Schritt stellt letztendlich die Schätzung des CCF dar, der für die Berechnung der EAD heranzuziehen ist.

### Verlustquote bei Forderungsausfall (LGD)

Im Rahmen des IRB-Ansatzes müssen Banken für jeden Kredit an Unternehmen eine Verlustquote bei Forderungsausfall (LGD) schätzen, wobei sich die Schätzungen im Basis- sowie im fortgeschrittenen Ansatz unterscheiden. Während im Basisansatz die LGD für die jeweiligen Forderungen festgelegt

<sup>312</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 478.

<sup>313</sup> Vgl. Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 49.

<sup>314</sup> Für die Berechnung der  $CCF_i$  am Beispiel von Avalkrediten siehe Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 52. Das weitere Vorgehen verläuft in Analogie zum angegebenen Beispiel.

<sup>315</sup> Vgl. auch im Folgenden Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 50-52.

werden, dürfen im Rahmen des fortgeschrittenen Ansatzes bankinterne Schätzungen der LGD für die Berechnung der Kapitalanforderung herangezogen werden.

Im **IRB-Basisansatz** wird von der Bankenaufsicht für vorrangige, unbesicherte Forderungen eine LGD in Höhe von 45% vorgegeben. Alle nachrangigen, unbesicherten Forderungen bekommen eine LGD von 75% zugewiesen.<sup>316</sup> Bei besicherten Forderungen kommt es bei einigen Sicherungsinstrumenten zu einer Anpassung der von der Bankenaufsicht vorgegebenen LGD, worauf in Abschnitt 3.2.2.2.2 näher eingegangen wird.

Im **fortgeschrittenen IRB-Ansatz** ist es den Banken bei Erfüllung zusätzlicher Mindestanforderungen erlaubt, eigene Schätzungen der LGD vorzunehmen. Die geschätzte LGD soll dabei einem langfristigen ausfallgewichteten Durchschnitt für die jeweilige Kreditart entsprechen, wobei diese Durchschnitts-LGD auf dem durchschnittlichen ökonomischen Verlust der beobachtbaren Ausfälle innerhalb der der jeweiligen Kreditart zugrunde liegenden Daten basieren muss. Bei Krediten, deren LGD im Konjunkturzyklus stärkeren Schwankungen unterliegen, muss bei der Schätzung der LGD von einem wirtschaftlichen Abschwung ausgegangen werden (so genannte Stress-LGD), außer die Bank verwendet eigene LGD-Modelle, die die zyklischen Schwankungen bereits berücksichtigen.<sup>317</sup>

Bei der Schätzung von Verlustquoten, die von Sicherheiten abhängig sind,<sup>318</sup> müssen die Banken zur LGD-Schätzung historische Erlösquoten verwenden und dürfen nicht ausschließlich auf geschätzte Marktwerte der Sicherheiten zurückgreifen. Mit dieser Anforderung wird die Problematik berücksichtigt, dass Banken nicht immer in der Lage sind, einen direkten Zugriff auf die Sicherheiten zu erhalten und diese anschließend schnell zu verwerten.<sup>319</sup>

Die für die LGD-Schätzung verwendeten Daten sollten einen Beobachtungszeitraum von mindestens einem Konjunkturzyklus aufweisen, wobei der Zeitraum für mindestens eine Datenquelle nicht geringer als sieben Jahre sein darf.<sup>320</sup>

### Restlaufzeit (M)

Im Gegensatz zum Standardansatz wird die Restlaufzeit (M) sowohl im IRB-Basis- als auch im fortgeschrittenen Ansatz berücksichtigt. Im **Basisansatz** wird die effektive Restlaufzeit von der Bankenaufsicht grundsätzlich für alle Forderungen mit 2,5 Jahren vorgegeben. Eine Ausnahme hiervon bilden Wertpapierpensions- und ähnliche Geschäfte, die eine Restlaufzeit von sechs Monaten erhalten. Der nationalen Bankenaufsicht ist es jedoch freigestellt, die Restlaufzeitanpassung für jede Fazilität gemäß dem fortgeschrittenen Ansatz auch von den Banken zu fordern, die den Basisansatz verwenden.<sup>321</sup>

Beim **fortgeschrittenen Ansatz** ist die Restlaufzeit explizit zu berücksichtigen, so dass die Eigenkapitalanforderung bei langfristigen Krediten höher ausfallen wird als bei Verwendung des IRB-

<sup>316</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 287 f.

<sup>317</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 468, sowie Brezski/Kinne (2004), S. 68.

<sup>318</sup> Für die Behandlung von Sicherheiten im fortgeschrittenen Ansatz siehe Abschnitt 3.2.2.2.2.

<sup>319</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 470.

<sup>320</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 472.

<sup>321</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 318.

Basisansatzes.<sup>322</sup> Die Restlaufzeit  $M$  entspricht dabei grundsätzlich dem Maximum aus einem Jahr und der jeweils verbleibenden effektiven Restlaufzeit in Jahren, wobei als Cap eine Restlaufzeit von fünf Jahren vorgegeben ist.<sup>323</sup> Bei Forderungen, die durch einen im Voraus festgelegten Zins- und Tilgungsplan charakterisiert sind, berechnet sich die effektive Restlaufzeit gemäß Gleichung (3-10).  $CF_t$  bezeichnet hierbei den Cash Flow, bestehend aus Nominalbetrag, Zinsen und Gebühren, den der Schuldner in der Periode  $t$  zu erbringen hat.

$$M = \frac{\sum_t t \cdot CF_t}{\sum_t CF_t} \quad (3-10)$$

Ist es einer Bank nicht möglich,  $M$  gemäß der obigen Gleichung zu bestimmen, so kann die effektive Restlaufzeit als maximaler Zeitraum angegeben werden, die dem Kreditnehmer zur vollständigen Rückzahlung der Forderung (inkl. Zinsen und Gebühren) eingeräumt wird. I. d. R. stellt die nominale Restlaufzeit hierfür einen geeigneten Wert dar.

#### 3.2.2.2.1.2 Risikogewichtungsfunktion

Das neue Regelwerk von Basel II beinhaltet verschiedene Funktionen zur Bestimmung der Risikogewichte, die explizit für die verschiedenen Forderungsklassen entwickelt wurden.<sup>324</sup> Die Betrachtungen in diesem Abschnitt beziehen sich ausschließlich auf die Risikogewichtungsfunktion zur Berechnung der Eigenkapitalanforderung für Unternehmenskredite,<sup>325</sup> wobei die Unterklassen der Spezialfinanzierungen<sup>326</sup> keine Berücksichtigung finden. Zur Berechnung der Risikogewichte für einzelne Forderungen werden die entsprechenden Schätzungen der im vorigen Abschnitt betrachteten Risikoparameter PD, EAD, LGD und  $M$  benötigt. PD und LGD werden dabei als Dezimalzahlen und EAD als Währungsbeitrag angegeben.

<sup>322</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 100 f.

<sup>323</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 319-321.

<sup>324</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 213.

<sup>325</sup> Diese Risikogewichtungsfunktion wird neben Krediten an Unternehmen auch für Kredite an Banken und Staaten verwendet.

<sup>326</sup> Die Forderungsklassen der Spezialfinanzierungen, zu denen z. B. die Projekt- und Objektfinanzierungen zählen, bekommen entsprechend ihrer Unterklassenzugehörigkeit von der Bankenaufsicht vorgegebene Risikogewichte bzw. Risikogewichtungsfunktionen zugeordnet. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 270 und Tz. 275-284.

Für **nicht ausgefallene** Forderungen von Unternehmen bestimmen sich die Risikogewichte (RW) gemäß Gleichung (3-11):<sup>327</sup>

$$RW(PD) = scf \cdot 12,5 \cdot LGD \cdot \left( \Phi \left( \frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho(PD)} \cdot \Phi^{-1}(0,999)}{\sqrt{1-\rho(PD)}} \right) - PD \right) \cdot \frac{1}{1-1,5 \cdot b(PD)} \cdot [1 + b(PD) \cdot (M - 2,5)] \quad (3-11)$$

mit

$$\rho(PD) = 0,12 \cdot \frac{1 - e^{-50PD}}{1 - e^{-50}} + 0,24 \cdot \left( 1 - \frac{1 - e^{-50PD}}{1 - e^{-50}} \right) - 0,04 \cdot \left( 1 - \frac{S-5}{45} \right) \quad (3-12)$$

und

$$b(PD) = (0,11852 - 0,05478 \cdot \ln(PD))^2 \quad (3-13)$$

$\rho(PD)$ : Assetkorrelation

$b(PD)$ : Restlaufzeitanpassung

scf: Skalierungsfaktor (zurzeit: scf = 1,06)

$\Phi(\cdot)$ : Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung

$\Phi^{-1}(\cdot)$ : inverse Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung

S: Sizefaktor zur Unternehmensgrößenanpassung bei kleinen und mittleren Unternehmen (Jahresumsatz)

ln: natürlicher Logarithmus

Die Höhe des jeweiligen (unterlegungspflichtigen) Risikoaktivums errechnet sich anschließend aus dem Produkt von RW und EAD:<sup>328</sup>

$$RWA = RW \cdot EAD \quad (3-14)$$

Die Bestimmung der Eigenkapitalunterlegung für das Kreditrisiko gemäß den obigen Gleichungen folgt grundlegend dem VaR-Gedanken. Der VaR zeigt bei dieser Betrachtung die Höhe des regulatorischen Eigenkapitals an, das benötigt wird, um einen mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1-\alpha$  auftretenden maximalen Verlust bei einem Betrachtungshorizont von einem Jahr auffangen zu können.<sup>329</sup> Die Wahrscheinlichkeit  $1-\alpha$  bezeichnet hierbei das gewählte Konfidenzniveau, so dass nur mit einer Wahrscheinlichkeit von  $\alpha$  größere Verluste auftreten bzw. solche extremen Verluste nur alle  $1/\alpha$  Jahre auftreten.

<sup>327</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 68, sowie Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 272.

<sup>328</sup> Vgl. Cech (2004), S. 62.

<sup>329</sup> Vgl. Brown (2003), S. 291.

Der Verlust bezieht sich dabei auf die Differenz aus heutigem und zukünftigem Portfoliowert und beinhaltet somit zunächst sowohl den unerwarteten als auch den erwarteten Verlust.<sup>330</sup>

Auf einen einzelnen Kredit bezogen kann das für diesen Kredit zu unterliegende Eigenkapital als Risikobeitrag des Kredites zum Gesamtrisiko des Portfolios interpretiert werden. Bei einer VaR-Betrachtung bedeutet dies, dass der Risikobeitrag eines Kredites am VaR des Gesamtportfolios dem marginalen VaR (MVaR) eines Kredites entspricht. Die Risikogewichtungsfunktion im IRB-Ansatz – und somit auch die Bestimmung des MVaR – basiert auf einem vereinfachten einfaktoriellen Unternehmenswertmodell.<sup>331</sup> Um einen für alle Banken grundlegend einheitlichen Ansatz zur Berechnung des MVaR zu erhalten, wird für das Unternehmenswertmodell von der Annahme eines perfekt diversifizierten Portfolios mit unendlich vielen gleichartigen Krediten ausgegangen. Alle Kredite haben eine identische Restlaufzeit von  $M = 1$ , eine LGD von 100% und willkürliche, aber homogene Ausfallwahrscheinlichkeiten.

In dem unterstellten Unternehmenswertmodell fällt ein Unternehmen bzw. eine Forderung aus, sobald die als normalverteilt angenommene Unternehmenswertrendite unter einen durch die PD determinierten Wert absinkt. Die Rendite hängt hierbei grundsätzlich von einem systematischen und einem unsystematischen, idiosynkratischen (kreditnehmerabhängigen) Faktor ab.<sup>332</sup> Durch die Grundannahme eines unendlich granularen Portfolios mit identischen Krediten wird jedoch davon ausgegangen, dass die unsystematischen Risiken durch Diversifikation vollständig beseitigt werden können und lediglich der Einfluss des systematischen Faktors bestehen bleibt.<sup>333</sup> Durch die gemeinsame Abhängigkeit der Unternehmenswertrenditen von dem systematischen Faktor kann die Korrelation zwischen unterschiedlichen Unternehmen Berücksichtigung finden,<sup>334</sup> so dass anhand des Modells für jede Korrelation der Unternehmenswertrenditen  $\rho$  und der vorgegebenen Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  (Konfidenzniveau) der MVaR für einen Kredit bezogen auf eine Exposureeinheit ( $EAD=1$ ) berechnet werden kann:<sup>335</sup>

$$MVaR_{\alpha} = \Phi \left( \frac{\Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\rho} \cdot \Phi^{-1}(1-\alpha)}{\sqrt{1-\rho}} \right) \quad (3-15)$$

Aus der Gleichung zur Berechnung des MVaR wird ersichtlich, dass der in Klammern dargestellte Term der Risikogewichtungsfunktion (Gleichung (3-11)) aus dem beschriebenen Modell abgeleitet wurde. Während bei Gleichung (3-15) – analog zu den vorhergehenden Konsultationspapieren<sup>336</sup> – allerdings

<sup>330</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilkens/Entrop/Scholz (2002), S. 142 f.; Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 71-73, sowie Rau-Bredow (2001).

<sup>331</sup> Für eine weitergehende Betrachtung des der Risikogewichtungsfunktion zugrunde liegenden Modells siehe Rau-Bredow (2001); Schönbucher (2000a) sowie Gordy (2003). Für eine grundsätzliche Darstellung unternehmenswert- bzw. firmenwertbasierter Modelle siehe Abschnitt 3.3.1.1.

<sup>332</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 72. Die unsystematischen Risikofaktoren verschiedener Kreditnehmer sind dabei paarweise sowie vom systematischen Faktor stochastisch unabhängig. Vgl. Rau-Bredow (2001), S. 1004.

<sup>333</sup> Vgl. Gordy (2003), S. 201 und 205, sowie Finger (2001), S. 13. Unter diesen Annahmen wird ein Portfolio auch als asymptotisches Portfolio bezeichnet. Vgl. Cech (2004), S. 61.

<sup>334</sup> Vgl. Hausen/Rachev/Trück (2004), S. 1253.

<sup>335</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 72.

<sup>336</sup> Siehe Basel Committee on Banking Supervision (1999); Basel Committee on Banking Supervision (2001) sowie Basel Committee on Banking Supervision (2003).

noch erwartete *und* unerwartete Verluste berücksichtigt werden,<sup>337</sup> wird die Risikogewichtungsfunktion durch die Subtraktion von  $PD^{338}$  um die erwarteten Verluste bereinigt und entspricht somit dem im vierten Konsultationspapier geforderten so genannten UL-Only-Ansatz, bei dem sich die Mindesteigenkapitalanforderung nur auf den unerwarteten Verlust bezieht. Der Term  $[LGD \cdot (\Phi(\dots) - PD)]$  in Gleichung (3-11) zeigt somit den mit LGD gewichteten unerwarteten Verlust pro Krediteinheit für einen Betrachtungszeitraum von einem Jahr an, wobei als Konfidenzniveau vom Baseler Ausschuss 99,9% vorgegeben wird.<sup>339</sup>

Die in die obige Funktion eingehenden Parameter werden zunächst auf Basis einer einjährigen Laufzeit geschätzt,<sup>340</sup> so dass sich der erste Term der Gleichung (3-11) zunächst auf eine Betrachtungsperiode von einem Jahr bezieht. Grundsätzlich kann jedoch auch eine Abhängigkeit des Verlustrisikos von der Laufzeit verzeichnet werden. Lange Laufzeiten implizieren zumindest bei Kreditnehmern schlechterer Bonität ein höheres Ausfallrisiko, was empirisch durch höhere Credit Spreads aufgezeigt werden kann. Die letzten beiden Terme der Risikogewichtungsfunktion dienen daher einer Laufzeitanpassung. Der erste der beiden Terme kann hierbei als Anpassung der einjährigen Laufzeit auf die für den Basisansatz geforderte Laufzeit von 2,5 Jahren interpretiert werden. Der letzte Term bewirkt die im fortgeschrittenen Ansatz vorgenommene Anpassung der Laufzeit von 2,5 Jahren auf die effektive Restlaufzeit  $M$ . Der Term für die Restlaufzeitanpassung  $b$  in Gleichung (3-13) ist vom Baseler Ausschuss allerdings vorgegeben worden, ohne dass eine Erläuterung über die Herleitung dieser Gleichung gegeben wurde.<sup>341</sup>

Der in das Modell eingehende systematische Faktor kann derart interpretiert werden, dass er den Status der globalen Wirtschaft widerspiegelt.<sup>342</sup> Das Ausmaß der Abhängigkeit eines Schuldners von dem systematischen Faktor wird dabei durch die Unternehmenswert- bzw. Assetkorrelation angezeigt. Anders ausgedrückt zeigt die verwendete Korrelation die Abhängigkeit des Unternehmenswertes jedes einzelnen Kreditnehmers von dem allgemeinen Status der globalen Wirtschaft an, wobei alle Schuldner über diesen systematischen Risikofaktor miteinander verbunden sind. Die Assetkorrelation zeigt somit den Grad der Abhängigkeit der Unternehmenswerte zweier Schuldner an.

In der Risikogewichtungsfunktion wird die Assetkorrelation in Abhängigkeit der Ausfallwahrscheinlichkeit modelliert (Gleichung (3-12)). Die ersten beiden Summanden stellen die grundlegende Bestimmungsgleichung der Korrelation für Forderungen an Staaten und Banken dar. In diesem allgemeinen Fall kann die Assetkorrelation Werte in einem Korridor von 0,12 bis 0,24 annehmen, wobei  $\rho$  mit steigender (sinkender) Ausfallwahrscheinlichkeit sinkt (steigt). Dies wird dadurch begründet, dass Unter-

<sup>337</sup> Hierbei handelt es sich aufgrund der Betrachtung von erwarteten und unerwarteten Verlusten um einen absoluten (marginalen) VaR. Siehe zur Erläuterung des VaR Abschnitt 2.3.4.

<sup>338</sup> Aufgrund des unterstellten EAD von Eins und der Modellannahme, dass  $LGD = 100\%$  ist, entspricht die  $PD$  dem erwarteten Verlust bei einer Exposureeinheit.

<sup>339</sup> Vgl. Hofmann/Pluto (2005), S. 250.

<sup>340</sup> Vgl. auch im Folgenden Hausen/Rachev/Trück (2004), S. 1254.

<sup>341</sup> Vgl. Schulte-Mattler/Tysiak (2002), S. 839 f.

<sup>342</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2005), S. 8.

nehmen mit einer besseren Bonität eine höhere Abhängigkeit vom systematischen Faktor aufweisen, welche mit ansteigender Ausfallwahrscheinlichkeit jedoch abnimmt.<sup>343</sup>

Für die Forderungsklasse der Unternehmenskredite wurde ergänzend der dritte Term eingeführt, wodurch eine Abhängigkeit der Korrelation von der Unternehmensgröße impliziert wird. Die Unternehmensgröße wird dabei durch den unternehmensindividuellen Jahresumsatz („Sizfaktor“ S) abgebildet und führt dazu, dass die Korrelation für Unternehmen mit einem Jahresumsatz unter 50 Mio. Euro gesenkt wird und damit auch vermindern auf die Mindesteigenkapitalanforderung wirkt.<sup>344</sup> Mit diesem Sizfaktor wird eine Größenanpassung für kleine und mittelgroße Unternehmen angestrebt,<sup>345</sup> wobei sich der Betrag des vorzuhaltenden Eigenkapitals ab einem Umsatz von 50 Mio. € bis zu einem Umsatz von 5 Mio. € verringert. Die sonstigen Bedingungen der Forderungen werden dabei als identisch angenommen. Jahresumsätze von unter 5 Mio. € werden einheitlich als Umsätze in der Höhe von genau 5 Mio. € angesehen. Bei Unternehmen mit einem Jahresumsatz von mehr als 50 Mio. € hat der individuelle Jahresumsatz dagegen keinerlei Einfluss auf die Höhe des zu unterlegenden Eigenkapitals.<sup>346</sup>

Eine Besonderheit der Risikogewichtungsfunktion stellt der Skalierungsfaktor (scf) dar. Trotz der risikosensitiveren Betrachtung des Kreditrisikos – und damit der Eigenkapitalunterlegung – verfolgt der Baseler Ausschuss das Ziel, die Höhe der gesamten Mindesteigenkapitalunterlegung für das Kreditrisiko auf dem zurzeit bestehenden Niveau zu erhalten und somit lediglich die Eigenkapitalallokation risikosensitiver zu gestalten.<sup>347</sup> Aus diesem Grund dient der Skalierungsfaktor, der Werte über oder unter eins annehmen kann, zur flexiblen Anpassung der Kapitalanforderung im IRB-Ansatz. Zurzeit gelangt die beste Schätzung des scf zu einem Wert von 1,06, der während der Übergangsphase bei der Implementierung von Basel II noch Änderungen unterworfen sein kann.<sup>348</sup> Der scf kann daher als Stellschraube für die Bankenaufsicht angesehen werden, um das zukünftige Niveau der Mindesteigenkapitalanforderung dem aktuellen Niveau anzupassen (Gewährleistung der so genannten Eigenkapitalneutralität).<sup>349</sup> Da der scf weder modelltheoretisch noch ökonomisch begründet wird, ist fraglich, ob dessen Einführung dem Gedanken der Verringerung der Divergenz zwischen regulatorischem und ökonomischem Eigenkapital förderlich ist.

<sup>343</sup> Vgl. Hofmann/Pluto (2005), S. 250.

<sup>344</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 73.

<sup>345</sup> Zu den kleinen und mittelgroßen Unternehmen zählen Unternehmen mit einem Umsatz von maximal 50 Mio. Euro. Überschreitet das Gesamtexposure einen Wert von 1 Mio. Euro nicht, so darf diese Forderung an ein kleines oder mittelgroßes Unternehmen dem Retailbereich zugeordnet werden. Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 67 f.

<sup>346</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005a), S. 9, sowie Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 273. Die Nicht-Berücksichtigung wird dadurch erreicht, dass S auch bei Unternehmen mit mehr als 50 Mio. Euro Umsatz ebenfalls auf 50 festgesetzt wird, so dass der letzte Term Null ergibt. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2005), S. 13.

<sup>347</sup> Vgl. Hofmann/Pluto (2005), S. 254.

<sup>348</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 14, Tz. 44 und Tz. 350, sowie Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 67.

<sup>349</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 75.

Die aufgezeigte Risikogewichtungsfunktion findet jedoch keine Anwendung bei bereits **ausgefallenen Forderungen** an Unternehmen. Für ausgefallene Kredite ist es nicht möglich, eine entsprechend der Vorgaben von Basel II konforme Verlustverteilung zu bestimmen, die für die Berechnung eines VaR benötigt wird, da der Ausfall in diesen Fällen kein stochastisches Ereignis darstellt.<sup>350</sup> In diesen Fällen bestimmt sich die Höhe des jeweiligen gewichteten Risikoaktivums aus dem Produkt von EAD, 12,5 sowie dem Maximum aus Null sowie der Differenz zwischen der geschätzten (Stress-)LGD<sup>351</sup> und der besten Schätzung des erwarteten Verlustes.<sup>352</sup>

$$RWA_{\text{ausgefallen}} = 12,5 \cdot EAD \cdot [\max(0; LGD_{\text{Stress}} - EL)] \quad (3-16)$$

Das letztendlich für ein gesamtes Kreditportfolio zu unterlegende Eigenkapital ergibt sich aus der Summe der Eigenkapitalanforderungen der jeweiligen Einzelkredite. Diversifikations- bzw. Portfolioeffekte finden hierbei allerdings explizit keine Berücksichtigung.<sup>353</sup> Bei den beschriebenen Modellannahmen kann auch von einer so genannten Portfolioinvarianz der Eigenkapitalanforderung gesprochen werden, da die Kapitalanforderung nur von den Eigenschaften der einzelnen Forderung sowie von der angenommenen Verteilung des systematischen Faktors abhängt, während die Eigenschaft bzw. Struktur des entsprechenden Portfolios explizit keine Berücksichtigung findet.<sup>354</sup> Allerdings kann die durch den Sizefaktor integrierte Abhängigkeit der Risikogewichtungsfunktion von der Unternehmensgröße als eine vereinfachte Form eines „Granularity Adjustments“ interpretiert werden, da die Annahme getroffen werden kann, dass die Forderungshöhe stark mit der Unternehmensgröße verbunden ist. Ein Kredit in Höhe von 30 Mio. Euro an ein Unternehmen mit 50 Mio. Euro Jahresumsatz muss demnach mit mehr Eigenkapital unterlegt werden als 10 Kredite über 3 Mio. Euro an Unternehmen mit einem jeweiligen Jahresumsatz von 5 Mio. Euro. Neben dieser impliziten und sehr vereinfachten Berücksichtigung von Portfolioeffekten hat der Baseler Ausschuss zusätzlich zur Abschwächung dieser Problematik, losgelöst von der ersten Säule, in der zweiten Säule Portfolioeffekte explizit im Rahmen der qualitativen Beurteilung von Klumpenrisiken mit berücksichtigt.

Ein weiterer Nachteil der Mindesteigenkapitalbestimmung gemäß der Risikogewichtungsfunktion liegt in der Verwendung der LGD als konstante bzw. erwartete Größe. „Realisierte LGD können jedoch zufällig oder aufgrund des Standes des Konjunkturzyklus auch systematisch – genauer, abhängig von den realisierten Ausfallraten – von durchschnittlichen (erwarteten) LGD abweichen und damit den unerwarteten Verlust signifikant beeinflussen“.<sup>355</sup> Aus ökonomischer Betrachtungsweise wäre es daher sinnvoll, die LGD als stochastische Größe in dem Modell zu integrieren. Auf diese Weise wäre es auch möglich, für ausgefallene Kredite eine Verlustverteilung anhand der stochastischen LGD zu ermitteln, die anschließend den Ausgangspunkt für die Berechnung der Mindesteigenkapitalanforderung darstellen könnte.<sup>356</sup>

<sup>350</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 76.

<sup>351</sup> Siehe hierzu Abschnitt 3.2.2.2.2.

<sup>352</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 471, sowie Basel Committee on Banking Supervision (2005), S. 8.

<sup>353</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 74.

<sup>354</sup> Vgl. Gordy (2000a), S. 406 und S. 411.

<sup>355</sup> Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 76.

<sup>356</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 76.



### 3.2.2.2.1.3 Mindestanforderungen

Während die Anwendung des Standardansatzes für alle Banken möglich ist,<sup>357</sup> müssen Institute, die einen der beiden IRB-Ansätze verwenden möchten, bestimmte Mindestanforderungen erfüllen. Die Mindestanforderungen beziehen sich hierbei sowohl auf die Zulassung zum IRB-Verfahren als auch auf dessen laufende Verwendung. Mit wenigen aufzuzeigenden Ausnahmen gelten die Mindestanforderungen sowohl für den Basis- als auch für den fortgeschrittenen Ansatz.<sup>358</sup> Ein Großteil dieser Anforderungen entspricht den Zielen, die ein für den IRB-Ansatz qualifiziertes Ratingsystem erfüllen muss, wobei die Definition des „Ratingsystems“ gemäß des Baseler Ausschusses „alle Methoden, Prozesse, Kontrollen, Datenerhebungen und DV-Systeme, die zur Bestimmung von Kreditrisiken, zur Zuweisung interner Ratings und zur Quantifizierung von Ausfall- und Verlustschätzungen dienen“,<sup>359</sup> umfasst. Die Anforderungen lassen sich in die folgenden inhaltlich abgrenzbaren Bereiche untergliedern:<sup>360</sup>

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ausgestaltung des Ratingsystems</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aufsichtliche Schätzwerte für die LGD und den EAD → siehe Abschnitt 3.2.2.2.1.1</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Anwendung des Ratingsystems</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verantwortung der Geschäftsleitung und Überwachung</li> </ul>                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verwendung der internen Ratings</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen für die Anerkennung von Leasing</li> </ul>                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Validierung der internen Schätzungen</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung der Eigenkapitalanforderungen für Beteiligungspositionen</li> </ul>             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantifizierung der Risiken (Anforderung an die Schätzverfahren) → siehe Abschnitt 3.2.2.2.1.1</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Offenlegungsanforderungen</li> </ul>   |

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden nur die für den Themenfokus relevanten Bereiche betrachtet. Auf die grau unterlegten Bereiche wird im Folgenden daher nicht weiter eingegangen. Hier sei auf das vierte Baseler Konsultationspapier bzw. auf die bereits behandelten Abschnitte in dieser Arbeit hingewiesen.

<sup>357</sup> Die einzige Anforderung an die Banken besteht darin, dass nur Ratings von durch die Bankenaufsicht zugelassenen externen Ratingagenturen verwendet werden dürfen. Für eine Zulassung sollten die Ratingagenturen dabei die Kriterien Objektivität, Unabhängigkeit, internationaler Zugang/Transparenz, Ressourcen und Glaubwürdigkeit erfüllen. Siehe hierzu Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 91.

<sup>358</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 391.

<sup>359</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 394.

<sup>360</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 387.

### Ausgestaltung des Ratingsystems

Das grundlegende Ziel eines internen Ratingsystems besteht darin, eine aussagekräftige Risikodifferenzierung der Kreditnehmer eines Institutes vorzunehmen. Für diesen Zweck muss das Ratingsystem über die zwei Dimensionen bzw. Komponenten „Kreditnehmerbonität“ und „transaktionsspezifische Faktoren“ verfügen. Die erste Komponente befasst sich mit dem Ausfallrisiko des Schuldners, wohingegen die zweite Komponente transaktionsspezifische Merkmale wie Sicherheiten, Nachrangigkeit, Produktart etc. berücksichtigt.<sup>361</sup> Im Basisansatz kann die Anforderung der zweiten Dimension durch eine fazilitätsspezifische Komponente Berücksichtigung finden, indem eine den erwarteten Verlust aufzeigende Ratingkomponente sowohl PD als auch LGD separat ausweist. Bei alleinigem Ausweis des erwarteten Verlusts müssen die von der Bankenaufsicht festgelegten LGD-Werte verwendet werden. Im fortgeschrittenen Ansatz müssen innerhalb der Ratingkomponenten die LGD gesondert ausgewiesen werden.

Die Kredite einer Bank sollten über die Ratingklassen sinnvoll verteilt werden, so dass keine unverhältnismäßigen Konzentrationen in einzelnen Klassen auftreten. Aus diesem Grund muss das Ratingssystem mindestens über sieben Risikoklassen für nicht ausgefallene und über eine Klasse für ausgefallene Kreditnehmer verfügen.<sup>362</sup> Der Baseler Ausschuss definiert eine Ratingklasse dabei als „eine Einstufung des Schuldnerrisikos auf der Grundlage mehrerer unterschiedlicher Ratingkriterien, aus denen die Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit (PD) abgeleitet werden kann“.<sup>363</sup> Für die Ermittlung der LGD im fortgeschrittenen Ansatz wird keine Mindestanzahl für geschäftsspezifische Klassen festgelegt. Die Banken müssen jedoch über eine ausreichende Anzahl an Klassen sicherstellen, dass stark volatile LGD nicht ein und derselben Klasse zugeordnet werden.<sup>364</sup>

Neben diesen Anforderungen müssen die Ausgestaltung des Ratingsystems sowie Angaben über dessen Verwendung schriftlich von den Banken dokumentiert werden. Diese Dokumentationspflicht gilt auch für die angewandten Methoden für den Fall, dass der Ratingprozess auf statistischen Modellen basiert.<sup>365</sup>

### Anwendung des Ratingsystems

Bei der Anwendung des Ratingsystems muss sichergestellt werden, dass jedem Kreditnehmer ein Rating zugeordnet wird. Ergänzend muss im Rahmen des Kreditvergabeprozesses jedem Kredit ein geschäftsspezifisches Rating zugewiesen werden.<sup>366</sup> Diese zugewiesenen Ratings unterliegen einer min-

<sup>361</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 396-399, sowie Deutsche Bundesbank (2003a), S. 50 f.

<sup>362</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 403 f.

<sup>363</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 405.

<sup>364</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 407.

<sup>365</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 418 und Tz. 420.

<sup>366</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 422.

destens jährlichen Aktualisierungspflicht, wobei die Ratingzuordnung sowie deren regelmäßige Überprüfung von einer unabhängigen Stelle vorzunehmen bzw. zu kontrollieren ist.<sup>367</sup>

Im Rahmen des Einsatzes des Ratingsystems müssen die Banken eine Ratinghistorie für jeden Kreditnehmer sowie bei Kreditausfällen den jeweiligen Zeitpunkt und die Umstände des Ausfalls aufzeichnen. Zusätzlich ist es ihre Pflicht, Daten über die Ausfallwahrscheinlichkeiten und die tatsächlich realisierten Verlustquoten für jede Ratingklasse sowie über die Migrationen zwischen den Risikoklassen festzuhalten. Diese Dokumentationsanforderung gilt auch in Bezug auf eine Historienbildung für die geschätzten (nur fortgeschrittener Ansatz) und tatsächlich realisierten LGD und EAD (Basis- und fortgeschrittener Ansatz). Diese Daten werden benötigt, um regelmäßig die Prognosequalität des Ratingsystems zu überprüfen und zu verbessern. Des Weiteren sind die Banken angehalten, in regelmäßigen Abständen Stresstests durchzuführen, um die Angemessenheit ihrer Eigenkapitalausstattung beispielsweise auch in Bezug auf sich negativ verändernde gesamtwirtschaftliche oder branchenbezogene Entwicklungen einschätzen zu können.<sup>368</sup>

### **Verwendung der internen Ratings**

Um für den IRB-Ansatz zugelassen zu werden, müssen die Banken über ausreichende Erfahrung bei der Verwendung von internen Ratings verfügen. Um diese Anforderung zu erfüllen, müssen die Banken aufzeigen, dass sie mindestens in den letzten drei Jahren vor der Zulassung zum IRB-Ansatz bereits ein internes Ratingsystem verwendet haben.<sup>369</sup> Der Baseler Ausschuss erkennt zudem keine internen Ratingsysteme an, die ausschließlich zu dem Ziel entwickelt werden, die regulatorische Eigenkapitalanforderung zu berechnen. Eine Zulassung zum IRB-Ansatz wird nur dann erteilt, wenn die internen Ratings sowie die Ausfall- und Verlustschätzungen zusätzlich im Kreditgenehmigungsprozess, beim Risikomanagement, bei der internen Eigenkapitalallokation und bei der Unternehmenssteuerung Verwendung finden.<sup>370</sup>

### **Validierung der internen Schätzungen:**

Jede Bank muss der Bankenaufsicht nachweisen, dass sie „über ein stabiles Verfahren zur Validierung der Genauigkeit und Konsistenz des Ratingverfahrens und der -durchführung sowie der Schätzung aller relevanten Risikokomponenten verfügt“.<sup>371</sup> Anhand dieser internen Validierung sollte eine sinnvolle Beurteilung des internen Ratingsystems und der Systeme zur Risikoschätzung möglich sein.

---

<sup>367</sup> Vgl. Rowe/Jovic/Beutler (2003), S. 320, sowie Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 425.

<sup>368</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 430-432 und Tz. 434.

<sup>369</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 445.

<sup>370</sup> Vgl. Rowe/Jovic/Beutler (2003), S. 321, sowie Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 444.

<sup>371</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 500.

Im Rahmen der Validierung müssen die Kreditinstitute ihre intern geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten mit den tatsächlich eingetretenen Ausfallraten für jede Ratingklasse vergleichen.<sup>372</sup> Grundsätzlich sollten die realisierten Ausfallraten dabei innerhalb der für die jeweilige Risikoklasse vorgegebenen Bandbreite liegen. Bei der Anwendung des fortgeschrittenen Ansatzes müssen zusätzlich die Schätzungen von LGD und EAD den jeweils realisierten Werten gegenübergestellt werden. Banken, die den Basisansatz verwenden, müssen dagegen die tatsächlich realisierten EAD und LGD mit den aufsichtlich vorgegebenen Werten vergleichen und dokumentieren. Bei signifikant hohen Abweichungen der tatsächlich eingetretenen PD, EAD und LGD von den erwarteten Werten sind die Banken angehalten, ihre Schätzungen bzw. Schätzverfahren entsprechend zu modifizieren.

#### 3.2.2.2 Kreditrisikominderungstechniken

Im IRB-Basisansatz und im fortgeschrittenen Ansatz ist es wie im Standardansatz möglich, die Eigenkapitalanforderung durch den Einsatz von Techniken zur Kreditrisikominderung zu verringern. Die risikomindernden Effekte werden dabei durch die Anpassung eines oder mehrerer der in die Risikogewichtungsfunktion eingehenden Risikoparameter PD, EAD und LGD berücksichtigt. Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen bei der Bestimmung der jeweils angepassten Parameter resultieren daraus, dass im Basisansatz die Werte der Parameter (mit Ausnahme der PD) von der Bankenaufsicht vorgegeben werden, wohingegen im fortgeschrittenen Ansatz bankinterne Schätzungen unter Berücksichtigung der Kreditrisikominderungstechniken vorgenommen werden.

Im **IRB-Basisansatz** können analog zum Standardansatz finanzielle Sicherheiten, Nettingvereinbarungen sowie Garantien und Kreditderivate für die Risikominderung anerkannt werden. Zusätzlich werden Forderungsabtretungen, gewerbliche (CRE) und wohnwirtschaftliche Immobilien (RRE) sowie sonstige physische Sicherheiten als Besicherungsinstrumente zugelassen.<sup>373</sup> Im Gegensatz zum Standardansatz werden die kreditrisikomindernden Effekte jedoch nicht standardmäßig über die Anpassung des Forderungsbetrages berücksichtigt. In den meisten Fällen erfolgt die Abbildung der risikomindernden Effekte über die Anpassung der LGD. Eine Anpassung der EAD bzw. PD erfolgt nur bei bestimmten Sicherungsinstrumenten. Aufgrund der in Abhängigkeit der jeweiligen Sicherheitenart differenzierten Berücksichtigung der Risikominderung wird auf finanzielle und sonstige Sicherheiten, Nettingvereinbarungen sowie Garantien und Kreditderivate separat eingegangen.

#### Finanzielle und sonstige Sicherheiten

Die Methodik zur Behandlung von **finanziellen Sicherheiten** im IRB-Basisansatz basiert im Wesentlichen auf dem im Rahmen des Standardansatzes erläuterten umfassenden Ansatz.<sup>374</sup> Dementsprechend werden Kurs- und Währungsrisiken über die jeweiligen Haircuts berücksichtigt, so dass gemäß

<sup>372</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 501 und Tz. 504 f.

<sup>373</sup> Vgl. Reichardt-Petry (2005), S. 368.

<sup>374</sup> Siehe Abschnitt 3.2.2.1.2. Der einfache Ansatz zur Berücksichtigung von finanziellen Sicherheiten steht Banken, die den IRB-Ansatz anwenden, nicht zur Verfügung.

Gleichung (3-3) der Forderungsbetrag nach Kreditrisikominderung ( $E^*$ ) berechnet wird. Im Gegensatz zum Standardansatz wird dieser Betrag jedoch nicht direkt in Form eines angepassten EAD ( $E^* = EAD^*$ ) zur Bestimmung der Kapitalanforderung herangezogen, sondern der risikomindernde Effekt wird durch eine weitergehende Anpassung der LGD berücksichtigt.<sup>375</sup> Die angepasste LGD wird als *effektive LGD* ( $LGD_{eff}$ ) bezeichnet und berechnet sich gemäß der folgenden Gleichung, wobei die Verlustquote (LGD) an dieser Stelle analog zu den vorrangigen, unbesicherten Forderungen mit 45% von der Bankenaufsicht vorgegeben wird.<sup>376</sup>

$$LGD_{eff} = \max \left[ 0; LGD \cdot \left( \frac{E^*}{E} \right) \right] \quad (3-17)$$

Bei der Methodik zur Ermittlung der effektiven LGD für den Fall der Hereinnahme **sonstiger Sicherheiten** sind bestimmte Vorgaben in Bezug auf den Umfang bzw. Grad der Besicherung zu beachten.<sup>377</sup> Besicherte Kredite, bei denen das Verhältnis des aktuellen Wertes einer Sicherheit (C) zum aktuellen Wert der Forderung (E) einen für die jeweilige Sicherheitenart vorgegebenen Mindestbesicherungsgrad ( $C^*$ ) unterschreitet, erhalten die LGD für unbesicherte Forderungen. Übersteigt das Verhältnis von C und E eine pro Sicherheitenart zugewiesene Höhe der Übersicherung für die vollumfängliche Reduzierung der LGD ( $C^{**}$ ), so wird der entsprechenden Forderung eine Mindest-LGD gemäß Tabelle 3.2-3 zugeordnet.

	Mindest-LGD	Erforderlicher Mindestbesicherungsgrad der Forderung ( $C^*$ )	Erforderlicher Übersicherungsgrad zur Anerkennung der LGD in voller Höhe ( $C^{**}$ )
<b>Anerkannte finanzielle Sicherheiten</b>	0%	0%	n. a.
<b>Forderungsabtretungen</b>	35%	0%	125%
<b>CRE / RRE</b>	35%	30%	140%
<b>Sonstige Sicherheiten</b>	40%	30%	140%

Tabelle 3.2-3: Mindest-LGD für den besicherten Teil von vorrangigen Forderungen<sup>378</sup>

Vollständig besicherte Forderungen erhalten die LGD der entsprechenden Sicherheit. Anteilig besicherte, vorrangige Forderungen werden in einen voll besicherten und einen unbesicherten Anteil aufgespalten. Der vollständig besicherte Anteil der Forderung ( $C/C^*$ ) bekommt die für die jeweilige Sicherheit vorgesehene LGD und der verbleibende Anteil der Forderung erhält die für unbesicherte Forderungen festgesetzte LGD in Höhe von 45 %.

<sup>375</sup> Vgl. Allgäuer (2003), S. 245.

<sup>376</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 291.

<sup>377</sup> Vgl. auch im Folgenden Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 295.

<sup>378</sup> Quelle: Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 295.

### Nettingvereinbarungen

Nettingvereinbarungen stellen eine Ausnahme dar, bei denen im Rahmen der Kreditrisikominderung nicht die LGD, sondern die EAD angepasst wird, um den risikomindernden Effekt zu berücksichtigen. Die Bank muss hierzu den Forderungsbetrag nach Risikominderung anhand Gleichung (3-3) ermitteln und diesen mit der EAD gleichsetzen. Eine Anpassung der LGD zur Abbildung der Kreditrisikominderung ist im Basisansatz bei Geschäften, die einer Netting-Rahmenvereinbarung unterliegen, ausdrücklich untersagt.<sup>379</sup>

### Garantien und Kreditderivate

Im Basisansatz sind die gleichen Garanten anererkennungsfähig wie im Standardansatz. Des Weiteren können intern geratete Unternehmen als Garanten zugelassen werden, insofern sie eine PD zugeordnet bekommen, die einem externen Rating von mindestens A- entspricht.<sup>380</sup> Ähnlich wie im Standardansatz wird der risikomindernde Effekt über einen Substitutionsansatz abgebildet. Allerdings wird hier nicht das Risikogewicht des Kreditnehmers gegen das des Garanten bzw. Sicherungsgebers getauscht, sondern es kommt zu einem Austausch der PD für den abgesicherten Forderungsbetrag. Zudem ist es den Banken erlaubt, die LGD der Forderung gegen die LGD der Garantie bzw. Sicherheit zu ersetzen.<sup>381</sup>

Bei vollbesicherten Forderungen berechnet sich dementsprechend die Kapitalanforderung über die Risikogewichtungsfunktion des Sicherungsgebers, wobei auch dessen PD sowie ggf. LGD als Inputparameter Verwendung finden. Teilbesicherte Forderungen werden analog zu den bisherigen Ausführungen in einen besicherten und einen unbesicherten Teil aufgeteilt. Zur Berechnung der Kapitalanforderung für teilbesicherte Forderungen wird auf den besicherten Anteil das Risikogewicht des Garanten bzw. Sicherungsgebers angewendet, welches sich über die entsprechende Risikogewichtungsfunktion mit der PD und ggf. LGD des Sicherungsgebers bestimmt. Für den unbesicherten Teil der Forderung wird das Risikogewicht über die entsprechende Risikogewichtungsfunktion des Kreditnehmers ermittelt.<sup>382</sup>

Im **fortgeschrittenen IRB-Ansatz** unterliegt der Kreis der anererkennungsfähigen Besicherungsinstrumente sowie die Form der Berücksichtigung der kreditrisikomindernden Effekte keinen großen Beschränkungen, insofern die Banken die grundlegenden Anforderungen des IRB-Ansatzes für die Eigenkapitalunterlegung von Kreditrisiken beachten.<sup>383</sup> Den Banken werden somit keine generellen Vorgaben auferlegt, wie sie die Risikominderung zu berücksichtigen haben.

<sup>379</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 293.

<sup>380</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 302.

<sup>381</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 303, sowie Reichardt-Petry (2005), S. 370.

<sup>382</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 303 f.

<sup>383</sup> Vgl. auch im Folgenden Reichardt-Petry (2005), S. 370.

Die Risikominderung über **finanzielle und sonstige Sicherheiten** erfolgt i. d. R. analog zum Basisansatz über die Anpassung der LGD, wobei der Anerkennung der Sicherheiten grundsätzlich keine Grenzen gesetzt sind. Aufgrund der großen Freiheitsgrade bei der Schätzung der LGD erwartet die Bankenaufsicht jedoch von den Kreditinstituten, dass sie die LGD entsprechend der Qualität der hereingenommenen Sicherheit adäquat anpassen und die Sicherheiten somit innerhalb der verwendeten Schätzverfahren der LGD integriert sind.

Für die Berücksichtigung von **Netting-Rahmenvereinbarungen** bei der Bestimmung der Eigenkapitalanforderung wird analog zum Basisansatz der Forderungsbetrag nach Risikominderung gemäß Gleichung (3-3) ermittelt und mit der EAD gleichgesetzt. Entgegen den Ausführungen beim Basisansatz ist es im fortgeschrittenen IRB-Ansatz jedoch zulässig, für den als unbesichert geltenden Forderungsanteil ( $E^*$ ) eine bankinterne LGD zu schätzen.<sup>384</sup>

Bei der Risikominderung durch **Garantien oder Kreditderivate** haben die Banken grundsätzlich das Wahlrecht, die risikomindernde Wirkung entweder durch die Anpassung der PD oder durch die Anpassung der LGD zu berücksichtigen,<sup>385</sup> wobei die Anpassung für jede Art von Garantien und Kreditderivaten einheitlich vorgenommen werden muss. Bei der Verwendung von Garantien und Kreditderivaten müssen Banken beachten, dass der Effekt eines gleichzeitigen Ausfalls nicht berücksichtigt werden darf. Aus diesem Grund kann das (über PD oder LGD) angepasste Risikogewicht nicht niedriger sein, als bei einer vergleichbaren direkten Forderung gegenüber dem Sicherungsgeber. Neben der eigenen Schätzung der LGD unter Berücksichtigung von Garantien und Kreditderivaten ist es den Banken im fortgeschrittenen Ansatz wahlweise auch erlaubt, auf das entsprechende Verfahren des Basisansatzes zurückzugreifen.<sup>386</sup>

### 3.2.2.2.3 Behandlung erwarteter Verluste

Im dritten Konsultationspapier bezog sich das zu unterlegende Eigenkapital sowohl auf den erwarteten als auch auf den unerwarteten Verlust. Aus diesem Vorgehen resultierte jedoch eine starke Kritik seitens der Kreditwirtschaft, da die erwarteten Verluste i. d. R. bereits durch gebildete Wertberichtigungen abgesichert sind und sie somit „doppelt“ durch Eigenkapital abgesichert werden.<sup>387</sup> Ein weiterer Punkt seitens der Institute bestand darin, dass die erwarteten Verluste bereits durch deren Berücksichtigung in den Kreditkonditionen in Form von Ausfallprämien ausgeglichen werden.<sup>388</sup> Der Baseler Ausschuss reagierte auf diese Kritik im vierten Konsultationspapier und berücksichtigte die erwarteten Verluste nicht mehr bei der Bestimmung der Risikogewichte. Als Folge dieser Nicht-Berücksichtigung der erwarteten Verluste bei der Bestimmung der Eigenkapitalunterlegung änderte der Baseler Ausschuss die Definition der Eigenmittel im IRB-Ansatz, so dass (Pauschal-)Wertberichtigungen nun nicht mehr den Eigenmitteln zugerechnet werden, was in den vorherigen Konsultationspapieren in einem begrenzten

<sup>384</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 299.

<sup>385</sup> Vgl. Reichardt-Petry (2005), S. 371.

<sup>386</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 306 f.

<sup>387</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004b), S. 734.

<sup>388</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 80.

Umfang noch möglich war.<sup>389</sup> Anhand der umgestalteten Risikogewichtungsfunktionen wird daher, dem UL-Only-Ansatz folgend, die Eigenkapitalanforderung lediglich für den unerwarteten Verlust bestimmt.<sup>390</sup>

Die Summe der erwarteten Verluste wird nunmehr explizit betrachtet und der Risikovorsorge der Bank gegenübergestellt. Die Risikovorsorge bestimmt sich hierbei aus den anrechenbaren Wertberichtigungen, zu denen Einzel- und Pauschalwertberichtigungen, Teilabschreibungen sowie Abschreibungen auf bereits ausgefallene Aktiva zählen. Hat die Bank eine Risikovorsorge getroffen, die über den erwarteten Verlust hinausgeht, so darf der Überschuss mit bis zu 0,6% der risikogewichteten Aktiva dem Ergänzungskapital (Tier 2) zugerechnet werden. Bei zu geringer Risikovorsorge wird der fehlende Betrag zu gleichen Teilen vom Kern- (Tier 1) sowie Ergänzungskapital abgezogen.<sup>391</sup> Der erste Fall entspricht einem Provisioning Excess und der zweite einem Provisioning Shortfall. Abbildung 3.2-4 verdeutlicht das entsprechende Vorgehen bei einem Excess bzw. Shortfall.

Die im vierten Konsultationspapier gewählte Form der Behandlung der erwarteten Verluste kann als positiv erachtet werden, da sie vom Grundsatz der Methodik der bankinternen Bestimmung des ökonomischen Kapitals folgt und somit zu einer weitergehenden Konvergenz der ökonomischen und regulatorischen Kreditrisikoquantifizierung führt.<sup>392</sup>

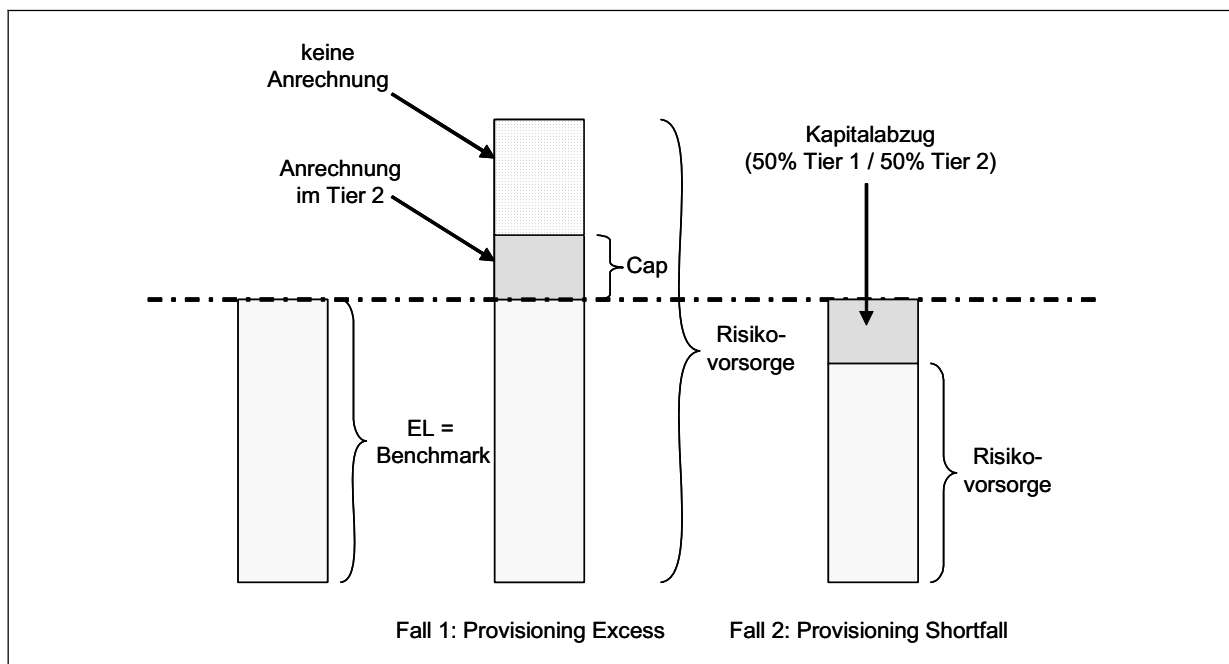


Abbildung 3.2-4: Erwartete Verluste und Wertberichtigungen<sup>393</sup>

<sup>389</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 70.

<sup>390</sup> Vgl. Paul/Stein/Kaltfofen (2004), S. 345.

<sup>391</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 43.

<sup>392</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 81.

<sup>393</sup> In Anlehnung an Hofmann/Pluto (2005), S. 257.



### 3.2.3 Diskussion der neuen Eigenkapitalvereinbarung

Ein grundlegendes Ziel bei der Entwicklung der neuen Eigenkapitalvereinbarung ist die Entwicklung risikogerechterer Standards zur Ermittlung der Eigenkapitalunterlegung und somit implizit die Verringerung der Divergenz zwischen ökonomischer und regulatorischer Eigenkapitalbestimmung. Dieses Ziel ist durch die Berücksichtigung des kreditnehmerindividuellen Risikos durch externe bzw. interne Ratings und durch eine weitergehende Anerkennung von Sicherheiten sowohl im Standard- als auch im IRB-Ansatz grundlegend erreicht worden. Hierin ist eine eindeutige Verbesserung gegenüber dem Baseler Akkord von 1988 zu erkennen, bei dem die Bestimmung der Eigenkapitalanforderung innerhalb einer Schuldnergruppe undifferenziert von dem individuellen Kreditrisiko vorgenommen wird und der Kreis der anerkennungsfähigen Sicherheiten sehr gering ist. Durch die risikosensitivere Betrachtungsweise bei Basel II führt somit ein Ansteigen der Ausfallwahrscheinlichkeit eines Kreditnehmers auch zu einer ökonomisch sinnvollen Erhöhung der Eigenkapitalunterlegung.<sup>394</sup>

Bei separater Betrachtung der beiden Ansätze kann für den **Standardansatz** konstatiert werden, dass er vor allem durch eine geringe Komplexität gekennzeichnet ist und damit grundsätzlich ein praktikables Verfahren zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals auch für kleinere Banken darstellt.<sup>395</sup> Die Anwendung dieses Ansatzes stellt sich jedoch für europäische Banken als eher schwierig dar, da größere europäische Unternehmen im Gegensatz zu Unternehmen des US-amerikanischen Raumes nicht durchgehend über externe Ratings verfügen. Zudem werden viele Kredite an kleine und mittelständische Unternehmen vergeben, die i. d. R. keine externen Ratings aufweisen. Die Anwendung des Standardansatzes hätte in solchen Fällen die Auswirkung, dass Kredite an ungeratete Unternehmen, die nicht dem Retailportfolio zugeordnet werden können, ein Risikogewicht von 100% erhielten und somit weiterhin pauschal mit 8% Eigenkapital unterlegt werden müssten. Mit Ausnahme der erweiterten Anerkennung von Sicherheiten würde die Eigenkapitalanforderung für Unternehmenskredite nach den bestehenden Regelungen von Basel I und somit ohne Berücksichtigung des kreditnehmerindividuellen Risikos ermittelt, so dass kaum Verbesserungen zum bestehenden Ansatz entstehen würden.

Die pauschale Vergabe eines Risikogewichtes von 100% an ungeratete Unternehmen kann zudem kritisch betrachtet werden, da auf diese Weise Unternehmen ohne Rating besser gestellt werden als Unternehmen, die der schlechtesten Risikoklasse zugeordnet werden und somit ein Risikogewicht von 150% erhalten. Bei dieser Vorgehensweise kann davon ausgegangen werden, dass der Anreiz für Unternehmen, sich ein Rating zu verschaffen eher gering sein dürfte, weil sie durch die Ratingvergabe Gefahr laufen, ein schlechteres Bonitätsgewicht zu bekommen als es ohne Rating der Fall wäre. Die Konsequenz eines höheren Bonitätsgewichts wären höhere Kreditkonditionen, da die Bank für den vergebenen Kredit mehr Eigenkapital unterlegen muss, als bei einem gänzlich fehlenden Rating.<sup>396</sup>

Obwohl gegenüber dem Akkord von 1988 durch die Einführung von externen Ratings eine Verbesserung in Bezug auf die Berücksichtigung des kreditnehmerindividuellen Risikos vorgenommen wurde, bleibt zu diskutieren, ob die Einteilung bei den Unternehmen in nur fünf Risikoklassen (siehe Tabelle

<sup>394</sup> Vgl. Hofmann/Pluto (2005), S. 254.

<sup>395</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 65.

<sup>396</sup> Vgl. Danielsson et al. (2001), S. 12.

3.2-1) sinnvoll und fein genug ist. Kritisierbar ist beispielsweise die Einordnung von Unternehmen mit Ratings im Bereich von BBB+ bis BB- in dieselbe Ratingklasse. In diesem Bereich variieren im US-amerikanischen Raum die langjährigen mittleren Ausfallwahrscheinlichkeiten im Bereich von unter 0,2% (BBB+) bis 2,2% (BB-)<sup>397</sup>, so dass bei dieser Differenz eine Gleichbehandlung der Unternehmen im Rahmen nur einer Risikoklasse beim Standardansatz fragwürdig erscheint.<sup>398</sup>

Ein weiterer Schwachpunkt des Standardansatzes liegt in der – mit Ausnahme beim Retailportfolio – gänzlich fehlenden Berücksichtigung von Diversifikationseffekten, was dazu führt, dass ein großer Kredit genauso behandelt wird, wie viele kleine Kredite. Eine Anpassung der Risikogewichte in Abhängigkeit des jeweiligen Kreditvolumens würde an dieser Stelle zumindest eine rudimentäre Form der Berücksichtigung von Diversifikationseffekten darstellen.<sup>399</sup>

Der **IRB-Ansatz** stellt im Verhältnis zum Standardansatz ein wesentlich komplexeres Verfahren zur Bestimmung der Eigenkapitalanforderung dar und erlaubt durch die größere Mindestanzahl an zu verwendenden Risikoklassen zudem eine risikodifferenziertere Behandlung der Kreditnehmer. Grundsätzlich positiv zu beurteilen ist, dass die Methode zur Berechnung der Risikogewichte im IRB-Ansatz auf einem vereinfachten, standardisierten Kreditrisikomodell basiert. Allerdings führt die im zugrunde liegenden Modell verankerte Annahme eines einfaktoriellen Modells bei asymptotischem Portfolio zu einer Nicht-Berücksichtigung des kreditnehmerspezifischen Risikos, da die Annahme eines unendlich granularen Portfolios impliziert, dass das idiosynkratische Risiko vollständig „wegdiversifiziert“ und das Kreditrisiko damit nur noch durch den systematischen Faktor erklärt wird. In der Praxis verfügt jedoch keine Bank über eine unendliche Anzahl an Krediten in ihrem Portfolio, so dass ein Einsatz dieses Modells in der Praxis auf den ersten Blick nicht zwingend sinnvoll erscheint. GORDY weist jedoch darauf hin, dass die unvermeidbare Verletzung der Bedingung eines unendlich granularen Portfolios kein zwingendes Problem für den praktischen Einsatz dieses Modells darstellt, da der durch die Annahme entstehende Fehler gegenüber einer „realistischen“ Berücksichtigung eines Portfolios mit geringerer Granularität bei steigender Portfoliogröße gegen Null konvergiert. Somit kann das oben beschriebene Modell als akzeptable Approximation angesehen werden, insofern die betrachteten Portfolios (relativ) homogen sind.<sup>400</sup> In der Realität verfügen jedoch nicht alle (international tätigen) Banken über eine Portfoliostruktur, die diesem Idealbild nahe kommt, so dass es bei Instituten mit weniger granularen Portfolios zu einer Fehleinschätzung des tatsächlichen Risikos kommen kann. Dies dürfte auch einer der Gründe für das in der zweiten Säule verankerte qualitative Überprüfungsverfahren sein, in dem die Banken angehalten sind, ihre Kreditrisiken (auch die in Säule 1 nicht abgedeckten Risiken) ergänzend auf Portfolioebene zu quantifizieren, damit die Bankenaufsicht aufgrund evtl. ungünstiger Ergebnisse eine höhere Eigenkapitalunterlegung fordern kann.<sup>401</sup>

<sup>397</sup> Vgl. Moody's Investors Service (2005), S. 17.

<sup>398</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 65.

<sup>399</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 66.

<sup>400</sup> Vgl. Gordy (2000a), S. 413, sowie Gordy (2003), S. 222.

<sup>401</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2005), S. 4.

Der Baseler Ausschuss hat im Rahmen der Risikogewichtungsfunktion das zugrunde liegende Modell modifiziert, indem die Korrelationen in Abhängigkeit von der Ausfallwahrscheinlichkeit und von der Unternehmensgröße modelliert werden, wobei durch die Berücksichtigung der Unternehmensgröße eine spezifische Behandlung in Form einer geringeren Eigenkapitalunterlegung (bei gleicher PD) für die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) erzielt wird.<sup>402</sup> Als ökonomische Begründung für die in der Korrelationsfunktion (Gleichung (3-13)) berücksichtigte Abhängigkeit der Assetkorrelation von der Unternehmensgröße wird häufig dargelegt, dass größere Unternehmen im Verhältnis zu KMU i. d. R. stärker diversifiziert sind und demzufolge auch einen höheren Anteil am systematischen Risiko und damit einen niedrigeren Anteil am idiosynkratischen Risiko aufweisen, was sich in einer höheren Assetkorrelation widerspiegelt.<sup>403</sup>

Bezüglich des für die spezifische Betrachtung von KMU vom Baseler Ausschuss modellierten Zusammenhangs zwischen Korrelation, Ausfallwahrscheinlichkeit und Unternehmensgröße existieren jedoch unterschiedliche Meinungen sowie empirische Untersuchungen. Dieser angenommene Zusammenhang wird beispielsweise von LOPEZ<sup>404</sup> in seiner empirischen Untersuchung unterstützt, indem seine Ergebnisse darauf hinweisen, dass die Assetkorrelation mit ansteigender Unternehmensgröße zunimmt und mit ansteigender Ausfallwahrscheinlichkeit abnimmt. JACOBSON LINDÉ und ROSZBACH<sup>405</sup> sowie DIETSCH und PETEY<sup>406</sup> kommen dagegen zu eher kritischen Ergebnissen, die eine Sonderbehandlung von KMU durch geringere Eigenkapitalunterlegung nicht zwingend rechtfertigen, da die Untersuchungen ergeben haben, dass KMU i. d. R. risikobehafteter sind als große Unternehmen und somit grundsätzlich mit mehr Eigenkapital zu unterlegen sind. Des Weiteren konnten DIETSCH und PETEY weder die der Risikogewichtungsfunktion für Unternehmen in Basel II zugrunde liegende Annahme eines positiven Zusammenhangs zwischen Korrelation und Unternehmensgröße noch die Annahme von abnehmenden Korrelationen bei steigenden Ausfallwahrscheinlichkeiten nachweisen. Anhand ihrer Stichprobe von deutschen und französischen KMU stellten sie eher den gegenteiligen Zusammenhang zwischen PD und Assetkorrelation sowie zwischen Korrelation und Unternehmensgröße fest.

Neben diesen unterschiedlichen Ergebnissen erweckt die Korrelationsfunktion zudem den Anschein, dass ihre konkrete Form nicht nur ökonomische Überlegungen reflektiert, sondern vor allem eine Kalibrierungsfunktion zur Erreichung einer Eigenkapitalneutralität darstellt, die die durchschnittliche Eigenkapitalunterlegung grundlegend auf dem bestehenden Niveau halten soll. Analog kann der eingeführte Scaling-Factor als Stellschraube für die Eigenkapitalneutralität interpretiert werden.<sup>407</sup> Diese Vermutungen gehen zudem mit dem allgemeinen Ziel des Baseler Ausschusses konform, die Eigenkapitalanforderung auf dem bisherigen Stand beizubehalten und nur die Kapitalallokation risikosensitiver zu gestalten.<sup>408</sup>

<sup>402</sup> Vgl. Jacobson/Lindé/Roszbach (2005), S. 2.

<sup>403</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 75.

<sup>404</sup> Siehe Lopez (2002).

<sup>405</sup> Siehe Jacobson/Lindé/Roszbach (2005).

<sup>406</sup> Siehe Dietsch/Petey (2004).

<sup>407</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 75.

<sup>408</sup> Vgl. auch im Folgenden Hofmann/Pluto (2005), S. 254.

Aus bankenaufsichtlicher Sicht ist die Beibehaltung des aktuellen Unterlegungsniveaus von 8% der Risikoaktiva durchaus nachvollziehbar, da sich gezeigt hat, dass in den Ländern, die den alten Akkord anwenden, ein Solvabilitätskoeffizient von 8% zu einer Verbesserung der Stabilität der Finanzsysteme geführt hat. Eine leichte Absenkung der Mindestkapitalanforderung für Banken, die den (fortgeschrittenen) IRB-Ansatz verwenden, sollte jedoch trotzdem angestrebt werden, um die Anreizfunktion für die Banken nicht außer Kraft zu setzen, eine Verbesserung ihres Risikomanagements zu erreichen.

Ein weiterer, aus Risikogesichtspunkten durchaus sinnvoller, Aspekt des IRB-Ansatzes besteht in der grundsätzlichen Einbeziehung der Restlaufzeit zur Berechnung der Bonitätsgewichte. Problematisch ist jedoch, dass der Baseler Ausschuss keinerlei Angaben macht, wie es zu der konkreten Ausgestaltung der Gleichung zur Restlaufzeitanpassung (Gleichung (3-13)) gekommen ist. Aufgrund dieser fehlenden Erläuterung der verwendeten Methodik und der dadurch entstehenden Intransparenz kann nicht analysiert werden, ob das Risiko in Abhängigkeit der Restlaufzeit sinnvoll abgebildet wurde.<sup>409</sup> In diesem Punkt wäre daher mehr Transparenz von Seiten des Baseler Ausschusses wünschenswert.

Als weiterer positiver Aspekt kann festgehalten werden, dass sich die regulatorische Kreditrisikomesung zwar in einigen Annahmen von der ökonomischen Quantifizierung unterscheidet, eine Gemeinsamkeit bei der Schätzung einiger Risikoparameter jedoch zu erkennen ist. So können beispielsweise die Schätzungen von PD, LGD und EAD im Rahmen der ökonomischen Betrachtung häufig übernommen werden. Lediglich die Verwendung der aufsichtlich bestimmten Assetkorrelationen für die ökonomische Kreditrisikobetrachtung ist als problematisch anzusehen, da empirisch festgestellt werden kann, dass die aufsichtlichen über den empirischen Korrelationen liegen.<sup>410</sup>

Ein diskussionswürdiger Punkt bei Basel II ist die aufsichtliche Anerkennung so genannter „Double Default Effekte“ bei der Einholung von Garanten oder dem Kauf von Kreditderivaten zur Absicherung bzw. Verminderung des Kreditrisikos. Eine Bank wird nur dann einen Verlust aus einem durch Garantien oder Kreditderivaten abgesicherten Kreditgeschäft realisieren, wenn sowohl der Kreditnehmer als auch der Garantiegeber zeitgleich ausfallen und somit ein „doppelter Ausfall“ eintritt. Durch die Anwendung des Substitutionsansatzes bei Garantien in der neuen (sowie der alten) Eigenkapitalvereinbarung wird das Risikogewicht bzw. die Ausfallwahrscheinlichkeit des Schuldners durch die des Garantiegebers ersetzt und damit nur das Kreditrisiko des Garanten berücksichtigt. Auf diese Weise werden das Kreditrisiko und damit die Eigenkapitalunterlegung überschätzt, da die Wahrscheinlichkeit für einen gleichzeitigen Ausfall von Kreditnehmer und Garantiegeber stets kleiner oder gleich der Ausfallwahrscheinlichkeit von nur einem dieser Kontrahenten ist.<sup>411</sup> In diesem Punkt gilt es daher noch eine risiko-adäquatere Methodik für die Berücksichtigung dieser Double Default Effekte zu entwickeln.

Der vom Baseler Ausschuss vorgeschlagene Ansatz kann abschließend aus einem pragmatischen Blickwinkel betrachtet werden. Die zurzeit bestehende Eigenkapitalvereinbarung hat den erwähnten großen Nachteil der undifferenzierten Betrachtung des Kreditrisikos individueller Schuldner und berück-

<sup>409</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 77.

<sup>410</sup> Vgl. Scheule (2005), S. 540, sowie Düllmann/Scheule (2003), S. 20. Für empirische Untersuchungen in diesem Zusammenhang siehe beispielsweise Scheule (2003), S. 111-166, sowie Rösch/Scheule (2004).

<sup>411</sup> Vgl. Hofmann/Pluto (2005), S. 265.

sichtigt keine neuen Finanzmarktinstrumente wie beispielsweise Kreditderivate. Eine grundlegende Anpassung des Bemessungsansatzes des zu unterlegenden Eigenkapitals an die heutigen Begebenheiten (Basel I) kann daher als zwingend notwendig angesehen werden. Alternativ zu Basel II wird häufig der Einsatz von internen Kreditrisikomodelle für die Bestimmung der Eigenkapitalunterlegung diskutiert. Die Verwendung bankinterner Kreditrisikomodelle wird jedoch von der Bankenaufsicht zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals nicht zugelassen, wobei auch berücksichtigt werden sollte, dass überwiegend nur große Banken über solche Modelle verfügen. Für die meisten Banken dürfte die Entwicklung bzw. Implementierung eines geeigneten Kreditrisikomodells viel Zeit in Anspruch nehmen, so dass eine zeitnahe Ablösung des Baseler Akkords von 1988 durch Kreditrisikomodelle kaum möglich ist. Hierin lässt sich auch der Vorteil des vom Baseler Ausschuss gewählten Ansatzes sehen, da Banken i. d. R. bereits über (bankinterne) Ratingsysteme verfügen, die die Grundlage von Basel II im Rahmen des IRB-Ansatzes bilden.<sup>412</sup> Daher sollte eine Umsetzung von Basel II mit relativ weniger Aufwand als bei Verwendung und Implementierung entsprechender Kreditrisikomodelle durchzuführen sein, wobei zu berücksichtigen bleibt, dass selbst die Implementierung von Basel II einen enormen Kraftakt für die Banken darstellt.<sup>413</sup>

Der Baseler Ausschuss hat mit Basel II eine pragmatische Lösung gewählt, die grundsätzlich positiv bewertet werden kann, da hierdurch eine risikosensitivere Eigenkapitalunterlegung realisiert wird, die zudem die Ziele Systemstabilität und Gläubigerschutz unterstützt.<sup>414</sup>

### 3.3 Ökonomische Anforderungen (Kreditrisikomodelle)

Im Rahmen der Darstellung der regulatorischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung in den vorangegangenen Abschnitten konnte aufgezeigt werden, dass sich die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals zwar an die Ermittlung des ökonomischen angenähert hat, wie jedoch erläutert wurde, ist noch keine vollständige Konvergenz zwischen regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikoquantifizierung erreicht worden. Zum Großteil liegt es daran, dass der Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht die Verwendung von Kreditrisikomodelle aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage und der damit verbundenen Problematik im Bereich der Modellvalidierung und Korrelationsbestimmung nicht zulässt. Die Banken verwenden zur internen Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals und zur Quantifizierung der Kreditportfoliorisiken jedoch durchaus solche Modelle, deren Einsatz aus ökonomischer Betrachtungsweise auch bereits in der heutigen Zeit sinnvoll ist. Aus diesem Grund befassen sich die folgenden Abschnitte mit der Quantifizierung des Kreditrisikos aus einer ökonomischen Betrachtungsweise bzw. unter Berücksichtigung von ökonomischen Anforderungen. Zunächst werden hierzu die grundsätzlichen Kategorien von Kreditrisikomodelle aufgezeigt und erläutert (Abschnitt 3.3.1), woran anschließend spezielle Portfoliomodelle dargestellt werden (Abschnitt 3.3.2). Abschlie-

<sup>412</sup> Vgl. Brown (2003), S. 299, sowie Gordy (2000a), S. 407.

<sup>413</sup> Der Aufwand zur Implementierung der zweiten Säule dürfte in Abhängigkeit von der jeweils gewählten Methode bzw. des jeweils gewählten Modells zur Umsetzung des CAAP stehen.

<sup>414</sup> Vgl. Wilkens/Baule/Entrop (2004a), S. 87.

ßend erfolgt eine kurze Analyse, inwiefern die regulatorischen Anforderungen von Basel II Auswirkungen auf die ökonomische Kreditrisikobehandlung der Banken haben könnte (Abschnitt 3.3.3).

### 3.3.1 Klassifizierung

Allgemein können Kreditrisikomodelle anhand der verwendeten Eingangsparameter klassifiziert werden.<sup>415</sup> Die Einteilung der Modelle erfolgt in firmen- bzw. unternehmenswertbasierte und intensitätsbasierte Kreditrisikomodelle.<sup>416</sup> DUFFIE und SINGLETON verwenden dagegen beispielsweise eine andere Terminologie. Sie bezeichnen die firmenwertbasierten Modelle als Structural Models und die intensitätsbasierten als Reduced Models.<sup>417</sup> Unterscheiden lassen sich die beiden Modellkategorien dadurch, dass die intensitätsbasierten Modelle exogene Ausfallwahrscheinlichkeiten als direkte Inputparameter verwenden, die anhand historischer Ausfallhäufigkeiten geschätzt werden, während die firmenwertbasierten Modelle auf der Veränderung von Marktwerten der Unternehmen basieren und die Ausfallwahrscheinlichkeit somit eine modellendogene Variable darstellt.<sup>418</sup> 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.<sup>419</sup> 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.<sup>420</sup> In den folgenden Abschnitten werden mit den firmenwertbasierten (Abschnitt 3.3.1.1) und den intensitätsbasierten Modellen (Abschnitt 3.3.1.2) die beiden grundsätzlichen Modellkategorien eingeführt, die abschließend einer vergleichenden Analyse unterzogen werden (Abschnitt 3.3.1.3).

#### 3.3.1.1 Firmenwertbasierte Modelle

Die firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle bzw. Structural Models basieren auf dem Ansatz von MERTON<sup>421</sup>, der mithilfe der Optionspreistheorie von BLACK und SCHOLES<sup>422</sup> ein grundlegendes Modell zur Bewertung von ausfallrisikobehafteten Unternehmensanleihen entwickelte. Anhand der firmenwertbasierten Modelle können z. B. die Risikoprämie, der Credit Spread (CS), der Anleihepreis sowie die Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt werden.<sup>423</sup> Im Folgenden wird zunächst das Grundmodell von MERTON erläutert (Abschnitt 3.3.1.1.1), worauf die Darstellung einiger ausgewählter Erweiterungen des Grundmodells anschließt (Abschnitt 3.3.1.1.2).

<sup>415</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 43.

<sup>416</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 50.

<sup>417</sup> Siehe hierzu Duffie/Singleton (1999). Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die entsprechenden Begriffe synonym verwendet.

<sup>418</sup> Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 93.

<sup>419</sup> Vgl. Merton (1974), S. 450.

<sup>420</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 43 f., sowie Henn (2001), S. 19 f.

<sup>421</sup> Siehe Merton (1974).

<sup>422</sup> Siehe Black/Scholes (1973).

<sup>423</sup> Vgl. Devic (2001), S. 140.

### 3.3.1.1.1 Das Grundmodell 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 Nullkuponanleihe<sup>424</sup> (Zerobond), die Eigenfinanzierung durch Ausgabe von Aktien zum Zeitpunkt  $t = 0$ .<sup>425</sup> 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  $MA_0$ .<sup>426</sup>

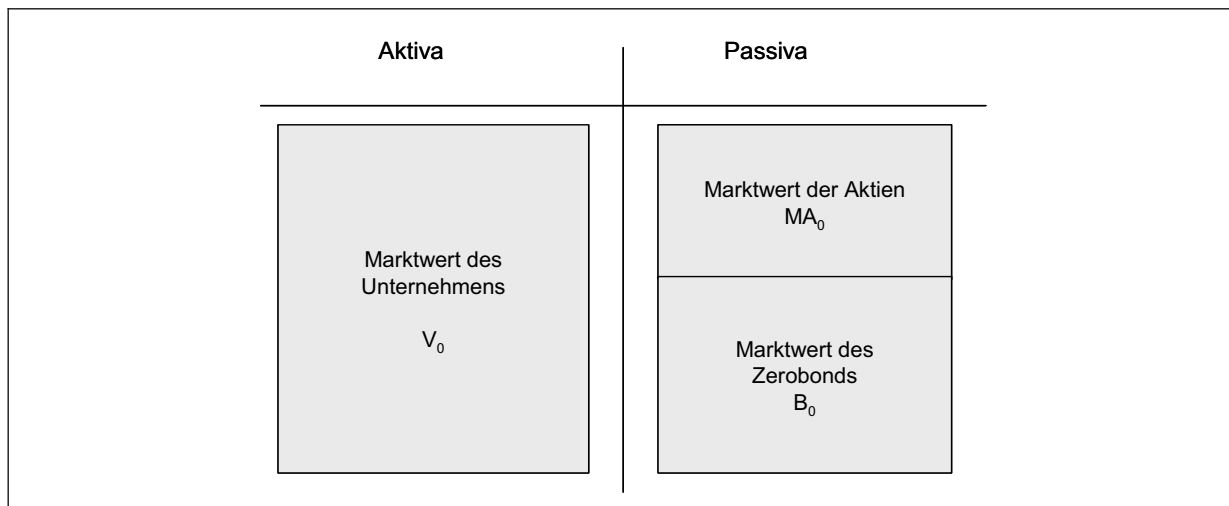


Abbildung 3.3-1: Aktiva und Passiva eines Unternehmens

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 (bzw.  $1-LGD$ ) als Anteil des Unternehmenswertes am Wert der Schulden interpretiert werden.<sup>427</sup> Befindet sich der Unternehmenswert im Zeitpunkt  $T$  oberhalb des Tilgungsbetrages, so erhalten die Gläubiger den vertraglich vereinbarten Betrag  $R$ .<sup>428</sup> Hierbei wird also von der Annahme ausgegangen, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit

<sup>424</sup> Eine Nullkuponanleihe 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.

<sup>425</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 52.

<sup>426</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 77 f.

<sup>427</sup> Vgl. Ott (2001), S. 84. 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.

<sup>428</sup> Vgl. Pfeiffer (1999), S. 230.

durch die Entwicklung des Unternehmenswertes bestimmt wird.<sup>429</sup> Ergänzend zu den bereits erläuterten, basiert das Modell auf den folgenden Annahmen:<sup>430</sup>

- 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.<sup>431</sup>
- 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 unterschiedlicher Rangstellung 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.<sup>432</sup>

$$dV = (\eta V - A)dt + \sigma_V V dz \quad (3-18)$$

$\eta$  ist hierbei die momentan erwartete Ertragsrate der Unternehmung und  $A$  entspricht der gesamten Ausschüttung des Unternehmens an die Aktionäre oder Fremdkapitalgeber (Dividenden oder Zinsen).  $\sigma_V$  bezeichnet die Volatilität des Unternehmenswertes und  $z$  folgt einer Geometrisch Brownschen Bewegung.<sup>433</sup>

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 von  $V_T - R$ . Die Auszahlungsprofile der Fremdkapital- ( $B_T$ ) und Eigenkapitalgeber ( $MA_T$ ) lassen sich formal folgendermaßen darstellen:<sup>434</sup>

<sup>429</sup> Vgl. Overbeck (1999), S. 106.

<sup>430</sup> Vgl. Merton (1974), S. 450, sowie Rehm (2002), S. 53.

<sup>431</sup> Siehe Modigliani/Miller (1958).

<sup>432</sup> Vgl. Merton (1974), S. 450.

<sup>433</sup> Vgl. Henn (2001), S. 22.

<sup>434</sup> 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.



$$B_T = \min[V_T; R] \quad (3-19)$$

$$MA_T = \max[V_T - R; 0] \quad (3-20)$$

Die in den Gleichungen (3-19) und (3-20) dargestellten Zusammenhänge lassen sich wie folgt graphisch veranschaulichen:

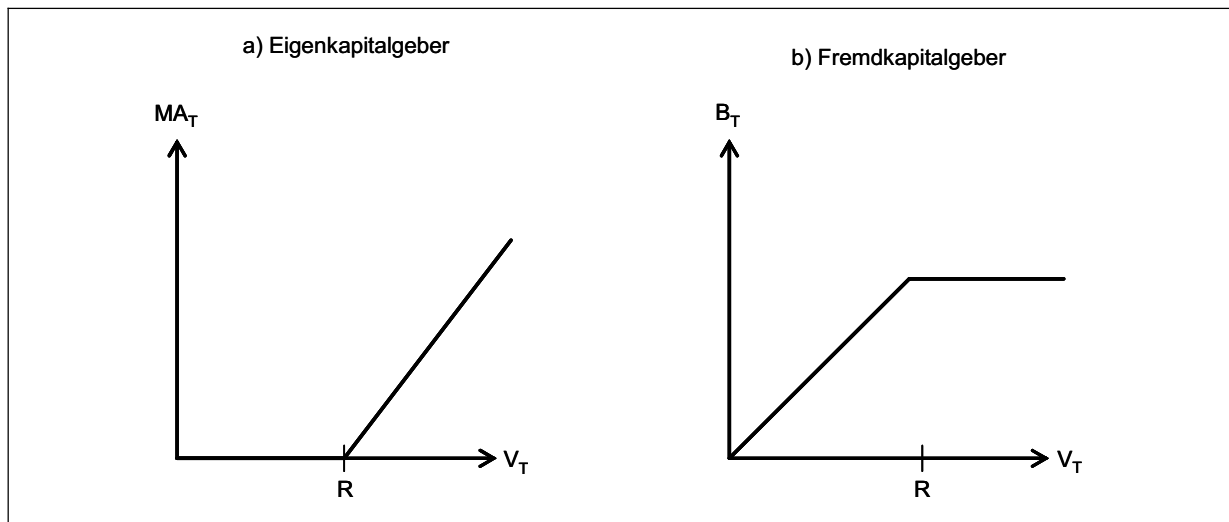


Abbildung 3.3-2: Auszahlungsprofil Eigen- und Fremdkapitalgeber<sup>435</sup>

Das Auszahlungsprofil der Eigenkapitalgeber in Abbildung 3.3-2 a) entspricht dem Payoff-Diagramm einer gekauften europäischen Kauf-Option (Long Call), während das Diagramm in Abbildung 3.3-2 b) mit dem einer verkauften europäischen Verkaufs-Option (Short Put) übereinstimmt.<sup>436</sup> Die Fremd- und Eigenkapitalpositionen zum Fälligkeitszeitpunkt lassen sich daher durch die entsprechenden Optionen duplizieren und damit bewerten. Anhand der ermittelten Optionswerte lassen sich Ausfallprämien bestimmen und damit indirekt der erwartete Kreditverlust ableiten. Für die Ableitung der Ausfallprämien 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.<sup>437</sup>

### Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption

Bei diesem Ansatz lässt sich der Marktwert der Eigenkapitalposition durch eine europäische Call-Option  $C_t^E$  auf den Marktwert des Unternehmens (als Underlying) mit dem Basispreis (R) darstellen.<sup>438</sup> Zum Fälligkeitszeitpunkt  $t = T$  bzw. für den Zeitpunkt  $t = 0$  gilt somit:

<sup>435</sup> Vgl. Ritchken (1987), S. 331 f.

<sup>436</sup> Vgl. auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 79.

<sup>437</sup> Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 321 f., sowie Kirmße (1996), S. 79 f.

<sup>438</sup> Vgl. auch im Folgenden Pfeiffer (1999), S. 230 f.

$$MA_T = C_T^E \quad (3-21)$$

$$MA_0 = C_0^E(V_0, R, T) \quad (3-22)$$

Der Wert der europäischen Call Option ist damit abhängig vom Unternehmenswert, vom vertraglich vereinbarten Rückzahlungsbetrag der Anleihe als Basispreis R sowie vom Fälligkeitszeitpunkt T.<sup>439</sup> Die Berechnung des Wertes der Kaufoption kann anhand eines Optionspreismodells erfolgen. Die bekanntesten klassischen Modelle sind von BLACK und SCHOLES<sup>440</sup> für den zeitstetigen Fall sowie das Modell von COX, ROSS und RUBINSTEIN<sup>441</sup> für den zeitdiskreten Fall. Gemäß der Bewertungsformel von BLACK und SCHOLES ermittelt sich der Wert einer europäischen Call Option entsprechend Gleichung (3-23).<sup>442</sup>

$$C_0^E = V_0 \cdot \Phi(d_1) - R \cdot e^{-r_f T} \cdot \Phi(d_2)$$

mit

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{R}\right) + \left(r_f + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2\right) \cdot T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3-23)$$

und

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

Die Variable  $r_f$  symbolisiert den risikofreien Zinssatz, T die Restlaufzeit der Option und  $\sigma^2$  die Volatilität des Underlyings.  $\Phi(\cdot)$  bezeichnet die Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung.<sup>443</sup>

Mit Hilfe des ermittelten Wertes der Call-Option kann anschließend eine Ausfallprämie bestimmt werden. Unter Beachtung des Zusammenhanges, dass sich der Unternehmenswert aus der Summe der Marktwerte von Aktien und Zerobond ( $V_0 = MA_0 + B_0$ ) ergibt, kann die ausfallrisikobehaftete Anleihe bzw. der Wert der Fremdkapitalposition als Differenz aus Unternehmenswert und Call-Option bestimmt werden.<sup>444</sup>

$$B_0 = V_0 - C_0^E \quad (3-24)$$

Die Ausfallprämie ergibt sich aus der Differenz des Wertes der risikobehafteten Anleihe und dem Wert einer risikofreien Anleihe ( $R^S$ ) mit identischer Ausstattung.<sup>445</sup> Der Wert von  $R^S$  zum Zeitpunkt  $t = 0$  berechnet sich durch Abzinsung des vereinbarten Rückzahlungsbetrages R mit dem risikofreien Zinssatz

<sup>439</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 80.

<sup>440</sup> Siehe Black/Scholes (1973).

<sup>441</sup> Siehe Cox/Ross/Rubinstein (1979).

<sup>442</sup> Vgl. Black/Scholes (1973), S. 644; Black/Scholes (1972), S. 401, sowie Kirmße (1996), S. 92 f.

<sup>443</sup> Vgl. Black/Scholes (1972), S. 401.

<sup>444</sup> Vgl. Ritchken (1987), S. 332.

<sup>445</sup> Eine identische Ausstattung bedeutet gleiche Laufzeit und Effektivverzinsung wie die risikobehaftete Anleihe.

$r_f$  auf den aktuellen Zeitpunkt. Die so ermittelte Ausfallprämie quantifiziert den jeweiligen erwarteten Kreditverlust der Fremdkapitalposition.<sup>446</sup>

$$AP_0 = \frac{R^S}{(1+r_f)^T} - B_0 \quad (3-25)$$

Durch Einsetzen von Gleichung (3-24) in Gleichung (3-25) ergibt sich

$$AP_0 = \frac{R^S}{(1+r_f)^T} - (V_0 - C_0^E(V_0, R, T)). \quad (3-26)$$

Bei kontinuierlicher Verzinsung bestimmt sich die Ausfallprämie gemäß

$$AP_0 = \frac{R^S}{e^{r_f T}} - (V_0 - C_0^E(V_0, R, T)). \quad (3-27)$$

Dieser Ansatz geht von der Annahme aus, dass die Eigenkapitalgeber das Unternehmen für den erhaltenen Kreditbetrag an die Fremdkapitalgeber in  $t = 0$  verkaufen. Im Gegenzug erhalten die Aktionäre eine Call-Option, mit der sie das Unternehmen im Fälligkeitszeitpunkt  $T$  zum Basispreis  $R$  (bzw. Nennwert des Zerobonds) zurückkaufen können.<sup>447</sup> Die Fremdkapitalgeber respektive Kreditgeber sind somit Stillhalter einer Call-Option (Short Call).

Anhand der beschriebenen Zusammenhänge kann die in Abbildung 3.3-2 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.<sup>448</sup>

Die in der folgenden Abbildung 3.3-3 a) aufgezeigte Position der Eigenkapitalgeber ergibt sich als Kaufoptions-Position analog der Abbildung 3.3-2 a). Bei der Position des Fremdkapitalgebers wird die Long Position der Aktien durch die Gerade  $MA_T$  dargestellt.<sup>449</sup> Die durch  $(-C_T^E)$  angezeigte Short Call-Position verliert an Wert, sobald sie den Wert  $R$  erreicht. Werden die beiden Positionen zusammengefasst, so ergibt sich die aus Abbildung 3.3-2 b) bekannte Darstellung  $(MA_T + (-C_T^E))$ .

<sup>446</sup> Vgl. Black/Scholes (1973), S. 650, sowie auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 80.

<sup>447</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 52, sowie Ritchken (1987), S. 332.

<sup>448</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 81.

<sup>449</sup> Aufgrund der Annahme, dass das Unternehmen an die Kreditgeber verkauft wird, finanziert sich das Unternehmen ausschließlich mit Eigenkapital, so dass hier  $V_T = MA_T$  gilt.

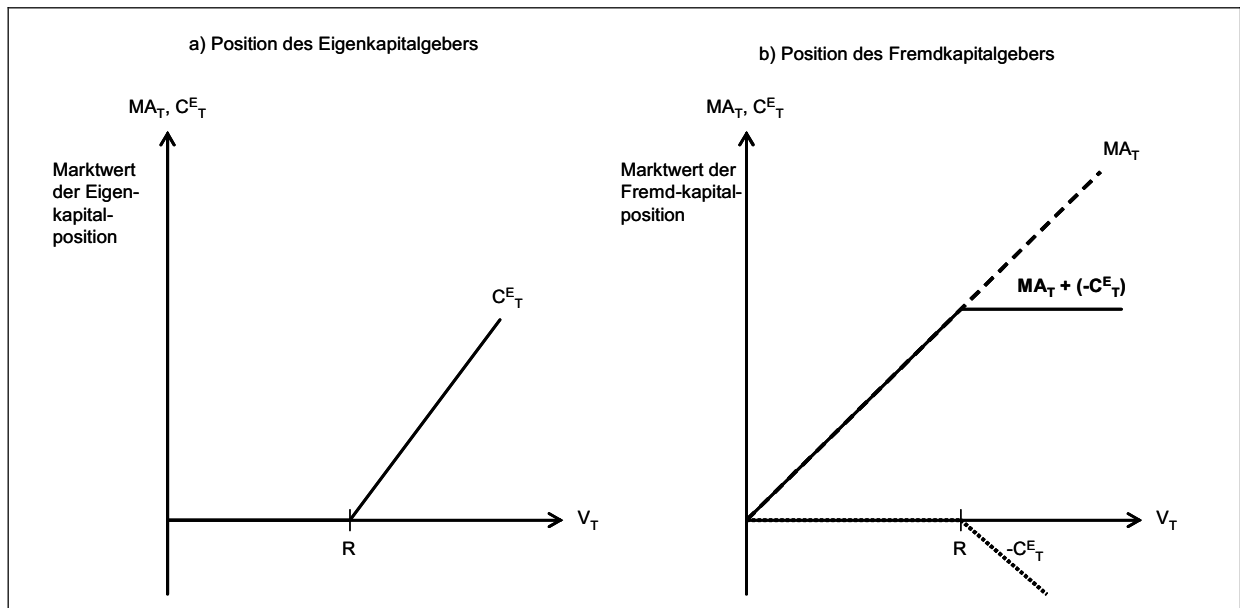


Abbildung 3.3-3: Eigenkapital- und Fremdkapitalpositionen bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Kaufoption<sup>450</sup>

### Kreditnehmer als Käufer einer Verkaufsoption

Gemäß Gleichung (3-19) entspricht der Wert der Fremdkapitalposition im Fälligkeitszeitpunkt dem Minimum von Unternehmenswert und Rückzahlungsbetrag der ausfallrisikobehafteten Anleihe. Die folgenden Zusammenhänge verdeutlichen diesen Sachverhalt nochmals:<sup>451</sup>

$$\left. \begin{array}{l} V_T > R \Rightarrow R - \max[R - V_T, 0] = R - 0 = R \\ V_T < R \Rightarrow R - \max[R - V_T, 0] = R - (R - V_T) = V_T \end{array} \right\} B_T = \min[V_T, R] \quad (3-28)$$

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 (3-19) zur Bestimmung des Wertes der Fremdkapitalposition im Fälligkeitszeitpunkt folgendermaßen aufgestellt werden.<sup>452</sup>

$$B_T = R - \max[R - V_T, 0] \quad (3-29)$$

Der Ausdruck  $\max[R - V_T, 0]$  stellt den Wert einer europäischen Verkaufsoption am Verfalltag ( $P_T^E$ ) mit einem Basispreis gleich dem Nennwert der Anleihe ( $R$ ) und dem Unternehmenswert als Underlying dar.<sup>453</sup> Der Wert der ausfallrisikobehafteten Fremdkapitalposition am Fälligkeitstag kann somit durch die Differenz einer risikofreien Anleihe und eines Put bestimmt werden.<sup>454</sup>

<sup>450</sup> Quelle: Kirmße (1996), S. 81.

<sup>451</sup> Vgl. auch im Folgenden Kirmße (1996), S. 82.

<sup>452</sup> Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

<sup>453</sup> Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 297.

<sup>454</sup> Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

$$B_T = R^S - P_T^E \quad (3-30)$$

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.<sup>455</sup> Unter den getroffenen Annahmen entspricht die Eigenkapitalposition hier einem Portfolio aus einer Long Aktienposition und einer Long Put-Position. Die Fremdkapitalposition kann dagegen durch eine risikofreie Anleihe und eine Short Put-Position dupliziert werden.<sup>456</sup> Durch die Zusammenfassung der einzelnen Portfolio-Bestandteile ergeben sich die in Abbildung 3.3-2 dargestellten Auszahlungsprofile für Eigen- und Fremdkapitalgeber. Die folgende Abbildung veranschaulicht diesen Zusammenhang.

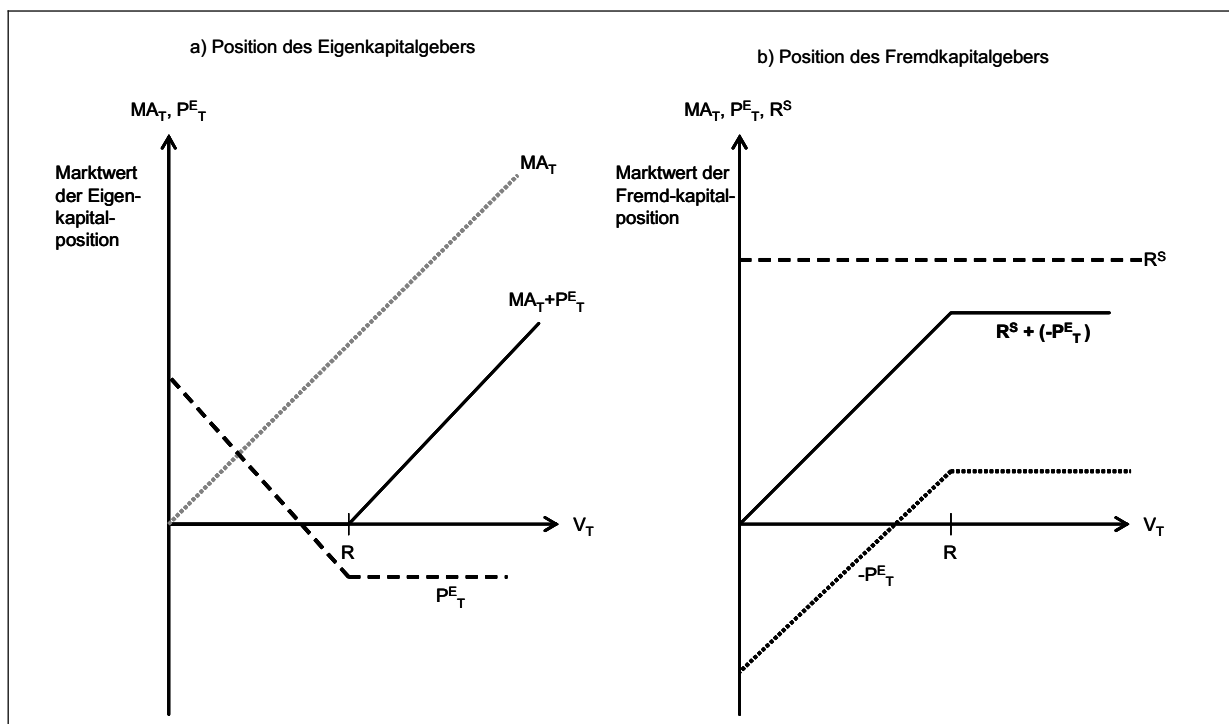


Abbildung 3.3-4: Eigen- und Fremdkapitalposition bei Interpretation der Eigenkapitalgeber als Inhaber einer Verkaufsoption<sup>457</sup>

Um den Marktwert der Fremdkapitalposition zum Zeitpunkt  $t = 0$  zu bestimmen, müssen der aktuelle Wert der risikolosen Anleihe und der aktuelle Wert des Put berechnet werden. Der Wert der Fremdkapitalposition bestimmt sich gemäß Gleichung (3-31).<sup>458</sup>

$$B_0 = \frac{R^S}{e^{r_f T}} - P_0^E(V_0, R, T) \quad (3-31)$$

<sup>455</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 84.

<sup>456</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 83.

<sup>457</sup> Quelle: Kirmße (1996), S. 83.

<sup>458</sup> Vgl. Ritchken (1987), S. 333.

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 Ausfallprämie dem Wert des Put.<sup>459</sup>

$$AP_0 = P_0^E(V_0, R, T) \quad (3-32)$$

Analog zur Berechnung des Call im vorherigen Abschnitt kann der Put ebenfalls durch das Optionsbewertungsmodell von BLACK und SCHOLES bestimmt werden. Ein europäischer Put lässt sich damit anhand folgender Gleichung berechnen.<sup>460</sup>

$$P_0^E = R \cdot e^{-r_f T} \cdot \Phi(-d_2) - V_0 \cdot \Phi(-d_1) \quad (3-33)$$

Die Berechnung von  $d_1$  und  $d_2$  erfolgt analog der Bestimmungsgleichung (3-23) für einen europäischen Call.

Alternativ zu den in Währungseinheiten ausgedrückten Ausfallprämien 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.<sup>461</sup>

$$B_0 = \frac{R}{e^{r^* T}} \quad (3-34)$$

Durch Auflösung nach  $r^*$  ergibt sich die Bestimmungsgleichung für den risikoadjustierten Zinssatz.

$$r^* = -\frac{\ln\left(\frac{B_0}{R}\right)}{T} \quad (3-35)$$

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.<sup>462</sup> Unter Verwendung der (BLACK/SCHOLES-)Bewertungsformel für Put-Optionen kann der Credit Spread (CS) folgendermaßen berechnet werden.<sup>463</sup>

$$CS = r^* - r_f = -\frac{1}{T} \cdot \ln\left(\Phi(d_2) + \frac{V_0}{R e^{-r_f T}} \cdot \Phi(-d_1)\right) \quad (3-36)$$

Die Gleichung (3-36) verdeutlicht ergänzend, dass der CS von der Laufzeit  $T$  und von der Kapitalstruktur des Unternehmens abhängt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die beiden gezeigten Ansätze zu demselben Ergebnis kommen. Der Unterschied liegt lediglich in den unterschiedlichen Interpretationen der Eigen- und Fremdkapitalposition. Wird die Ausfallprämie gemäß den Gleichungen (3-26) bzw. (3-27) bestimmt, so

<sup>459</sup> Vgl. Pechtl (1999), S. 191.

<sup>460</sup> Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 329.

<sup>461</sup> Vgl. Pfeiffer (1999), S. 233.

<sup>462</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 140.

<sup>463</sup> Vgl. Pfeiffer (1999), S. 233.

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 Ausfallprämie wird dagegen 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.<sup>464</sup> Die Abbildung 3.3-3 und Abbildung 3.3-4 belegen hierbei, dass beide Ansätze zu dem gleichen Auszahlungsprofil wie in Abbildung 3.3-2 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, SCHOLES<sup>465</sup> und MERTON<sup>466</sup>, dass sich die Marktwertänderungen des Unternehmensvermögens durch einen kontinuierlichen und stationären Zufallsprozess beschreiben lassen, resultiert eine Log-Normalverteilung für den Marktwert der Unternehmensaktiva,<sup>467</sup> deren Wahrscheinlichkeitsverteilung anhand von historischen Daten geschätzt werden kann.<sup>468</sup>

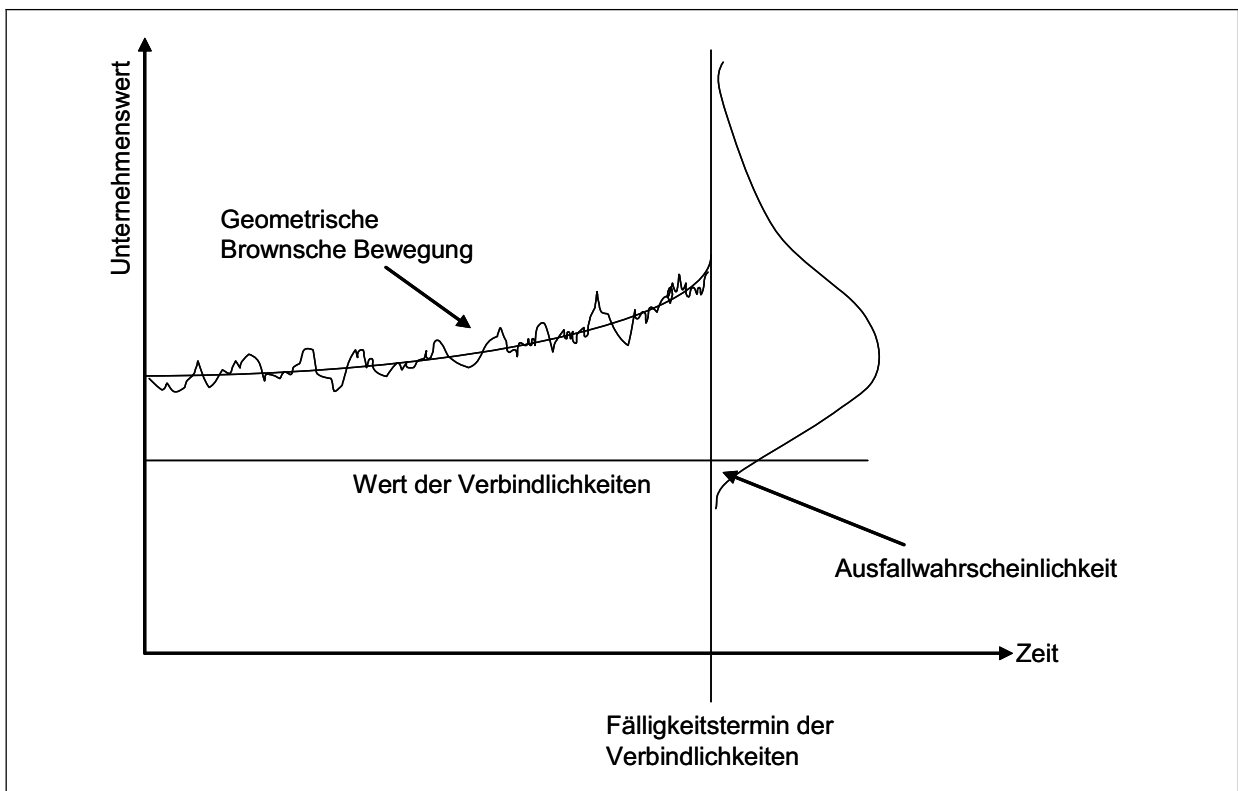


Abbildung 3.3-5: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmenswertes am Fälligkeitstag<sup>469</sup>

<sup>464</sup> Vgl. Kirmße (1996), S. 84.

<sup>465</sup> Vgl. Black/Scholes (1973), S. 640.

<sup>466</sup> Vgl. Merton (1974), S. 450.

<sup>467</sup> Vgl. Black/Scholes (1973), S. 640.

<sup>468</sup> Vgl. Ott (2001), S. 83.

<sup>469</sup> Quelle: Ott (2001), S. 83.

Firmenwertbasierte Kreditrisikomodelle definieren den Kreditausfall in Form eines Unternehmenswertes, der am Fälligkeitstag unterhalb der Verbindlichkeiten liegt. Wie in Abbildung 3.3-5 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 ergibt sich eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der (barwertigen) Kreditverluste auf Einzelkreditenebene.<sup>470</sup> Anhand der ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kreditverluste kann der unerwartete Kreditverlust respektive das Kreditrisiko eines einzelnen Kreditengagements in Form eines Credit Value at Risk (CVaR) für beliebige Konfidenzniveaus ( $\alpha$ ) 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.<sup>471</sup> Der  $CVaR_\alpha$  berechnet sich für ein Konfidenzniveau von  $\alpha$  entsprechend der CVaR-Definition mittels Gleichung (2-4) aus der Differenz des Wertes der Put-Option für den Unternehmenswert  $V_{1-\alpha}$  und dem erwarteten Verlust. Der erwartete Kreditverlust ergibt sich durch die 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 ausgegangen werden.<sup>472</sup> Die Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsverteilung basiert dabei auf einem Indexmodell.<sup>473</sup>

- Die Aktienkursentwicklung der Kreditnehmer wird anhand von so genannten  $\beta$ -Faktoren mit der Wertentwicklung eines Aktienindex verknüpft, wobei sich die Eigenkapitalrenditen der Kreditnehmer 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 Aktienindex ermittelt werden.<sup>474</sup> 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,<sup>475</sup> so dass für jeden beliebigen Indexwert der entsprechende Wert des Eigenkapitaltitels

<sup>470</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 142.

<sup>471</sup> Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 147.

<sup>472</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 148 f.

<sup>473</sup> Dieser Ansatz lässt sich dabei ausschließlich auf börsennotierte Unternehmen anwenden.

<sup>474</sup> Vgl. für eine formale Darstellung der Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung Bröker (2000), S. 150-156.

<sup>475</sup> Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 64.



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.<sup>476</sup> In einem weiteren Schritt können nun die Volatilitäten und die Eigenkapitalwerte jedes Kreditnehmers auf das entsprechende Unternehmensvermögen und dessen Volatilität übertragen werden, so dass sich für jeden Kreditnehmer die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Unternehmensvermögens ergibt. Mit diesen Daten können nun für die jeweiligen Kreditnehmer die individuellen Ausfallprämien bestimmt werden. Abschließend können diese Zwischenergebnisse zur Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kreditverluste zusammengefasst werden. Die erwarteten Verluste des Kreditportfolios bestimmen sich durch die Summe der Ausfallprämien der Einzelengagements.<sup>477</sup> Der unerwartete Verlust des Portfolios bestimmt sich analog zum unerwarteten Verlust des Einzelkredites, allerdings wird in diesem Fall kein Unternehmenswert, sondern ein Indexwert ermittelt, der mit der Wahrscheinlichkeit  $1 - \alpha$  genau unterschritten wird.

### 3.3.1.1.2 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 wird von unterschiedlichen Rangstellungen des Fremdkapitals abstrahiert. Verschiedene Erweiterungen dieses Basismodells versuchen durch Ablegung einzelner Prämissen eine höhere Realitätsnähe zu erreichen. Beispielhaft werden im Folgenden einige Erweiterungen kurz dargestellt.

GESKE (1977)<sup>478</sup> erweiterte beispielsweise das Modell von MERTON um die Möglichkeit der Kuponbetrachtung und um Fremdkapitaltitel unterschiedlicher Rangstellung.<sup>479</sup> 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.<sup>480</sup>

BLACK und COX (1976)<sup>481</sup> 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.<sup>482</sup> Modelle, die einen Ausfall vor Fälligkeit der Verbindlichkeit zulassen, werden auch First Passage Time Modelle genannt.<sup>483</sup>

<sup>476</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 151.

<sup>477</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 153.

<sup>478</sup> Siehe Geske (1977).

<sup>479</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 53.

<sup>480</sup> Vgl. Devic (2001), S. 140.

<sup>481</sup> Siehe Black/Cox (1976).

<sup>482</sup> Vgl. Henn (2001), S. 25.

<sup>483</sup> 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 Gegenparteirisiken beziehen. Beispielhaft erwähnt seien hier JOHNSON und STULZ (1987)<sup>484</sup> sowie HULL und WHITE (1995)<sup>485</sup>.

### 3.3.1.2 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.<sup>486</sup> 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.“<sup>487</sup> Die Ausfallintensität ( $\lambda$ ) beschreibt dabei die durchschnittliche Ausfallrate bei vollkommenem Informationsstand zum Zeitpunkt  $t$ . Gemessen wird sie als erwartete Anzahl von Kreditausfällen pro Jahr.<sup>488</sup> 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.<sup>489</sup>

In Abhängigkeit der jeweiligen Kreditrisikofaktoren lassen sich die intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle grob in die zwei Bereiche „Credit Spread Modelle“ und „Credit Rating Modelle“<sup>490</sup> einteilen.<sup>491</sup> Im Folgenden wird das Grundmodell von Credit Spread Modellen kurz beschrieben, wobei nur das Kreditrisiko betrachtet wird. Von Zinsänderungsrisiken wird abstrahiert.<sup>492</sup>

Bei den intensitätsbasierten Modellen wird allgemein von der Annahme ausgegangen, dass es risikobehaftete und risikofreie Zerobonds für alle Laufzeiten gibt. Die risikofreien Zerobonds ( $R^S$ ) bestimmen sich dabei durch<sup>493</sup>

<sup>484</sup> Siehe Johnson/Stulz (1987).

<sup>485</sup> Siehe Hull/White (1995). Für einen tabellarischen Überblick über firmenwertbasierte Modelle siehe stellvertretend Henn (2001), S. 31 f.

<sup>486</sup> Vgl. Ott (2001), S. 87.

<sup>487</sup> Rehm (2002), S. 57.

<sup>488</sup> Vgl. Kiesel/Schmid (2000), S. 64.

<sup>489</sup> Vgl. Henn (2001), S. 35.

<sup>490</sup> Als Beispiel für ein Credit Rating Modell siehe Jarrow/Lando/Turnbull (1997).

<sup>491</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 58.

<sup>492</sup> Für eine detailliertere Darstellung eines intensitätsbasierten Modells unter Beachtung von Zinsänderungsrisiken siehe Jarrow/Turnbull (1995).

<sup>493</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 62.

$$R^S(t, T) = \frac{1}{1 + r_f(t, T)}. \quad (3-37)$$

$t$  bezeichnet hierbei den Betrachtungszeitpunkt,  $T$  den Fälligkeitstermin und  $r_f(t, T)$  den risikofreien Zinssatz.<sup>494</sup>

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.<sup>495</sup> In deren Bestimmungsgleichung wird daher die Ausfallwahrscheinlichkeit (PD) 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  $\lambda$  kann dabei als ein stochastischer Prozess verstanden werden, der nur ganzzahlige Werte annehmen kann.<sup>496</sup> 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.<sup>497</sup>

$$SP(t, T) = e^{-\lambda(T-t)} \quad \text{und} \quad SP(t, s, T) = e^{-\lambda(T-s)} \quad (3-38)$$

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

Zur Vereinfachung der Darstellung wird die Ausfallwahrscheinlichkeit sowie die Recovery Rate als im Zeitverlauf konstant angesehen (d. h.  $PD_0 = PD_1$ ). Zur Verdeutlichung der Wertbestimmung der risikobehafteten Anleihe zeigt die folgende Abbildung unter der Annahme der Risikoneutralität das Auszahlungsprofil der Anleihe für zwei Perioden.

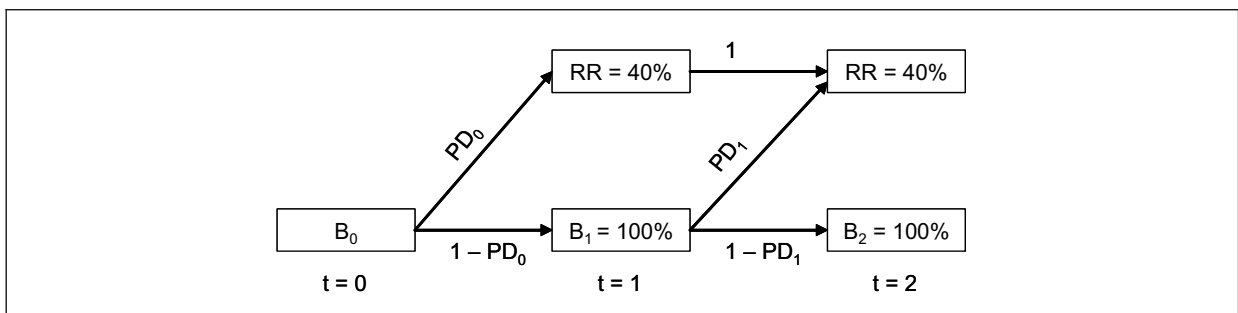


Abbildung 3.3-6: Auszahlungsprofil der risikobehafteten Anleihe über zwei Perioden<sup>498</sup>

<sup>494</sup> Vgl. Jarrow/Turnbull (1995), S. 55.

<sup>495</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 62.

<sup>496</sup> Vgl. auch im Folgenden Schönbucher (2000b), S. 586 f.

<sup>497</sup> Für die Herleitung dieser Überlebenswahrscheinlichkeiten siehe Schönbucher (2000b), S. 579-587.

<sup>498</sup> In Anlehnung an Rehm (2002), S. 63.

Am Ende einer jeden Periode bzw. eines Zeitintervalls ist die Anleihe entweder mit einer Wahrscheinlichkeit von PD ausgefallen und es wird die Recovery Rate in Höhe von 40 % des Nennwertes ausgezahlt, oder die Anleihe befindet sich mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1 - PD$  (SP) im Überlebenszustand. Im letzteren 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.<sup>499</sup> Der Wert der Anleihe bestimmt sich durch die Abzinsung der erwarteten Rückzahlungen mit dem risikofreien Zinssatz für eine Periode.<sup>500</sup>

$$B(0,1) = \frac{PD_0 \cdot RR + (1 - PD_0) \cdot 1}{1 + r_f(0,1)} = \frac{1}{1 + r_f(0,1)} \cdot [PD_0 \cdot RR - PD_0 + 1] \quad (3-39)$$

Da der Term  $1/(1+r_f(0,1))$  gemäß Gleichung (3-37) den Wert einer risikofreien Anleihe bestimmt, kann der Wert der einperiodigen Anleihe aus Gleichung (3-39) auch folgendermaßen ermittelt werden:

$$B(0,1) = R^S(0,1) \cdot [PD_0 \cdot RR - PD_0 + 1] = R^S(0,1) \cdot [1 - (1 - RR) \cdot PD_0] \quad (3-40)$$

Der Wert eines risikobehafteten Zerobonds kann allgemein ebenfalls durch die Abzinsung des Cash Flows mit einem risikoadjustierten Zinssatz ( $r^*$ ) bestimmt werden. Dieser Zinssatz kann als Summe aus risikofreiem Zins und einem Zinsaufschlag (Credit Spread) interpretiert werden.

$$B(0,1) = \frac{1}{1 + r_f(0,1) + CS(0,1)} = \frac{1}{1 + r^*(0,1)} \quad (3-41)$$

Bei der Betrachtung der Gleichungen (3-37) und (3-41) fällt auf, dass der Credit Spread eindeutig die Höhe des erwarteten Kreditverlustes definiert. Durch Gleichsetzung der Formeln (3-40) und (3-41) ergibt sich bei anschließender Auflösung nach CS eine Bestimmungsgleichung für den Credit Spread, der analog den firmenwertbasierten Modellen den erwarteten Kreditverlust quantifiziert.

$$CS(0,1) = \frac{PD_0 \cdot (1 - RR) \cdot [1 + r_f(0,1)]}{1 - PD_0 \cdot (1 - RR)} \quad (3-42)$$

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

$$AP_0 = R_0^S - B_0 \quad (3-43)$$

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 ergibt sich somit durch die Zusammenfassung aller bedingten Ausfallwahrscheinlichkeiten eines Kreditnehmers.<sup>501</sup> Der

<sup>499</sup> Aus Vereinfachungsgründen wird hier nur eine Periode betrachtet. Eine Darstellung des Sachverhalts über mehrere Perioden zeigt Rehm (2002), S. 62-68.

<sup>500</sup> Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 59.

<sup>501</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 268.

unerwartete Verlust für einen einzelnen Kredit bzw. Kreditnehmer kann als CVaR wiederum durch das Quantil der Verlustverteilung abzüglich des erwarteten Verlustes bestimmt werden.<sup>502</sup>

### 3.3.1.3 Vergleich der Modellkategorien

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 vor allem die Schwierigkeit, den Marktwert eines Unternehmens zu beobachten.<sup>503</sup> Aufgrund der Bestimmungsproblematik des Unternehmenswertes sind die firmenwertbasierten Modelle nicht sehr realitätsnah. Allerdings kann die Unternehmenswertentwicklung approximativ über Aktienrenditen geschätzt werden.<sup>504</sup> 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 beispielsweise direkt, d. h. in jedem Zeitpunkt kann ein Kreditausfall eintreten, wozu lediglich die Wahrscheinlichkeiten für diese Ausfallereignisse spezifiziert werden müssen.<sup>505</sup> Im Grunde zeigt diese Betrachtung des jederzeit möglichen Kreditausfalles, dass der Auslöser für einen Kreditausfall in den intensitätsbasierten Kreditrisikomodellen irrelevant ist.<sup>506</sup> 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.<sup>507</sup>

Die Gemeinsamkeit der beiden Modellkategorien liegt in der Möglichkeit, Ausfallprämien in Form von Geldbeträgen oder Credit Spreads zur Bepreisung von Krediten zu ermitteln. Des Weiteren kann mit

<sup>502</sup> Vgl. Abschnitt 2.1.5.

<sup>503</sup> Vgl. Henn (2001), S. 33.

<sup>504</sup> Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 110.

<sup>505</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 44.

<sup>506</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 57.

<sup>507</sup> 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.

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.

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

Tabelle 3.3-1: Vergleich der firmenwert- und intensitätsbasierten Kreditrisikomodelkategorien

### 3.3.2 Kreditportfoliomodelle

Im vorangegangenen Abschnitt wurden grundlegende Kategorien von Kreditrisikomodelle dargestellt. In diesem Rahmen wurde vor allem die Quantifizierung des erwarteten und unerwarteten Kreditverlustes von Einzelengagements behandelt. Innerhalb des Bereichs der ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung 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.<sup>508</sup> Erst seit 1997 wurde die Entwicklung von Ansätzen, die sich mit der Berücksichtigung von Portfolioeffekten bei der Kreditrisikomessung beschäftigen, systematisch vorangetrieben. Besonders einige in der Praxis von Banken und Beratungsunternehmen 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, Credit Portfolio View™ von McKinsey sowie Credit Portfolio Manager™ von KMV. Diese Kreditportfoliomodelle basieren jeweils in ihren theoretischen Grundlagen auf einer der im vorigen Kapitel aufgezeigten Modellkategorien (siehe Abbildung 3.3-7).

Analog zu den firmenwertbasierten Modellen hängt die Korrelationsbestimmung bzw. die Ausfallwahrscheinlichkeit bei CreditMetrics™ und bei Credit Portfolio Manager™ von der stochastischen Entwicklung des Unternehmenswertes ab. CreditRisk+™ sowie Credit Portfolio View™ verwenden, wie die intensitätsbasierten Modelle, Ausfallwahrscheinlichkeiten, die mithilfe von historischen Ausfallraten ermittelt werden. In den folgenden Abschnitten werden diese vier kommerziellen Kreditportfoliomodelle

<sup>508</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 1.

und ihre Funktionsweisen kurz dargestellt (Abschnitte 3.3.2.1 - 3.3.2.4). Ein Vergleich der vier Modelle schließt diese Betrachtung ab (Abschnitt 3.3.2.5).

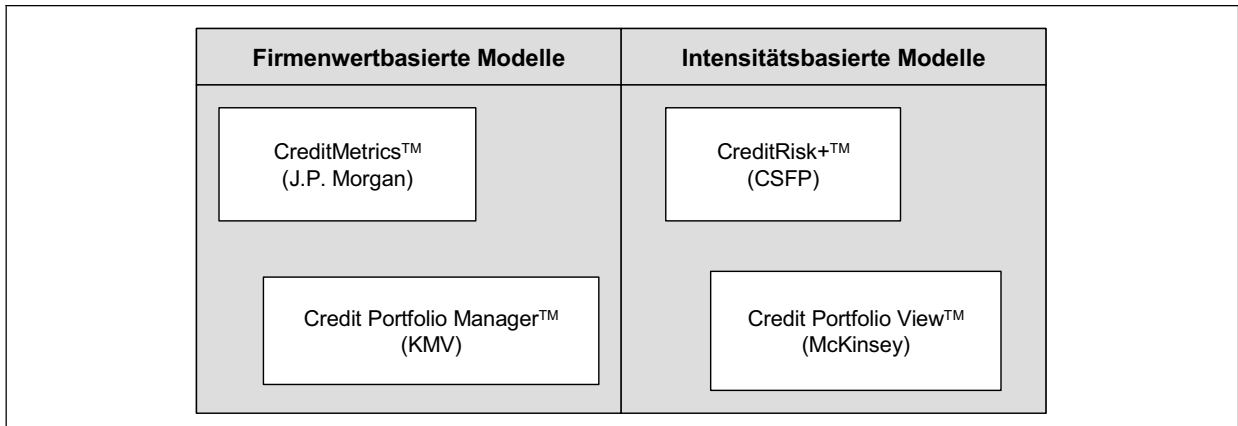


Abbildung 3.3-7: Zuordnung der kommerziellen Kreditportfoliomodelle<sup>509</sup>

### 3.3.2.1 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 aus historischen Daten geschätzten Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten bestimmt wird. Das Verfahren basiert auf (externen) Ratings und bildet Wertänderungen von Krediten und Anleihen mithilfe von Ratingänderungen des Schuldners ab. 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 kann jedoch dadurch begründet werden, dass Ratingänderungen, und in einem weiteren Schritt die Korrelationen zwischen verschiedenen Kreditnehmern, über Änderungen des Unternehmenswertes modelliert werden. Auf diese Weise werden bei diesem Modell Ausfälle kausal-analytisch durch endogen bedingte Unternehmenswertänderungen erklärt, was grundsätzlich die Zuordnung zu den Structural Models rechtfertigt.<sup>510</sup>

Aufgrund der Betrachtung von Ratingänderungen kann bei CreditMetrics™ neben dem Ausfallrisiko auch das Bonitätsrisiko betrachtet werden.<sup>511</sup> Eine Bonitätsveränderung wird dabei durch einen Wechsel des Kreditnehmers in eine andere Ratingklasse angezeigt. Daher zählt CreditMetrics™ auch zu den Migrationsmodellen zur Kreditrisikoquantifizierung.<sup>512</sup> Das Ziel dieses Portfoliomodells liegt somit in der Bestimmung des Portfoliorisikos bzw. in der Quantifizierung der Unsicherheit über den zukünftigen Portfoliowert, welcher direkt aus der Veränderung der Kreditnehmerbonität resultiert.<sup>513</sup>

<sup>509</sup> Quelle: Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 93.

<sup>510</sup> Vgl. Baule (2004), S. 38, sowie Rehm (2002), S. 134.

<sup>511</sup> Vgl. Kern (2001), S. 211.

<sup>512</sup> Siehe für einen grundlegenden migrationsbasierten Ansatz zur Kreditrisikoquantifizierung Abschnitt 4.3.

<sup>513</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 174.

CreditMetrics™ geht bei der Quantifizierung des Kreditrisikos in drei Schritten vor, wobei das Kreditrisiko abschließend durch einen VaR angezeigt wird.<sup>514</sup>

- Zuerst wird der betragsmäßige Exposure at Default (EAD) für jede Portfolioposition bestimmt. Hierbei differenziert das Modell jedoch zwischen Instrumenten deren EAD relativ stabil ist (z. B. Floating Rate Note)<sup>515</sup> und Instrumenten mit variablen EAD (z. B. Swaps und festverzinsliche Anleihen).
- In einem weiteren Schritt werden alle möglichen Wertschwankungen der einzelnen Portfoliopositionen berechnet, die aus Ratingänderungen bzw. aus einem Kreditausfall resultieren können. Hierzu wird jeder potenziellen Ratingänderung eine bestimmte Migrations- bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit 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.<sup>516</sup>
- Abschließend werden die einzelnen Volatilitäten der Einzelpositionen zu einer Portfoliovolatilität aggregiert, wobei Korrelationen zwischen den Migrationen berücksichtigt werden. Aus der Portfoliovolatilität lässt sich schließlich der VaR für einen vorgegebenen Zeithorizont bestimmen.<sup>517</sup>

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Grundaufbau von CreditMetrics™.

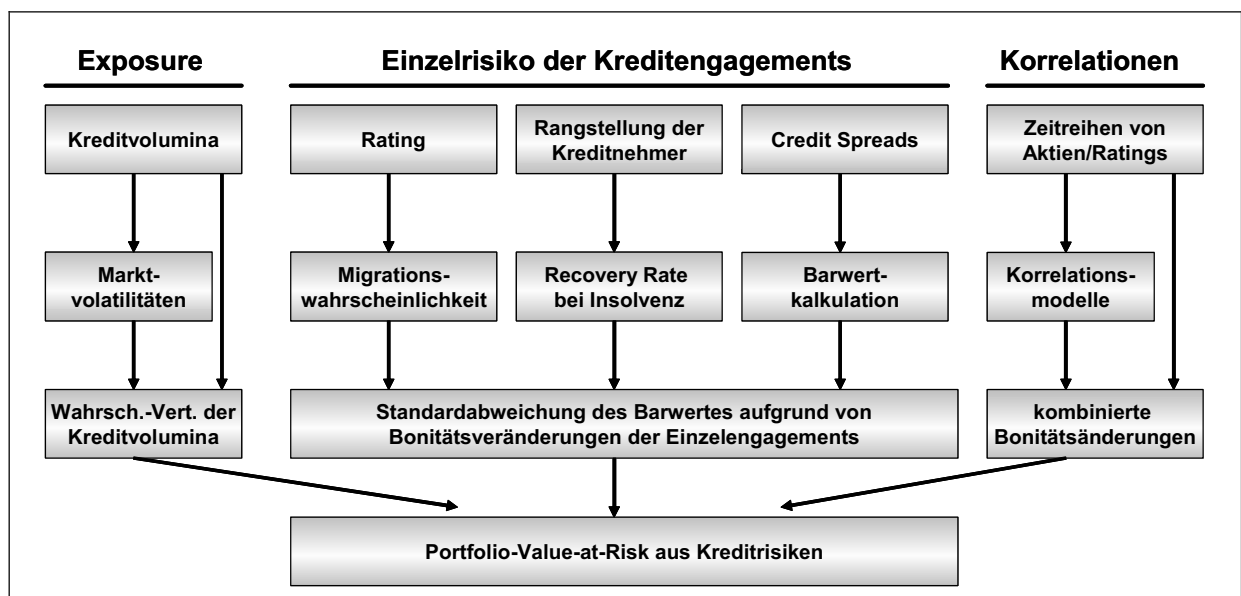


Abbildung 3.3-8: Grundaufbau von CreditMetrics™<sup>518</sup>

<sup>514</sup> Vgl. Jovic (1999), S. 137 f., sowie Schwicht/Neske (1997), S. 470.

<sup>515</sup> Die Stabilität des Credit Exposure bei Floating Rate Notes resultiert aus der Tatsache, dass sie immer nahe bei pari notieren.

<sup>516</sup> Vgl. Offermann (2001), S. 124 f.

<sup>517</sup> Vgl. Offermann (2001), S. 125.

<sup>518</sup> In Anlehnung an Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 41, sowie Bröker (2000), S. 195.



Zu den wichtigsten Inputparametern von CreditMetrics™ gehören somit:<sup>519</sup>

- Cash Flows der Einzelengagements,
- Ratingklassen der einzelnen Kredite,
- Transitions- bzw. Migrationsmatrix<sup>520</sup> mit den entsprechenden Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Ratingklassen,
- Recovery Rate im Insolvenzfall und
- risikofreie Zinsstrukturkurve sowie Credit Spreads je Ratingklasse und Laufzeit.

Die Grundvoraussetzung zur Kreditrisikobewertung mithilfe von CreditMetrics™ ist eine Transitions- bzw. Migrationsmatrix. Ratingagenturen, wie z. B. Standard & Poor's (S&P) und Moody's Investors Service (Moody's), bewerten viele Emittenten und Anleiheemissionen 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.<sup>521</sup> Wie bereits in Abschnitt 3.2.2.1.1 erläutert wurde, stellt sich auch an dieser Stelle als Problempunkt heraus, dass die Ratingagenturen überwiegend US-amerikanische Unternehmen bewerten, während die Anzahl der europäischen und deutschen Unternehmen mit einem öffentlichen Rating noch relativ gering ist. 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 schätzen.<sup>522</sup> Eine weitere Möglichkeit wäre die Überführung der internen auf öffentliche Ratings mittels Mapping<sup>523</sup> und anschließender Verwendung der veröffentlichten Transitionsmatrizen.<sup>524</sup> Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft eine einjährige Migrationsmatrix von S&P.

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	0,00	0,11	0,24	0,43	6,48	83,46	4,07	5,20
CCC	0,22	0,00	0,22	1,30	2,38	11,24	64,86	19,79

Tabelle 3.3-2: Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten (in %) innerhalb eines Jahres<sup>525</sup>

<sup>519</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 195 sowie Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 20 f.

<sup>520</sup> Die beiden Begriffe werden im Weiteren synonym verwendet.

<sup>521</sup> Vgl. Wohler (1999), S. 340 f.

<sup>522</sup> Siehe zur Schätzung von Migrationswahrscheinlichkeiten Abschnitt 4.2.3.3.4.

<sup>523</sup> Siehe zur Problematik des Mapping Abschnitt 4.2.3.3.3.

<sup>524</sup> Vgl. Kern (2001), S. 211 f.

<sup>525</sup> Quelle: Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 20.

Aus der obigen Übergangsmatrix kann am Beispiel eines mit A gerateten Bonds entnommen werden, dass der Bond mit einer Wahrscheinlichkeit von 5,52 % in die Ratingklasse BBB wechselt und zu 91,05 % in seiner Bonitätsklasse verbleibt. Ein Ausfall würde mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,06 % eintreten.

Für die Kreditrisikoquantifizierung eines einzelnen Bonds werden im nächsten Schritt die möglichen Wertveränderungen in Abhängigkeit der möglichen Ratingklassen nach einem Jahr bestimmt.<sup>526</sup> Hierfür werden als Inputdaten der Nennwert, die Restlaufzeit, ratingspezifische Forward-Zinskurven und, für einen möglichen Kreditausfall, die Recovery Rate bzw. die Verlustquote benötigt.<sup>527</sup> Fällt der Emittent des Bonds nicht aus, ermittelt sich der jeweils 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- und Rückzahlungen ( $t = 1$  bis  $t = n$ ).<sup>528</sup> Für die Barwertbestimmung werden an dieser Stelle ratingklassenspezifische Marktzinssätze verwendet, die sich aus der Kombination aus am Markt beobachtbaren risikolosen (Forward) Zinssätzen und (Forward) Credit Spreads ergeben.<sup>529</sup>

Für die Kreditrisikoquantifizierung eines einzelnen Bonds unter Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen des Kreditnehmers müssen nun die Bondwerte für jede mögliche Ratingklasse für den Zeitpunkt  $t = 1$  ermittelt werden, so dass als Ergebnis jeder Ratingklasse ein Bondwert zugeordnet werden kann. Durch die Gegenüberstellung dieser hypothetischen Bondwerte zu den Migrationswahrscheinlichkeiten ergibt sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Bondwerte. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Werte werden dabei entsprechend des jeweiligen Anfangsratings in  $t = 0$  aus der Migrationsmatrix (Tabelle 3.3-2) entnommen. Anhand dieser Verteilung können abschließend sowohl der erwartete als auch der unerwartete Verlust eines Bonds berechnet werden. Der erwartete Verlust bestimmt sich dabei durch die mit den Migrationswahrscheinlichkeiten gewichtete Summe der Bondwerte. Der unerwartete Verlust in Form eines VaR (z. B. bei einem Konfidenzniveau von 99%) wird berechnet, indem die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die hypothetischen Bondwerte, beginnend bei der höchsten Ratingklasse, so lange aufsummiert werden, bis diese kumuliert 99 % erreichen.<sup>530</sup> Der Bondwert der Ratingklasse, bei der die kumulierte Wahrscheinlichkeit 99% übersteigt, wird als minimaler Bondwert angesehen, der nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% noch unterschritten wird. Der VaR berechnet sich abschließend aus der Differenz des Erwartungswertes und dem minimalen Bondwert.

Diese Vorgehensweise kann nun auch auf eine Portfoliobetrachtung erweitert werden. Für den Fall eines Portfolios, bestehend aus zwei Titeln, verläuft die Kreditrisikomessung in Analogie zum beschriebenen Ansatz bei einer einzelnen Anleihe. Jeder der zwei Bonds weist nach Ablauf eines Jahres acht mögliche Ratingzustände auf. Für das gesamte Portfolio ergeben sich somit 64 mögliche Ratingkombinationen der zwei Anleihen, so dass für alle Möglichkeiten eine Wahrscheinlichkeit sowie ein Portfolio-

<sup>526</sup> Siehe für eine detaillierte Darstellung Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 23-33, sowie Abschnitt 4.3 für eine analoge Vorgehensweise bei der Betrachtung von Verlustbeträgen anstelle von Wertveränderungen.

<sup>527</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 26 f.

<sup>528</sup> Vgl. Ott (2001), S. 98.

<sup>529</sup> Vgl. Dunemann (2001), S. 198 f.

<sup>530</sup> Vgl. auch im Folgenden Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 31.

wert bestimmt werden müssen.<sup>531</sup> 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.<sup>532</sup> Für die Korrelationschätzung verwendet CreditMetrics<sup>TM</sup>, wie anfangs aufgezeigt, die Basisannahme der firmenwertbasierten Modelle, dass ein Unternehmen ausfällt, wenn sein Unternehmenswert unter den Wert der Verbindlichkeiten sinkt.<sup>533</sup> J.P. Morgan erweitern 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.<sup>534</sup> D. h., aufgrund der Annahme der Normalverteilung der Unternehmenswerte bzw. der Unternehmenswertrenditen lassen sich den Ratingklassen anhand der bekannten Migrationswahrscheinlichkeiten und den Quantilen der Normalverteilung Unternehmenswert- bzw. Renditeintervalle zuordnen.<sup>535</sup> 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.<sup>536</sup>

Größere Portfolios weisen jedoch das Problem auf, dass die Korrelationsmatrix zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten für eine pragmatische Lösung zu umfangreich wird.<sup>537</sup> Des Weiteren lassen sich in der Realität Unternehmenswertänderungen i. A. nicht beobachten, womit die entsprechenden Korrelationen nicht zu bestimmen sind. J.P. Morgan lösen diese beiden Probleme, indem das Modell Unternehmenswertkorrelationen durch die Verwendung von Aktienrenditekorrelationen approximiert.<sup>538</sup> Es wird ergänzend von der Annahme ausgegangen, dass die Renditen von Länder- und Branchenindizes die Aktienrenditen zum Großteil erklären. D. h., die Korrelationen der Aktienrenditen können somit auf die Korrelationen der Index-Renditen zurückgeführt werden, wodurch eine kleinere Korrelationsmatrix zur Verfügung steht, um die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten von Ratingklassenwechseln ermitteln zu können.<sup>539</sup> Diese Wahrscheinlichkeiten und die Positionswerte der jeweiligen Ratingklassen bilden zusammen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfoliowerte.

Die Quantifizierung des Portfolio-Kreditrisikos kann bei CreditMetrics<sup>TM</sup> durch die beiden Risikomaße Standardabweichung und VaR erfolgen. Während die Standardabweichung auch für größere Portfolios noch analytisch berechnet werden kann, muss bei der Berechnung des VaR ggf. auf Simulationen zu-

<sup>531</sup> Vgl. Wohlert (1999), S. 346.

<sup>532</sup> Vgl. Ott (2001), S. 100. Siehe Abschnitt 4.4.2.3.5 für eine detaillierte Darstellung der Korrelationsbehandlung bei CreditMetrics<sup>TM</sup>.

<sup>533</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 36 f.

<sup>534</sup> Vgl. Ott (2001), S. 100 f., sowie Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 37.

<sup>535</sup> Vgl. Baule (2004), S. 39 f.

<sup>536</sup> Vgl. Ott (2001), S. 101.

<sup>537</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 93.

<sup>538</sup> Vgl. Ott (2001), S. 102.

<sup>539</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 93.

rückgegriffen werden.<sup>540</sup> CreditMetrics™ verwendet hierfür eine Monte-Carlo-Simulation<sup>541</sup>, die sich schematisch mit den folgenden Schritten beschreiben lässt.<sup>542</sup>

- Für jede Portfolioposition werden pro Simulationslauf korrelierte und normalverteilte Aktienrenditen erzeugt.
- In einem weiteren Schritt werden die simulierten Renditen entsprechend den festgesetzten Schwellenwerten den jeweiligen Ratings zugeordnet (siehe Abschnitt 4.4.2.3.5). Somit wird für jede Einzelposition des Portfolios ein prognostiziertes Rating festgesetzt, so dass pro Simulationsdurchlauf eine mögliche Ratingkombination für das Gesamtportfolio ermittelt wird.<sup>543</sup> 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.<sup>544</sup>
- 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.<sup>545</sup>

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

CreditMetrics™ stellt einen Portfolioansatz 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.<sup>546</sup> 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 theoretisch in das Modell eingebunden werden, allerdings ist die Schätzung der Inputfaktoren, wie z. B. Migrationsmatrizen und Zinsstrukturkurven, schwer zu realisieren. Diese Inputfaktoren können zwar approximativ für ein internes Ratingsystem ermittelt werden, was jedoch bei einer ungenügenden Datenbasis zu einer Verschlechterung der Ergebnisqualität führen könnte.<sup>547</sup> CreditMetrics™ basiert zudem auf Migrationsmatrizen, die aufgrund ihrer Bestimmung anhand von histo-

<sup>540</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 40.

<sup>541</sup> Vgl. Wohler (1999), S. 354.

<sup>542</sup> Vgl. auch im Folgenden Heim/Balica (2001), S. 230 f.

<sup>543</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 223.

<sup>544</sup> Vgl. Wohler (1999), S. 355.

<sup>545</sup> Vgl. Heim/Balica (2001), S. 231.

<sup>546</sup> Vgl. Ott (2001), S. 102.

<sup>547</sup> Vgl. Ott (2001), S. 102-104.

rischen 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.<sup>548</sup> Trotz der genannten Kritikpunkte kann CreditMetrics™ insgesamt als ein modernes Modell zur Bestimmung des (ökonomischen) Kreditrisikos auf Portfolioebene angesehen werden, das einen Fortschritt gegenüber den herkömmlichen Verfahren darstellt.<sup>549</sup>

### 3.3.2.2 Credit Portfolio Manager™

Das Modell Credit Portfolio Manager™ (CPM) der KMV Corporation wird in die Kategorie der firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle eingeordnet und ermittelt die Ausfallwahrscheinlichkeiten für jeden einzelnen Kreditnehmer anhand eines Optionspreisansatzes, wobei das firmenwertbasierte Modell über einen Multi-Faktor-Ansatz zur Erfassung der Korrelationen in ein Portfoliomodell eingebettet wird.<sup>550</sup> Durch die individuelle Bonitätsbetrachtung unterscheidet sich CPM 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.<sup>551</sup> 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.<sup>552</sup> Auf der Einzelkreditebene verwendet das Modell als Maßzahl für die Ausfallwahrscheinlichkeit innerhalb eines Jahres die so genannte Expected Default Frequency (EDF).<sup>553</sup>

Softwareseitig besteht das Modell aus zwei Modulen, dem Credit Monitor und dem Portfolio Manager, die den zweistufigen Bewertungsvorgang eines Portfolios abbilden. Im ersten Schritt wird im Rahmen des Credit Monitor die EDF durch Schätzung des Unternehmenswertes und der entsprechenden Volatilität sowie durch die so genannte Distance to Default (DD) bestimmt. Im Portfolio Manager werden abschließend die Korrelationen im Portfoliokontext berücksichtigt.

<sup>548</sup> Vgl. Kern (2001), S. 214, sowie Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 66.

<sup>549</sup> Vgl. Wohler (1999), S. 358.

<sup>550</sup> Vgl. Baule (2004), S. 33.

<sup>551</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 44 f.

<sup>552</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 85.

<sup>553</sup> Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 142 f.

### Bestimmung der EDF

Die Bestimmung der EDF kann in drei grundlegende Schritte eingeteilt werden:<sup>554</sup>

- (1) Schätzung des Unternehmenswertes und der Unternehmenswertvolatilität.
- (2) Berechnung der Distance-to-Default.
- (3) Bestimmung der EDF.

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.<sup>555</sup> 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 sind,<sup>556</sup> während das Fremdkapital nicht oder nur teilweise am Markt gehandelt wird.<sup>557</sup> 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.<sup>558</sup> Mit diesen Werten sowie der Kenntnis des risikofreien Zinssatzes und des Wertes des Fremdkapitals lassen sich mithilfe des Optionsbewertungsmodells von BLACK und SCHOLES Gleichungen für den Unternehmenswert ( $V$ ) sowie dessen Volatilität ( $\sigma_V$ ) ableiten. Im Gegensatz zur klassischen Bestimmung des Optionspreises wird hier also ein inverses Vorgehen verwendet, indem der Preis der Option bekannt ist, und das Underlying (der Unternehmenswert) die zu berechnende Größe darstellt.<sup>559</sup>

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.<sup>560</sup> KMV hat in Untersuchungen jedoch herausgestellt, dass die Summe der gesamten Verbindlichkeiten selten dem realen Ausfall-Punkt entspricht. Vielmehr liegt diese Ausfallsschwelle zwischen den kurzfristigen und den gesamten Verbindlichkeiten. Innerhalb von CPM wird daher approximativ die Summe aus kurzfristigen Verbindlichkeiten und 50% der langfristigen Verbindlichkeiten als Wert des Fremdkapitals verwendet. Eine individuelle Vorgabe der Ausfall-Schwelle durch den Anwender ist jedoch ebenfalls möglich.<sup>561</sup>

<sup>554</sup> Vgl. Crosbie/Bohn (2003), S. 10.

<sup>555</sup> Siehe hierzu Abschnitt 3.3.1.1.

<sup>556</sup> Nicht börsennotierte Unternehmen werden bewertet, indem Daten vergleichbarer Aktiengesellschaften verwendet werden. Vgl. Offermann (2001), S. 136, sowie Estrella (2000), S. 117.

<sup>557</sup> Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 42 f.

<sup>558</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 143, sowie Hamerle (2000), S. 470.

<sup>559</sup> Vgl. Hamerle (2000), S. 470.

<sup>560</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 45.

<sup>561</sup> Vgl. Ott (2001), S. 94, sowie Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 88 f.

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.<sup>562</sup> Allgemein wird sie folgendermaßen definiert, wobei die Differenz mit der Unternehmensvolatilität normiert wird.<sup>563</sup>

$$DD = \frac{V_T - DPT}{\sigma_V} \quad (3-44)$$

Aufgrund der Annahme der Log-Normalverteilung des Unternehmenswertes bei firmenwertbasierten Modellen und der Verwendung des Optionspreismodells von BLACK und SCHOLLES ergibt sich die DD gemäß Gleichung (3-45).<sup>564</sup>

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{DPT_T}\right) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma_V^2\right) \cdot T}{\sigma_V \cdot \sqrt{T}} \quad (3-45)$$

Die DD entspricht bei dieser Betrachtung der Anzahl der Standardabweichungen, die der Unternehmenswert zum Zeitpunkt T vom Default Point entfernt ist.<sup>565</sup> Somit stellt sie ein ordinales Maß zur Kreditrisikobestimmung dar und liefert daher nicht die exakte Höhe des Kreditrisikos. Dieses von KMV entwickelte Risikomaß ist jedoch für den Vergleich des Ausfallrisikos verschiedener Unternehmen gut geeignet und kann ergänzend zur Kreditüberwachung herangezogen werden.<sup>566</sup> Abbildung 3.3-9 veranschaulicht das Risikomaß DD graphisch, wobei der Wert der Verbindlichkeiten hier vereinfacht über den Betrachtungszeitraum als konstant angenommen wird.

Anhand der DD lassen sich theoretische Ausfallwahrscheinlichkeiten (EDF) bestimmen. Im Rahmen des Credit Monitor beschränkt sich KMV jedoch auf die Angabe von empirischen Ausfallwahrscheinlichkeiten.<sup>567</sup> 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.<sup>568</sup> 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.<sup>569</sup> 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.<sup>570</sup>

$$\text{Empirische EDF} = \frac{N_D}{N} \quad (3-46)$$

<sup>562</sup> Vgl. Hamerle (2000), S. 468.

<sup>563</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 89, sowie Kassberger/Wentges (1999), S. 45.

<sup>564</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 90.

<sup>565</sup> Vgl. Altman/Saunders (1997), S. 1725.

<sup>566</sup> Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 45, sowie Hamerle (2000), S. 469.

<sup>567</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 144.

<sup>568</sup> Vgl. Kassberger/Wentges (1999), S. 45.

<sup>569</sup> Die genauen Ergebnisse dieser Untersuchung wurden von KMV jedoch nicht veröffentlicht.

<sup>570</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 144 f., sowie Spellmann (2002), S. 282 f.

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 z. B. CreditMetrics<sup>TM</sup>, verwendet werden können.<sup>571</sup>

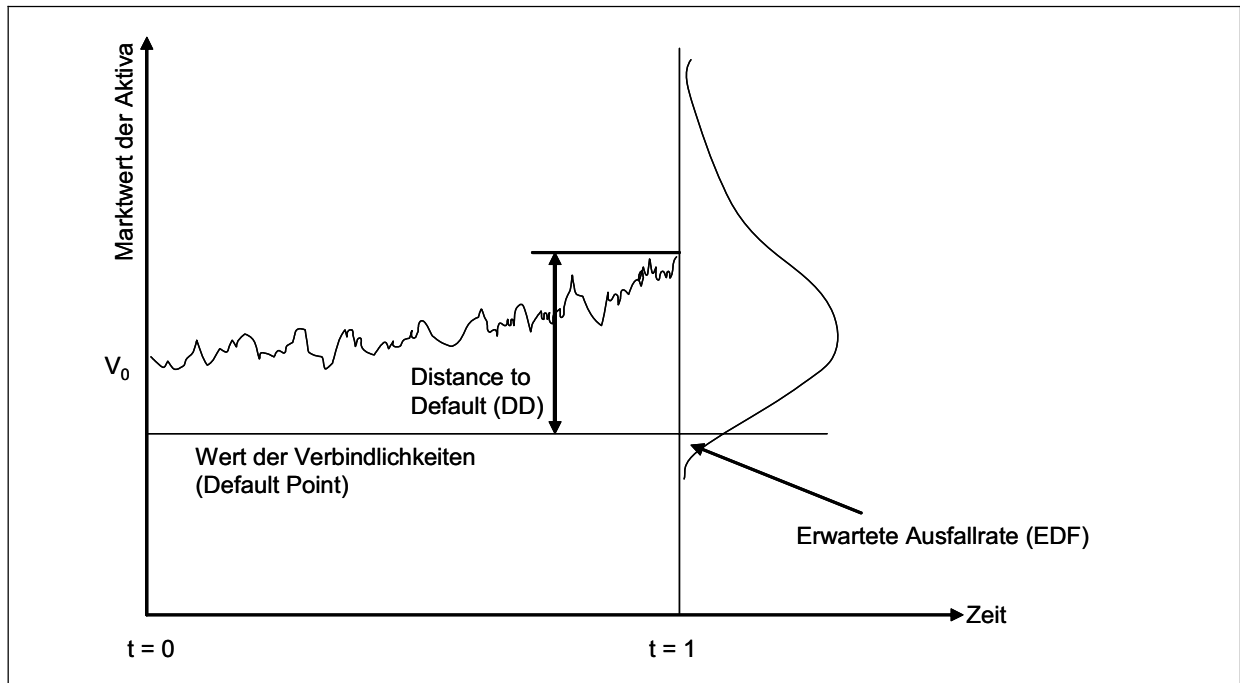


Abbildung 3.3-9: Distance-to-Default<sup>572</sup>

### Portfoliobetrachtung

Für die Berechnung des Kreditrisikos auf Portfolioebene hat KMV das Modul Portfolio Manager 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.<sup>573</sup>

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.<sup>574</sup> 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 Aktivakorrelationen für jedes Firmenpaar bestimmt werden. Als Problempunkt stellt sich hier jedoch die Anzahl der zu schätzenden Aktivakorrelationen heraus, die bei größeren Portfolios sehr hoch ist. Bereits bei 1000 Unternehmen in einem Portfolio müssten 499.500 ( $x=N \cdot (N-1)/2$ ) Korrelationen geschätzt werden.<sup>575</sup>

<sup>571</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 146.

<sup>572</sup> Quelle: Hamerle (2000), S. 469.

<sup>573</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 147.

<sup>574</sup> Vgl. auch im Folgenden Lipponer (2000), S. 47.

<sup>575</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 103.



Zur Lösung dieses Problems hat KMV im Portfolio Manager ein Faktormodell implementiert, wobei davon ausgegangen wird, dass die zur Korrelationsbestimmung approximativ verwendeten Aktivarenditen durch idiosynkratische und systematische Faktoren bestimmt werden.<sup>576</sup> Die Korrelationen zwischen den Aktivarenditen werden jedoch ausschließlich durch die systematischen Faktoren bestimmt, die alle Unternehmen gemeinsam betreffen.<sup>577</sup> Das Faktormodell bei KMV weist folgende Struktur auf:

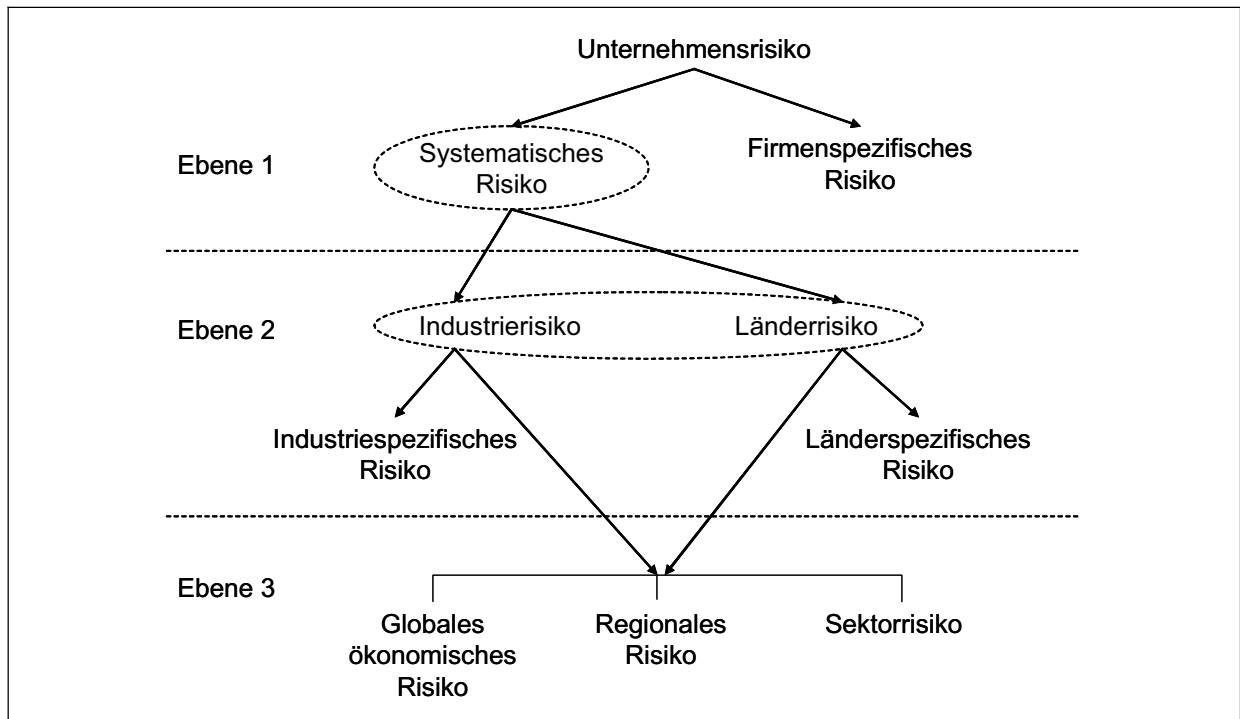


Abbildung 3.3-10: Faktormodell für die Aktivakorrelationen<sup>578</sup>

Auf der ersten Ebene wird das Unternehmensrisiko in das firmenspezifische bzw. idiosynkratische Risiko und das systematische Risiko aufgeteilt.<sup>579</sup> 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.<sup>580</sup> Mit den ermittelten Parametern bestimmt das Modell eine erwartete Verlustverteilung, anhand derer das Kreditrisiko bzw. der unerwartete Verlust des Portfolios durch einen VaR quantifiziert wird.<sup>581</sup>

Im Vergleich zu CreditMetrics<sup>TM</sup> stellt CPM ein firmenwertbasiertes Modell dar, welches vor allem durch den Vorteil der Bestimmung individueller Ausfallwahrscheinlichkeiten für jeden Kreditnehmer charakterisiert ist. Durch die relativ einfachere Möglichkeit, diese Bonitätseinschätzungen zu aktualisieren,

<sup>576</sup> Siehe Abschnitt 4.4.2.3.4 für eine weitergehende Erläuterung des Faktormodells.

<sup>577</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 48.

<sup>578</sup> Quelle: Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 106.

<sup>579</sup> Vgl. auch im Folgenden Rehm (2002), S. 148.

<sup>580</sup> Für einen Ansatz zur Herleitung siehe stellvertretend Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 103-107, sowie Lipponer (2000), S. 47-50.

<sup>581</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 148.

können bei CPM Bonitätsveränderungen der Schuldner grundlegend besser erfasst werden. Als weiterer Vorteil kann festgehalten werden, dass CPM die Ausfallwahrscheinlichkeiten nicht direkt durch einen Optionspreisansatz bestimmt, sondern anhand der sich daraus ergebenden DD empirische PD aus historischen Daten ermittelt. Diese Vorgehensweise führt dazu, dass die historischen Ausfallraten einen in Ansätzen relativ besseren Schätzer für die PD ergibt, da bei der reinen PD-Bestimmung über einen Optionspreisansatz der Kritikpunkt besteht, dass die hierzu benötigte Bestimmung des Unternehmenswertes über Aktienkurse aufgrund von Marktunvollkommenheiten zu Schätzfehlern bei der PD führen kann.<sup>582</sup> Als Nachteil von CPM kann jedoch der den firmenwertbasierten Ansätzen inhärente Nachteil aufgezeigt werden, dass die Anwendung dieses Modells hauptsächlich für börsennotierte Unternehmen geeignet ist.

### 3.3.2.3 Credit Portfolio View™

Credit Portfolio View™ (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 Größen<sup>583</sup> und spezifischer Länder- und Branchenabhängigkeiten (Sektorendiversifikation), wobei von der Annahme ausgegangen wird, dass bei einem gut diversifizierten Portfolio die Schwankungen der Ausfallraten sowie der Migrationen der Kreditnehmer zum Großteil durch die Entwicklung der makroökonomischen Größen erklärt werden können.<sup>584</sup> Allgemein wird daher die Prämisse aufgestellt, dass die Ausfall- sowie die Migrationswahrscheinlichkeiten von der wirtschaftlichen Entwicklung abhängen, was dazu führen müsste, dass die tatsächlichen Ausfallraten bei einer Expansion unter und bei einer Rezession über den zeitlichen Durchschnittswerten der Migrationsmatrizen liegen.<sup>585</sup> Der grundlegende Aufbau von CPV wird in der Abbildung 3.3-11 schematisch dargestellt.

Die Quantifizierung des Kreditrisikos wird bei CPV anhand von zwei Komponenten durchgeführt. Im Rahmen der ersten Komponente wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der EAD der Kreditnehmer ermittelt. Die EAD-Berechnung von am Markt handelbaren Positionen erfolgt analog zu CreditMetrics™ durch die Diskontierung der noch ausstehenden Zahlungen durch ratingspezifische Zinsstrukturkurven. EAD nicht-handelbarer Titel werden durch die Diskontierung der zukünftigen potenziellen Verluste auf den Betrachtungszeitpunkt bestimmt. Die dem Modell zugrunde liegende (unkorrelierte) Migrationsmatrix muss vom Benutzer des Modells bereitgestellt werden.<sup>586</sup>

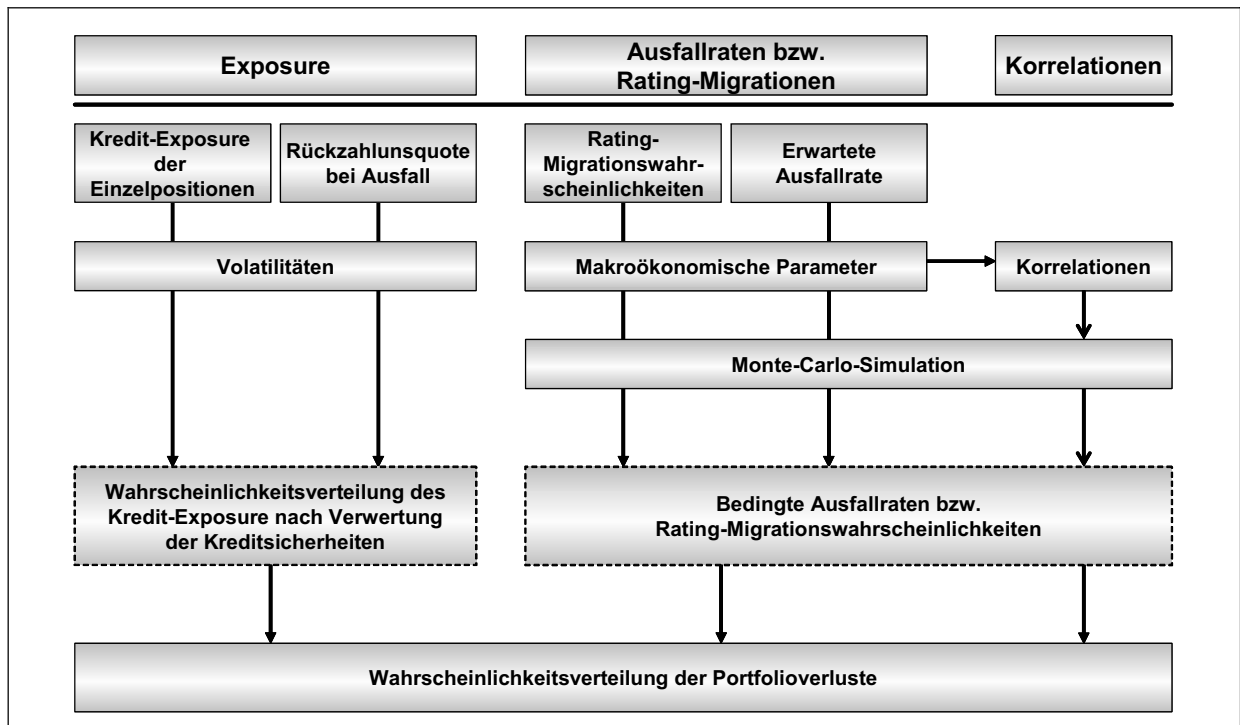
<sup>582</sup> Vgl. Wehrspohn (2002b), S. 107 f.

<sup>583</sup> Zu diesen Größen gehören beispielsweise die Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts, Arbeitslosenquote, langfristiges Zinsniveau etc.

<sup>584</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 181.

<sup>585</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 182.

<sup>586</sup> Vgl. Kern (2001), S. 217; Schierenbeck (2003b), S. 181 f., sowie Spellmann (2002), S. 316.

Abbildung 3.3-11: Aufbauschema von Credit Portfolio View<sup>TM 587</sup>

Die zweite Komponente umfasst die Bestimmung von sektorspezifischen bedingten Ausfallraten bzw. 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.<sup>588</sup> Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste wird abschließend durch die Zusammenführung der beiden Komponenten ermittelt.<sup>589</sup>

Die Vorgehensweise innerhalb der zweiten Komponente kann grundlegend in drei Schritte unterteilt werden.<sup>590</sup> Im ersten Schritt werden potenzielle makroökonomische Zustände simuliert, indem auf Basis von Daten aus den Vorperioden zukünftige Ausprägungen von makroökonomischen Variablen für jedes Segment bzw. für jeden Sektor (z. B. Land oder Industrie) geschätzt werden.<sup>591</sup> Anschließend wird in einem zweiten Schritt ein segmentspezifischer Index als Funktion der im ersten Schritt geschätzten makroökonomischen Einflussfaktoren bestimmt, der anschließend über eine Logit-Funktion<sup>592</sup> in eine segmentspezifische Ausfallwahrscheinlichkeit überführt wird.<sup>593</sup>

<sup>587</sup> Quelle: Schierenbeck (2003b), S. 181.

<sup>588</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 151.

<sup>589</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 182.

<sup>590</sup> Für eine detaillierte und analytische Darstellung der Korrelationsbetrachtung in CPV siehe Abschnitt 4.4.2.4.3.

<sup>591</sup> Vgl. Wilson (1997), S. 114 sowie Schierenbeck (2003b), S. 184.

<sup>592</sup> 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.

<sup>593</sup> Vgl. Wilson (1997), S. 112.

CPV benötigt für die Bestimmung der Verlustverteilung die Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten der jeweiligen Kreditnehmer. Als Inputparameter werden daher zunächst beispielsweise die (unabhängigen) Migrationsmatrizen öffentlicher Ratingagenturen verwendet. Die von Ratingagenturen veröffentlichten Migrationsmatrizen stellen dabei jedoch historische Durchschnittswerte mehrerer Konjunkturzyklen und verschiedener Industriesektoren dar, und weisen somit keinerlei Abhängigkeiten vom jeweiligen (aktuellen) Zustand der Ökonomie auf. 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 die Simulation ermittelten segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten.

Somit erhält man als Ergebnis der zweiten Komponente korrelierte Migrationsmatrizen, die den makroökonomischen Zustand berücksichtigen. Anhand der aus der ersten Komponente ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilung der EAD kann letztendlich die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Portfoliowertes bzw. der Portfolioverluste bestimmt werden. Das Kreditrisiko kann abschließend durch einen VaR ermittelt werden, wobei für die Recovery Rates zufällige Rückzahlungsquoten verwendet werden, die aus einer auf historischen Erfahrungen basierenden Verteilung unabhängig gezogen werden.<sup>594</sup>

#### 3.3.2.4 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.<sup>595</sup> 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 „Ausfall“ oder „Nicht-Ausfall“ annehmen. Der Default-Zustand tritt dabei mit einer Wahrscheinlichkeit von PD ein, während eine vertragskonforme Kreditbedienung mit der Wahrscheinlichkeit  $1-PD$  (= SP) zu erwarten ist.<sup>596</sup> 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.<sup>597</sup> Das Modell zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass es mit sehr wenigen Inputdaten auskommt. Für die Ermittlung des unerwarteten Verlustes werden lediglich der EAD und die Recovery Rate bzw. die Verlustquote der einzelnen Kreditnehmer sowie die erwartete Ausfallrate und deren Volatilität benötigt.<sup>598</sup> Abbildung 3.3-12 veranschaulicht dies ergänzend anhand des schematischen Aufbaus von CreditRisk+™.

<sup>594</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 62.

<sup>595</sup> Vgl. Gaal/Plank (1998), S. 76.

<sup>596</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 107.

<sup>597</sup> Vgl. Kretschmer (1999), S. 367.

<sup>598</sup> Vgl. Wilde (1997), S. 11.

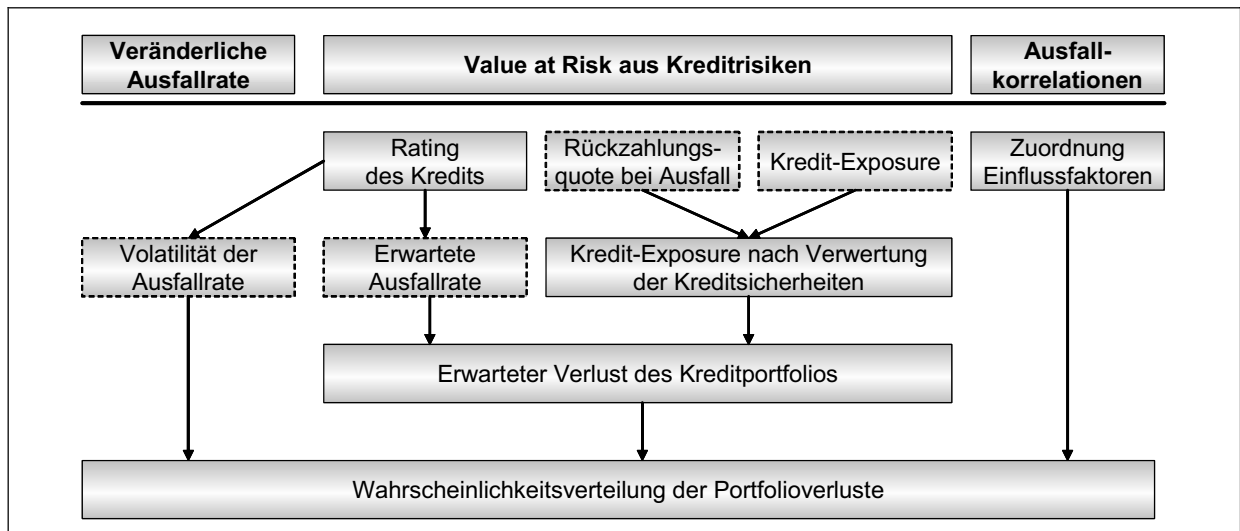


Abbildung 3.3-12: Aufbauschema von CreditRisk+™<sup>599</sup>

In der Abbildung 3.3-12 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.<sup>600</sup> Die zu erwartende Anzahl der Kreditausfälle für ein Portfolio, bestehend aus  $N$  Krediten, ergibt sich aus der Summe der erwarteten Ausfallraten je Kreditnehmer.  $\mu$  bezeichnet hierbei die erwartete Anzahl an Kreditausfällen und  $p_i$  die erwartete Ausfallrate des Kreditnehmers  $i$ .

$$\mu = \sum_{i=1}^N p_i \quad (3-47)$$

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 darüber getroffen werden können, mit welcher Wahrscheinlichkeit nicht mehr als eine bestimmte Anzahl von Krediten ausfallen wird.<sup>601</sup> 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.<sup>602</sup> Die Wahrscheinlichkeiten der Kreditausfälle lassen sich unter Berücksichtigung der unterstellten Poissonverteilung gemäß Gleichung (3-48) bestimmen, wobei  $W_n$  die Wahrscheinlichkeit für  $n$  Kreditherausfälle bezeichnet.<sup>603</sup>

<sup>599</sup> Quelle: Schierenbeck (2003b), S. 161.

<sup>600</sup> Vgl. auch im Folgenden Bröker (2000), S. 91.

<sup>601</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 162-164.

<sup>602</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 165.

<sup>603</sup> Diese Wahrscheinlichkeitsfunktion der Poissonverteilung hängt lediglich von dem Parameter  $\mu$  ab und ist somit unabhängig von der Anzahl der Credit-Exposure.

$$W_n = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^n}{n!} \quad (3-48)$$

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 EAD 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.<sup>604</sup> Daher bildet CreditRisk+™ die Volumenstruktur des Portfolios ab, indem die EAD, reduziert um ihre jeweilige Verlustquote (LGD), in Größenklassen, so genannte Exposure-Bänder, eingeteilt werden.<sup>605</sup>

Hierzu werden für jeden Kreditnehmer die  $LGD_i$  und der erwartete Verlust ( $EL_i = LGD_i \cdot PD_i$ ) auf eine portfolioindividuelle Basiseinheit BL des potenziellen Verlustes bezogen:<sup>606</sup>

$$v_i = \frac{LGD_i}{BL} \quad \text{und} \quad \varepsilon_i = \frac{EL_i}{BL} \quad (3-49)$$

Wie aus Tabelle 3.3-3 zu entnehmen ist, wird der als Multiplikator interpretierbare Parameter  $v_i$  ( $LGD_i = BL \cdot v_i$ ) auf die jeweils nächste ganze Zahl gerundet, so dass die  $LGD_i$  näherungsweise als ganzzahliges Vielfaches der Basiseinheit ausgedrückt werden kann.

Kreditnehmer	Exposure LGD <sub>i</sub>	Exposure in 100.000€ v <sub>i</sub>	gerundeter, auf BL normierter Exposure v <sub>j</sub>	Exposure Band 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 3.3-3: Einteilung der Kreditnehmer in Exposure-Bänder<sup>607</sup>

In Abhängigkeit von der gewählten Basiseinheit werden nun die Kreditnehmer mit dem identischen Wert von  $v_j$  einem Exposure-Band j zugeordnet. Der durchschnittliche  $LGD_j$  der verschiedenen Bänder bestimmt sich allgemein aus dem Produkt von BL (100.000 €) und dem Exposure-Band j.<sup>608</sup> CreditRisk+™ betrachtet die einzelnen Exposure-Bänder als unabhängige Portfolios und unterstellt bei

<sup>604</sup> Vgl. Kretschmer (1999), S. 368.

<sup>605</sup> Vgl. Schierenbeck (2003b), S. 166.

<sup>606</sup> Vgl. auch im Folgenden Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

<sup>607</sup> In Anlehnung an Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 110.

<sup>608</sup> Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

allen Kreditnehmern eines Exposure-Bandes einen annähernd identischen LGD. Auf diese Weise kann für jedes Band wiederum die Poissonverteilung angenommen werden.<sup>609</sup>

Jedes Exposure-Band wird somit durch den auf BL normierten und gerundeten LGD ( $v_j$ ), durch den in Einheiten von BL ausgedrückten erwarteten Verlust ( $\varepsilon_j$ ) und durch die erwartete Anzahl von Kreditausfällen der entsprechenden Größenklasse  $j$  charakterisiert, so dass folgende Beziehung zwischen den Größen besteht.<sup>610</sup>

$$\varepsilon_j = v_j \cdot \mu_j \quad (3-50)$$

Unter Berücksichtigung der Gleichung (3-48) ergibt sich:

$$\mu_j = \frac{\varepsilon_j}{v_j} = \sum_{l:v_l=v_j} \frac{\varepsilon_l}{v_l} \quad (3-51)$$

Für das gesamte Portfolio ergibt sich die erwartete Anzahl an Kreditausfällen aus der Summe der erwarteten Kreditausfälle aller Exposure-Bänder.<sup>611</sup>

$$\mu = \sum_{j=1}^m \mu_j = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_j}{v_j} \quad (3-52)$$

Die Wahrscheinlichkeit erzeugende Funktion ( $G_j(z)$ ) für die Ausfallverluste eines Exposure-Bandes  $j$ , unter der Annahme, dass die Anzahl der Ausfälle einem Poisson-Prozess folgt, ergibt sich gemäß Gleichung (3-53).<sup>612</sup>

$$G_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\mu_j^n \cdot e^{-\mu_j}}{n!} \cdot z^{n \cdot v_j} = e^{\mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)} \quad (3-53)$$

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.

$$G(z) = \prod G_j(z) = \prod_{j=1}^m e^{\mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)} = e^{\sum_{j=1}^m \mu_j \cdot (z^{v_j} - 1)} \quad (3-54)$$

Die Verteilungsfunktion für die Wahrscheinlichkeit eines Verlustes von ( $n \cdot BL$ ) bzw. von  $n$  Basiseinheiten kann anschließend durch die folgende Gleichung abgeleitet werden.<sup>613</sup>

$$W(\text{Verlust} = n \cdot BL) = \frac{1}{n!} \cdot \left. \frac{\partial^n G(z)}{\partial z^n} \right|_{z=0} \quad (3-55)$$

<sup>609</sup> Vgl. Wilde (1997), S. 19, sowie Kretschmer (1999), S. 369.

<sup>610</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 111.

<sup>611</sup> Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 294.

<sup>612</sup> Vgl. auch im Folgenden Cossin/Pirotte (2001), S. 295.

<sup>613</sup> Für eine formale Herleitung siehe Wilde (1997), S. 35-38.

Mithilfe der Gleichung (3-55) kann letztendlich der unerwartete Kreditverlust des Portfolios durch einen VaR bestimmt werden.<sup>614</sup>

Im Folgenden wird die Annahme der im Zeitablauf konstanten Ausfallraten sowie die Unabhängigkeit der Kreditnehmer respektive EAD aufgehoben und auf die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste kurz eingegangen.<sup>615</sup>

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 wird.<sup>616</sup> 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.<sup>617</sup>

Die Schwankungen der Ausfallraten lassen sich auf bestimmte Einflussfaktoren zurückführen. CreditRisk+<sup>TM</sup> unterscheidet bei diesen Faktoren generell zwischen spezifischen und systematischen Einflussfaktoren.<sup>618</sup> 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+<sup>TM</sup> 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. Alle Kreditnehmer, deren Ausfallratenschwankung eng mit einem einzigen Einflussfaktor (z. B. Baukonjunktur) zusammenhängen, werden zu einem Hintergrundsektor<sup>619</sup> (z. B. Sektor Bauwirtschaft) zusammengefasst.<sup>620</sup> 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  $\rho = +1$  korrelieren, und die verschiedenen Hintergrundfaktoren sollten unabhängig voneinander sein ( $\rho = 0$ ). Die Sektorenbildung und die Korrelationen zwischen den Kreditnehmern und zwischen den Hintergrundfaktoren werden in Abbildung 3.3-13 aufgezeigt.

<sup>614</sup> Vgl. Cossin/Pirotte (2001), S. 295.

<sup>615</sup> Für eine formale Betrachtung von stochastischen Ausfallraten siehe Wilde (1997), S. 41-49.

<sup>616</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 98.

<sup>617</sup> Vgl. Kretschmer (1999), S. 370 f.

<sup>618</sup> Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2003b), S. 171 f.

<sup>619</sup> Die Einteilung des Portfolios erfolgt überwiegend in Länder- und Branchensektoren.

<sup>620</sup> Vgl. Kretschmer (1999), S. 371.



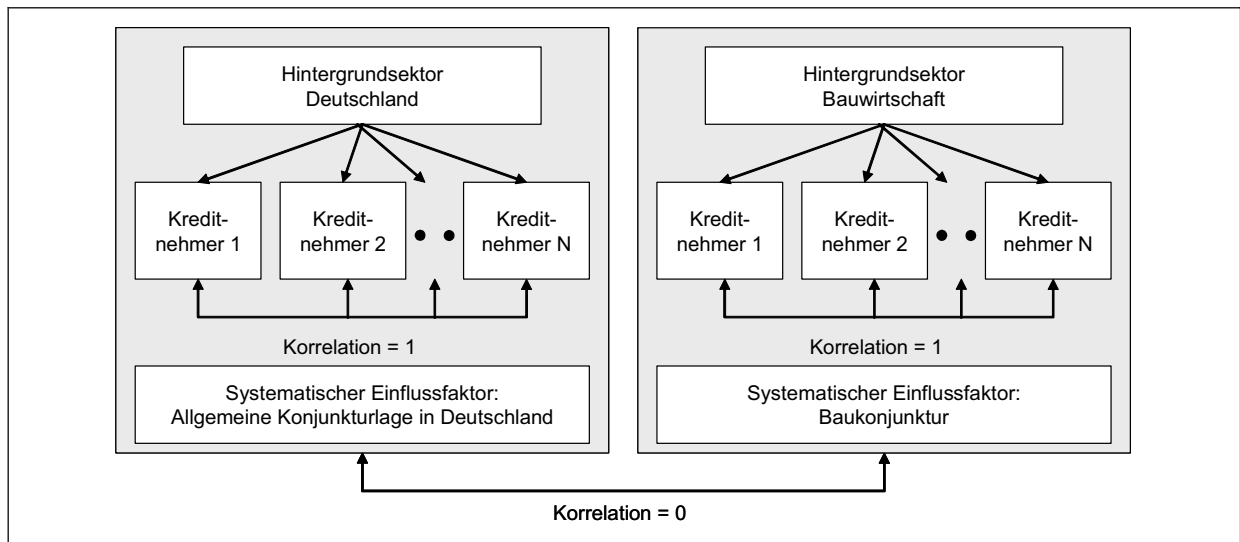


Abbildung 3.3-13: Bildung von Hintergrundsektoren eines idealtypischen Portfolios<sup>621</sup>

Für den Fall, dass die Schwankung der Ausfallrate eines Kreditnehmers nicht nur von einem, sondern von mehreren Einflussfaktoren abhängt, bietet CreditRisk+<sup>TM</sup> die Möglichkeit, den Kreditnehmer volumemäßig auf mehrere Sektoren aufzuteilen.<sup>622</sup> 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+<sup>TM</sup> die Auswirkungen von Ausfallkorrelationen berücksichtigt, ohne dass diese direkt ermittelt bzw. geschätzt werden müssen, da sie implizit über die Sektorenbildung in das Modell eingehen.<sup>623</sup>

Ein grundlegender Vorteil des beschriebenen Modells liegt in der geringen Anforderung an die benötigten Inputdaten. Die vier Inputparameter EAD, erwartete LGD im Insolvenzfall, die erwartete Ausfallrate und deren Volatilität lassen sich durch Zeitreihenanalysen und von den Banken vorgenommenen Risikoeinstufungen der einzelnen Kreditnehmer ermitteln.<sup>624</sup> Zusätzlich basiert CreditRisk+<sup>TM</sup> 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.<sup>625</sup>

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 Kreditmitteln, die am Markt gehandelt werden und für die Marktpreise existieren. Daher eignet sich CreditRisk+<sup>TM</sup> eher für klassische Kreditportfolios oder so genannte Buy-and-Hold-Portfolios, bei denen Bonitätsveränderungen für den Anwender nicht von Interesse sind.<sup>626</sup>

<sup>621</sup> Quelle: Schierenbeck (2003b), S. 172.

<sup>622</sup> Vgl. auch im Folgenden Schierenbeck (2003b), S. 171 f.

<sup>623</sup> Siehe Abschnitt 4.4.2.4.2 für eine detaillierte Darstellung der Korrelationsbetrachtung bei CreditRisk+<sup>TM</sup>.

<sup>624</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 124.

<sup>625</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 125.

<sup>626</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 160.

### 3.3.2.5 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.<sup>627</sup>

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.<sup>628</sup> 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 Credit Portfolio Manager™ von KMV betrachtet neben den reinen Kreditausfällen ebenfalls Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer. Es ermittelt jedoch im Gegensatz zu CreditMetrics™ unternehmensindividuelle Ausfallwahrscheinlichkeiten anhand eines Optionspreisansatzes und spezifiziert damit das Kreditrisiko weiter auf der mikroökonomischen Ebene.<sup>629</sup> 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 ähnlich zu CreditMetrics™, wobei im Credit Portfolio Manager™ 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, deren Kreditnehmer überwiegend aus börsennotierten Unternehmen bestehen.

Das intensitätsbasierte Modell Credit Portfolio View™ basiert wie CreditMetrics™ auf einem Rating-Migrationsansatz und baut auf einer Monte-Carlo-Simulationen auf. Die Korrelationen zwischen den einzelnen Schuldnern 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 einsetzen lässt, die eindeutig bestimmten Segmenten, wie z. B. Ländern oder Branchen, zugeordnet werden können.

CreditRisk+™ verwendet im Gegensatz zu den firmenwertbasierten Modellen einen analytischen, aus der Versicherungsmathematik stammenden Ansatz. Es stellt von den betrachteten Modellen den einzi-

<sup>627</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 161.

<sup>628</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 64.

<sup>629</sup> Vgl. Rehm (2002), S. 161.

gen 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.

	<b>CreditMetrics™</b>	<b>Credit Portfolio Manager™</b>	<b>Credit Portfolio View™</b>	<b>CreditRisk+™</b>
<b>Risikodefinition</b>	Marktwertänderung	Ausfallverlust	Marktwertänderung	Ausfallverlust
<b>Risikotreiber</b>	Vermögenswert	Vermögenswert	makroökonomische Faktoren	erwartete Ausfallrate
<b>Recovery Rates / LGD</b>	modellendogen	stochastisch	stochastisch	konstant
<b>Korrelationen</b>	Aktienkurskorrelationen	Aktienkurskorrelationen	Abhängigkeit von denselben makroökonomischen Faktoren	Zugehörigkeit zu denselben Sektoren
<b>Liquidität der Portfolio-positionen</b>	liquide Portfolios	vor allem liquide Portfolios	Integration liquider und illiquider Portfolios	vor allem illiquide Portfolios
<b>Umfang der Datenanforderungen</b>	relativ hoch	relativ hoch	relativ hoch	relativ gering
<b>Portfoliostruktur</b>	Anleihen mit einem externen Rating	Anleihen und Kredite börsennotierter Unternehmen	konjunktursensible Produkte	vor allem Kreditpositionen im Bankbuch
<b>Zuordnung der Ausfallraten</b>	Rating	schuldnerindividuelle, optionstheoretische Betrachtung	Rating/Scoring, Branche, Regionen, BIP	internes Rating/Scoring
<b>Rechenmethodik</b>	Monte-Carlo-Simulation	analytischer Ansatz	Monte-Carlo-Simulation	analytischer Ansatz

Tabelle 3.3-4: Vergleich der (kommerziellen) Kreditportfoliomodelle<sup>630</sup>

### 3.3.3 Auswirkungen von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung der Banken

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die regulatorischen und die ökonomischen (internen) Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung weitgehend losgelöst voneinander dargestellt und diskutiert. Dieses Vorgehen kann prinzipiell dadurch nachvollzogen bzw. begründet werden, dass Banken unter Berücksichtigung der Rahmenvereinbarung von Basel I die beiden Bereiche relativ unabhän-

<sup>630</sup> In Anlehnung an Bröker/Lehrbass (2001), S. 10, Rehm (2002), S. 164, sowie Baule (2004), S. 59.

gig voneinander betrachten können. Die alte Eigenkapitalvereinbarung hat dabei eher einen indirekten Einfluss auf die interne Kreditrisikobehandlung der Banken, indem durch die aufsichtsrechtlichen Regelungen das regulatorisch vorzuhaltende Risikodeckungskapital der Banken grundlegend determiniert wird.<sup>631</sup> Trotz dieser aufsichtsrechtlichen Nebenbedingung können Banken, in Angesicht von Basel I, Methoden und Modelle zur Kreditrisikoquantifizierung und -steuerung sowie zur internen Eigenkapitalallokation unter rein ökonomischen Gesichtspunkten entwickeln und einsetzen.

Die neue Eigenkapitalvereinbarung Basel II weist dagegen eine wesentlich weiter reichende und direktere Einflussnahme auf die interne Kreditrisikobetrachtung auf. Der Hauptgrund dafür besteht in der Forderung der Bankenaufsicht, dass das der neuen Eigenkapitalvereinbarung (im Falle der IRB-Ansätze) zugrunde liegende Ratingsystem nicht nur zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals eingesetzt werden darf, sondern zusätzlich auch einen hohen Stellenwert beim Risikomanagement, der internen Eigenkapitalallokation sowie bei der Unternehmenssteuerung einnehmen muss. Durch diese Anforderung können Banken ihre Methoden und Modelle nicht mehr vollständig losgelöst von den regulatorischen Anforderungen entwickeln und einsetzen, sondern müssen ihre weiterführenden Verfahren, wie z. B. ein internes Kreditrisikomodell, zumindest teilweise auf den geforderten (internen) Ratingssystemen aufsetzen.

Bei der grundsätzlichen Betrachtung der Auswirkungen von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung muss jedoch zwischen den Banken zum einen in Bezug auf die Wahl des Ansatzes zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals und zum anderen in Bezug auf den Entwicklungsstand des internen Risikomanagements differenziert werden. Beide Bereiche können an dieser Stelle jedoch nicht gänzlich unabhängig voneinander betrachtet werden, da sie prinzipielle Interdependenzen aufweisen.

Die Beeinflussung der internen Kreditrisikobehandlung kann bei Banken, die sich für den Standardansatz entscheiden, im Allgemeinen als relativ gering erachtet werden. Ähnlich wie bei Basel I können die externen Bonitätsurteile hier ausschließlich für die Bestimmung des regulatorischen Kapitals verwendet werden, da der Baseler Ausschuss von den Banken nicht fordert, die externen Ratings als Basis für fortgeschrittene Verfahren im Bereich des Kreditrisikomanagements zu verwenden. D. h. bei einer theoretischen Betrachtung wären diese Banken frei in der Entscheidung für die Entwicklung und Verwendung von Methoden und Modellen z. B. für die Kreditrisikosteuerung und das Pricing sowie für die interne Eigenkapitalallokation. An dieser Stelle muss jedoch aus einem praktischen Blickwinkel berücksichtigt werden, ob die Banken bereits über ein hoch entwickeltes Risikomanagement verfügen. Kleine Banken, die bislang in diesem Bereich weniger weit entwickelt sind, werden daher diese Freiheiten bei der internen Risikobehandlung nicht ausnutzen, da ihnen sowohl die Ressourcen als auch das Know-how für die Entwicklung und Implementierung fortschrittlicher Verfahren fehlen dürften. Im schlechtesten Fall konditionieren diese Banken ihre Kredite bislang noch risikoundifferenziert, so dass sich die Verwendung der externen Bonitätseinschätzungen im Rahmen des internen Risikomanagements – trotz der in Europa vorhandenen Ratinglücke – sogar anbieten könnte, um zumindest eine geringe Risikodifferenzierung der Kreditkonditionen zu erreichen und damit das Problem der Quersubventionierung

---

<sup>631</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 94.

der schlechten Kreditnehmer zu verringern.<sup>632</sup> Der gegensätzliche Fall, dass sich eine sophistische Bank für den Standardansatz entscheidet, kann prinzipiell als sehr unwahrscheinlich angesehen werden. Zum einen ist mit dem Standardansatz i. d. R. eine höhere regulatorische Eigenkapitalanforderung verbunden als bei dem fortgeschrittenen Ansatz von Basel II, und zum anderen verfügen diese Banken häufig bereits über interne Ratingsysteme, welche ggf. sogar schon den Anforderungen der neuen Eigenkapitalvereinbarung entsprechen oder ggf. lediglich modifiziert und somit nicht neu erstellt werden müssen. Vor allem der erstgenannte Punkt sowie Reputationsgründe dürften daher die Banken mit einem fortschrittlichen Risikomanagement dazu bewegen, einen der beiden internen Ratingansätze einzuführen.<sup>633</sup> Aber selbst für den hypothetischen Fall, dass eine solche Bank den Standardansatz verwenden würde, bleibt es fraglich, ob die zu Beginn dieses Abschnittes aufgezeigte allgemeine Freiheit im Bereich der Entwicklung interner Modelle bei Verwendung des Standardansatzes wirklich gegeben ist. Wesentlich wahrscheinlicher wird es sein, dass die Bankenaufsicht eine solche Konstellation nicht hinnehmen wird und die Banken zum Umsteigen auf einen der internen Ansätze zwingen wird.<sup>634</sup>

Für Banken, die einen der beiden IRB-Ansätze wählen, stellt sich die Beeinflussung der internen Kreditrisikobehandlung durch Basel II, wie zu Beginn dieses Abschnittes erläutert, etwas umfangreicher dar. Im Gegensatz zur Verwendung des Standardansatzes müssen die Banken nun berücksichtigen, dass das für die aufsichtsrechtlichen Zwecke entwickelte interne Ratingsystem auch die Basis für die weiteren Systeme im internen Kreditrisikomanagement darstellen muss, so dass eine vollständig freie Wahl der internen Modelle nicht mehr gegeben ist. Vielmehr werden die Banken ihre internen Kreditrisikomodelle zur Quantifizierung ihrer Portfoliorisiken ggf. anpassen, damit sie auf den internen Ratingsystemen bzw. aus den daraus resultierenden Risikoparameterschätzungen basieren. Das Ausmaß der Auswirkungen bzw. das Ausmaß der Reaktionen der Banken auf Basel II steht jedoch auch hier wiederum in Abhängigkeit zum Entwicklungsstand des internen Kreditrisikomanagements. Banken, die über ein weniger weit entwickeltes Risikomanagement verfügen, werden voraussichtlich den jeweils gewählten IRB-Ansatz auch weiter in ihr internes Risikomanagement integrieren bzw. sogar vollständig übernehmen. D. h., für diese Banken kann die Verwendung des Basel II zugrunde liegenden Modells für das interne Kreditrisikomanagement als eine Verbesserung in Bezug auf die bislang vorgenommene Kreditrisikobehandlung angesehen werden, so dass die Kreditrisikosteuerung sowie die Allokation des Risikokapitals anhand der Maßzahl des regulatorisch quantifizierten Kreditrisikos erfolgt. Dieser Fall wird überwiegend auf kleine und mittlere Banken zutreffen, die durch die Verwendung des regulatorischen Modells zur internen Kreditrisikobehandlung Kosten einzusparen versuchen, indem sie nicht parallel neben den aufsichtsrechtlichen Anforderungen noch weitere interne Modelle entwickeln und implementieren.

Bei sophistizierten Banken wird sich die Beeinflussung etwas geringer auswirken. Zwar gibt Basel II auch diesen Banken die beiden Nebenbedingungen in Form des zugrunde liegenden Ratingsystems und der Festlegung des aufsichtsrechtlich vorzuhaltenden Risikokapitals vor, allerdings werden sich

<sup>632</sup> Siehe zur Problematik der Quersubventionierung und der risikodifferenzierenden Konditionenpolitik Abschnitt 2.1.3.

<sup>633</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 100.

<sup>634</sup> Vgl. Ferry (2005), S. 9.

diese Banken voraussichtlich weiter auf ihre eigenen und weiterentwickelten internen Verfahren zur Berechnung und Verteilung des ökonomischen Kapitals orientieren. Sie werden daher ihre bereits vorhandenen Kreditrisikomodelle weiter verwenden, insofern diese in der Lage sind, die im Rahmen von Basel II zu schätzenden Inputparameter aufzunehmen. Eine Auswirkung von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung kann somit in der Angleichung der Schätzverfahren für die aufsichtsrechtlichen und auch intern verwendeten Risikoparameter PD, EAD und LGD angesehen werden. D. h., es kann davon ausgegangen werden, dass die Banken die Risikoparameter gemäß den regulatorischen Anforderungen schätzen und diese dann als Inputparameter in ihren internen Kreditrisikomodellen verwenden.<sup>635</sup> Wie bereits angedeutet wurde, müssten diese Banken ggf. Modifikationen an ihren internen Kreditrisikomodellen vornehmen, um die vorgegebenen Risikoparameter verwenden zu können. Im schlechtesten Fall könnte dieser Punkt sogar bedeuten, dass sophistische Banken auf eine andere Kategorie von Kreditrisikomodellen umsteigen müssten. Dieser Punkt wird im folgenden Abschnitt 3.4 kurz betrachtet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich kleinere Banken voraussichtlich auf den Standard- oder den Basisansatz von Basel II festlegen werden. In Abhängigkeit des Entwicklungsstandes ihres Risikomanagements werden diese Banken teilweise soweit von Basel II beeinflusst, als dass sie gar kein internes Risikomanagement (weiter)entwickeln, sondern die regulatorische Vorgehensweise vollständig auf die interne Kreditrisikobehandlung übertragen. Im Gegensatz dazu kann erwartet werden, dass Banken, die sich für den fortgeschrittenen IRB-Ansatz entscheiden, entweder wenige Änderungen an ihren internen Kreditrisikomodellen aufgrund von Basel II vornehmen werden oder einen höheren Änderungsaufwand haben, wenn sie die Modellkategorie ihres internen Kreditrisikomodells ggf. wechseln. Da im folgenden Abschnitt aufgezeigt wird, dass ein Kategoriewechsel nicht zwingend notwendig erscheint, kann für diese Banken als hauptsächlicher Modifizierungsgrund an dieser Stelle die Anpassung der Schätzverfahren für die Risikoparameter auf die regulatorischen Anforderungen angeführt werden. Unabhängig von der Größe und des Entwicklungsstandes des Risikomanagements kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Einführung von Basel II insgesamt zu einer risiko-adäquateren Konditionengestaltung bei den Banken führen wird.<sup>636</sup>

Die sophistizierten Banken haben mit der Entwicklung der internen (ökonomischen) Kreditrisikomodelle das Ziel verfolgt, ihr gesamtes Risikomanagement sowie die interne Risikokapitalallokation auf das Konzept des ökonomischen Kapitals auszurichten. Das ökonomische Kapital wird dabei als Maßzahl für den tatsächlichen Risikogehalt und den dafür entsprechenden Risikokapitalbedarf verstanden und stellt damit eine zentrale interne Steuerungsgröße dar, mit der Risiken aggregiert und unter Berücksichtigung von Diversifikationseffekten quantifiziert werden können.<sup>637</sup> Es kann daher abschließend konstatiert werden, dass Banken, die über ein weit entwickeltes Risikomanagement verfügen, ihre interne Kreditrisikobehandlungen zu großen Teilen auf ihre internen Modelle und Verfahren abstellen und vor allem die Größe des ökonomischen und nicht des regulatorischen Eigenkapitals weiterhin zur grundsätzlichen

---

<sup>635</sup> Vgl. Commerzbank (2005), S. 57.

<sup>636</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 106 f.

<sup>637</sup> Vgl. Fischer (2002), S. 23.

Steuerung ihrer Kreditrisiken einsetzen wird.<sup>638</sup> Aus dieser Betrachtung lässt sich daher schließen, dass die Risikosteuerung der Banken zwar durch die regulatorischen Anforderungen beeinflusst wird, sich aber nicht hierauf beschränken sollte. Für die Entscheidung, welche risikobehafteten Geschäfte eingegangen werden sollen, wie diese zu quantifizieren sind und wohin diese Risiken ggf. transferiert werden, sollte ausschließlich eine ökonomische Betrachtungsweise zugrunde gelegt werden.<sup>639</sup>

### **3.4 Beurteilung der Konvergenz von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikoquantifizierung**

Bereits in Abschnitt 3.2.1 wurde aufgezeigt, dass eines der wesentlichen Ziele von Basel II in der Annäherung des regulatorischen an das ökonomische Eigenkapital besteht. In diesem Punkt kann die neue Eigenkapitalvereinbarung – im Verhältnis zu Basel I – als ein Meilenstein für die Verringerung der Divergenz von regulatorischen und ökonomischen Anforderungen an die Kreditrisikoquantifizierung angesehen werden, was allgemein ausgedrückt durch die eingeführte Risikodifferenzierung sowie die erweiterte Anerkennung von Sicherheiten bei der neuen Eigenkapitalvereinbarung erreicht wurde.<sup>640</sup> Allerdings führt die fehlende Berücksichtigung von Portfolioeffekten dazu, dass eine vollständige Konvergenz der beiden Größen noch nicht erfolgt ist. Bei einer genaueren Betrachtung der regulatorischen und ökonomischen Anforderungen aus den Abschnitten 3.2 und 3.3 kann die Beurteilung der Konvergenz auch differenzierter betrachtet werden.

Ein wesentlicher Punkt in Bezug auf die Annäherung von regulatorischen und ökonomischen Anforderungen besteht in der identischen Behandlung von erwarteten Verlusten in beiden Konzepten. Diese Konvergenz bestand jedoch noch nicht zu Beginn von Basel II, sondern ergab sich erst im Rahmen der Weiterentwicklung des Regelwerks aufgrund von Einwänden der Kreditwirtschaft. Im zweiten und dritten Konsultationspapier bezog sich das regulatorisch zu unterlegende Eigenkapital daher noch sowohl auf die erwarteten als auch auf die unerwarteten Verluste.<sup>641</sup>

Des Weiteren resultiert die gesamte Verringerung der Divergenz daraus, dass sowohl die Risikogewichtungsfunktionen der IRB-Ansätze als auch die internen Kreditrisikomodelle mit der PD, dem EAD sowie der LGD identische Inputparameter verwenden. Daher ist es prinzipiell möglich, die Schätzungen dieser Risikoparameter sowohl zur Berechnung der regulatorischen Eigenkapitalanforderung als auch für die Ermittlung des ökonomischen Risikokapitals zu verwenden. Trotz der in Basel II geforderten Sicherheitsaspekte (Berücksichtigung von Worst-Case-Szenarien) bei der Schätzung dieser Parameter kann von einer nahezu vollständigen Konvergenz im Bereich der Risikoparameter gesprochen werden, da zumindest identische Schätzverfahren verwendet werden können. Unterschiede ergäben sich dabei höchstens bei der Aufbereitung der für die Schätzung benötigten Daten, wobei jedoch eine parallele Schätzung der Parameter unter Berücksichtigung von „normalen“ und „Worst-Case-Szenarien“ grund-

<sup>638</sup> Vgl. Deutsche Bank AG (2005), S. 46.

<sup>639</sup> Vgl. Fischer (2002), S. 33.

<sup>640</sup> Vgl. Schmidt (2004), S. 105.

<sup>641</sup> Vgl. Gürtler/Heithecker (2004), S. 1279.

legend möglich ist. Zudem kann eine konservative Schätzung der Risikoparameter nicht nur aus regulatorischen, sondern auch aus ökonomischen Gesichtspunkten resultieren bzw. sinnvoll sein. Entsprechend ihrer Risikobereitschaft können Banken ebenfalls eine konservative Schätzung der Risikoparameter für ihre internen Kreditrisikomodelle anstreben, um auf diese Weise dem Kapitalmarkt einen hohen Sicherheitsstandard zu signalisieren.<sup>642</sup> Dieser Sicherheitsstandard wird häufig durch ein relativ hohes Konfidenzniveau (z. B. 99,98%) für die Bestimmung des ökonomischen Kapitals ausgedrückt. Durch die konservative Parameterschätzung versucht eine Bank zu erreichen, dass das vorzuhaltende ökonomische Risikokapital für das aufgezeigte Beispiel bei einem Konfidenzniveau von 99,98% in nur 0,02% der Fälle nicht ausreicht, um die unerwarteten Verluste vollständig zu decken. Da dieser Prozentsatz auch als Ausfallwahrscheinlichkeit der Bank interpretiert werden kann, bedeutet eine kleine Ausfallwahrscheinlichkeit ein gutes externes Rating und somit auch günstigere (Re-)Finanzierungskonditionen am Kapitalmarkt für die Bank.

Der Hauptgrund für die nicht vollständig erreichte Konvergenz kann grundlegend in der Behandlung von Korrelationen und Konzentrationsrisiken bei Basel II gesehen werden. Die Divergenz ist in diesem Punkt bei dem Standardansatz besonders groß, da dieser prinzipiell weder Korrelationen noch Konzentrationsrisiken im Portfoliokontext betrachtet. Demgegenüber stellen die beiden IRB-Ansätze eine wesentlich weitergehende Konvergenz zur ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung dar, da die ihnen zugrunde liegenden Risikogewichtungsfunktionen zumindest auf ein vereinfachtes firmenwertbasiertes Kreditrisikomodell zurückzuführen sind. Allerdings basiert das verwendete Modell auf zwei stark vereinfachenden Annahmen in Bezug auf Portfolio- bzw. Diversifikationseffekte, die dazu führen, dass Korrelationen und Konzentrationsrisiken nur in geringerem Maße Berücksichtigung finden als es bei den Kreditrisikomodellen zur ökonomischen Kreditrisikomessung aus Abschnitt 3.3 der Fall ist.

Während die komplexeren Modelle bei der ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung Konzentrationsrisiken zumindest grundlegend berücksichtigen, wird bei Basel II die vereinfachende Annahme getroffen, dass das betrachtete Portfolio homogen ist und somit kein Exposure über einen signifikanten Anteil verfügt, was dazu führt, dass die individuelle Portfoliostruktur einer Bank bei Basel II keinerlei Berücksichtigung findet.<sup>643</sup> Die Schuldnerkonzentrationen bzw. das Konzentrationsrisiko bezeichnet an dieser Stelle das Risiko eines Portfolios, das aus einer ungenügenden Streuung der Kreditnehmer resultiert. Es stellt somit das schulderspezifische bzw. idiosynkratische Risiko dar, welches bei steigender Portfoliogröße prinzipiell wegdiversifiziert werden kann.<sup>644</sup> Die vereinfachende Annahme eines homogenen bzw. asymptotischen Portfolios bedeutet daher nichts anderes, als dass bei dem Modell der Risikogewichtungsfunktionen von einem perfekt diversifizierten Portfolio ausgegangen wird. Da eine solche Portfoliostruktur in der Praxis häufig nicht gegeben ist, kann das Modell aufgrund dieser Annahme maximal für Portfolios großer Banken als gute Approximation angesehen werden, so dass in diesem Punkt

<sup>642</sup> Vgl. Fischer (2002), S. 33.

<sup>643</sup> Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet Basel II somit nur Einzelkredite, so dass die regulatorischen Eigenkapitalbeträge der Einzelengagements ohne explizite Berücksichtigung von Portfolioeffekten zur gesamten Eigenkapitalanforderung addiert werden. Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2005), S. 205.

<sup>644</sup> Vgl. Meier (2004), S. 256.



insgesamt keine vollständige Konvergenz der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikomessung konstatiert werden kann.

Die zweite vereinfachende Annahme des regulatorischen Modells wird in Bezug auf die Behandlung von Korrelationen getroffen. Während die internen Kreditrisikomodelle die Korrelationen zwischen den Kreditnehmern i. d. R. auf mehrere Risikofaktoren, die die Bonität der Schuldner beeinflussen, zurückführen, basiert das den Risikogewichtungsfunktionen zugrunde liegende Modell auf nur einem Risikofaktor und stellt somit ein vereinfachtes Modell dar. Dieser Risikofaktor bezieht sich dabei beispielsweise auf die Wirtschaftslage, das Zinsniveau oder auf eine Branche und spiegelt damit das systematische und nicht-diversifizierbare Risiko wider. Es wird also durch den Einfaktoransatz davon ausgegangen, dass alle Kreditnehmer nur von einem einzigen Faktor (z. B. von nur einem Wirtschaftssektor) abhängen, der das systematische Risiko determiniert. In der Realität kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Schuldner eines Portfolios unterschiedlichen Wirtschaftssektoren angehören, so dass die Korrelationen bei Wahl eines Einfaktor-Modells nicht zwingend realitätsgenau abgebildet werden.<sup>645</sup> Diese Annahme wird beispielsweise von WILSON unterstützt, der eine Studie von McKinsey anführt, die zwar aufzeigt, dass ein einzelner (nicht näher spezifizierter) Faktor in der Durchschnittsbetrachtung einen großen Teil des systematischen Risikos von Unternehmen erklären kann, dieser Anteil jedoch selten über 80% liegt. Die Studie zeigt vielmehr auf, dass z. B. für die USA nur 23,9% und für Großbritannien nur 56,2% des systematischen Risikos über einen einzelnen Faktor erklärt werden konnte. Diese im Schnitt relativ schlechten Ergebnisse konnten dagegen durch die Hinzunahme von zwei weiteren (ebenfalls nicht näher spezifizierten) Faktoren signifikant verbessert werden.<sup>646</sup> Dieser Argumentation folgend erscheint die Verwendung eines Ein-Faktormodells bei Basel II aus ökonomischen Gesichtspunkten als nicht ausreichend, so dass der Einsatz eines Mehr-Faktormodells empfehlenswert ist.

Des Weiteren werden die Korrelationen bei Basel II in Abhängigkeit von der Ausfallwahrscheinlichkeit und von der Unternehmensgröße modelliert, was bei steigender Ausfallwahrscheinlichkeit zu abnehmenden und bei steigender Unternehmensgröße zu ansteigenden Korrelationen führt. Dieser unterstellte Zusammenhang zwischen den Größen kann jedoch als kritisch angesehen werden, da in einigen empirischen Untersuchungen (siehe Abschnitt 3.2.3) ein genau gegensätzlicher Zusammenhang aufgezeigt werden konnte. Zusätzlich scheint vor allem der Zusammenhang zwischen Korrelationen und Unternehmensgröße aufgrund der von einigen Ländern geforderten Sonderbehandlung von KMU im Modell integriert worden zu sein, der für Kredite an diese Unternehmen zu einer geringeren Eigenkapitalunterlegung führt. Allerdings haben empirische Untersuchungen ebenfalls aufgezeigt, dass KMU häufig risikobehafteter sind als große Unternehmen, so dass auch diese Modifikation des Modells zu einer nicht realitätsgetreuen Abbildung der Kreditrisiken führen kann.

Die aufgezeigten Unterschiede bei der Behandlung von Korrelationen können neben der Behandlung der Konzentrationsrisiken somit als die wesentlichen Punkte für die nicht vollständig erreichte Konvergenz von regulatorischer und ökonomischer Kreditrisikoquantifizierung angesehen werden. Aufgrund dieser teilweise differenzierten Anforderungen an die regulatorische und ökonomische Bestimmung des

<sup>645</sup> Vgl. Meier (2004), S. 256 und S. 258.

<sup>646</sup> Siehe hierzu Wilson (1998).

Risikokapitals lässt sich daher festhalten, dass sophistische Banken diese beiden Größen weiterhin parallel berechnen werden. Unter Berücksichtigung der Aspekte in diesem Abschnitt sowie der erläuterten Auswirkungen von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung aus Abschnitt 3.3.3 ergeben sich grundlegende Konsequenzen für die Ausgestaltung eines integrierten Kreditrisikomodells, welches beide Größen auf Basis identischer Risikoparameter parallel bestimmen kann.

Um den Anforderungen des Baseler Ausschusses gerecht zu werden, muss ein integriertes Kreditrisikomodell auf einem Basel II-konformen Ratingsystem als grundlegende Komponente basieren. Das Ratingsystem dient hierbei primär zur Schätzung der Risikoparameter PD und LGD. Ergänzend muss das Modell über eine Komponente zur Bestimmung der Parameter EAD und M verfügen. Anhand dieser vier Parameter kann bereits das regulatorische Eigenkapital über die entsprechende Risikogewichtungsfunktion berechnet werden. Des Weiteren muss nun überlegt werden, welche der in Abschnitt 3.3.1 aufgezeigten Modellkategorien für die Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals in dem integrierten Kreditrisikomodell zum Einsatz kommen sollte. Aufgrund der Schätzung der PD über das interne Ratingsystem stellt dieser Parameter im weiteren Verlauf der Kreditrisikomessung eine exogene Größe dar, die als Inputparameter in das Modell eingeht, so dass dadurch die Kategorie der (in Bezug auf die PD-Schätzung) firmenwertbasierten Modelle ausscheidet, da diese die PD modellendogen bestimmen. Daher sollte die Komponente des integrierten Modells zur Ermittlung des ökonomischen Kreditrisikos von Einzelengagements optimalerweise einem intensitätsbasierten Modelltyp entsprechen. Genauer betrachtet sollte die Wahl hierbei auf ein migrationsbasiertes Modell als Spezialfall der intensitätsbasierten Modellkategorie fallen, da es durch den Einsatz eines internen Ratingsystems grundsätzlich möglich ist, Migrationswahrscheinlichkeiten zu schätzen, durch die Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer berücksichtigt werden können. Banken, die bereits ein firmenwertbasiertes Kreditrisikomodell mit endogener PD-Schätzung einsetzen, müssten daher theoretisch auf ein intensitätsbasiertes Modell umsteigen. Allerdings bestünde auch die Möglichkeit, die Komponente der reinen PD-Bestimmung des firmenwertbasierten Modells als internes Ratingsystem zu realisieren,<sup>647</sup> so dass im weiteren Vorgehen, bei der Portfoliorisikoermittlung, auch der Einsatz eines firmenwertbasierten Modells theoretisch möglich ist.

Eine weitere Komponente des (integrierten) Kreditrisikomodells sollte ergänzend ein Schätzverfahren für die Kreditnehmerkorrelationen beinhalten, so dass das Ergebnis dieses Moduls durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste dargestellt wird, wobei an dieser Stelle Diversifikations- bzw. Portfolioeffekte berücksichtigt werden. In Bezug auf die Schätzung der Korrelationen und des ökonomischen Kreditportfoliorisikos ist die Wahl eines firmenwertbasierten Ansatzes jedoch ebenfalls nicht automatisch ausgeschlossen, sondern muss im Rahmen der detaillierten Ausgestaltung des integrierten Modells im folgenden Kapitel genauer analysiert werden. Innerhalb der letzten Komponente wird abschließend durch eine geeignete Risikomaßzahl das ökonomische Risikokapital für das gesamte Portfolio bestimmt.

---

<sup>647</sup> Siehe zur Analyse der prinzipiellen Eignung der firmenwertbasierten bzw. kausalanalytischen Ansätze als Basis für ein internes Ratingsystem Abschnitt 4.2.3.2.3.

## 4 Konzeption des integrierten Kreditrisikomodells

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Anforderungen an die regulatorische und ökonomische Kreditrisikoquantifizierung aufgezeigt und die prinzipiell daraus resultierenden grundlegenden Konsequenzen für die Ausgestaltung eines integrierten Kreditrisikomodells analysiert wurden, befasst sich das folgende Kapitel mit der spezifischen und detaillierten Konzeption des Modells. Zunächst werden hierzu einleitend die Modellkomponenten im Überblick dargestellt (Abschnitt 4.1). Aufgrund des hohen Stellenwertes, den das interne Ratingsystem im Rahmen des Gesamtmodells einnimmt, wird in Abschnitt 4.2 detailliert analysiert, wie ein Basel II-konformes Ratingsystem ausgestaltet sein sollte. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird ein migrationsbasierter Ansatz zur Quantifizierung des erwarteten und unerwarteten Verlustes von Einzelengagements erläutert sowie die anhand dieses Ansatzes grundlegende Kreditrisikoquantifizierung eines Portfolios, bestehend aus unabhängigen (unkorrelierten) Kreditnehmern, aufgezeigt (Abschnitt 4.3). Im weiteren Verlauf des Kapitels werden verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung von Ausfallkorrelationen diskutiert und deren mögliche Verwendung im integrierten Kreditrisikomodell im Rahmen einer relativen Vorteilhaftigkeitsanalyse untersucht (Abschnitt 4.4). Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine zusammenfassende Betrachtung des gesamten integrierten Kreditrisikomodells (Abschnitt 4.5).

### 4.1 Überblick der Modellkomponenten

Das integrierte Kreditrisikomodell zur parallelen Berechnung des regulatorischen und ökonomischen Eigenkapitals auf Basis identischer Risikoparameter besteht, wie bereits in Abschnitt 3.4 erläutert, aus verschiedenen, einzeln zu betrachtenden Komponenten. Die folgende Abbildung zeigt die einzelnen Komponenten und deren Interaktion untereinander.

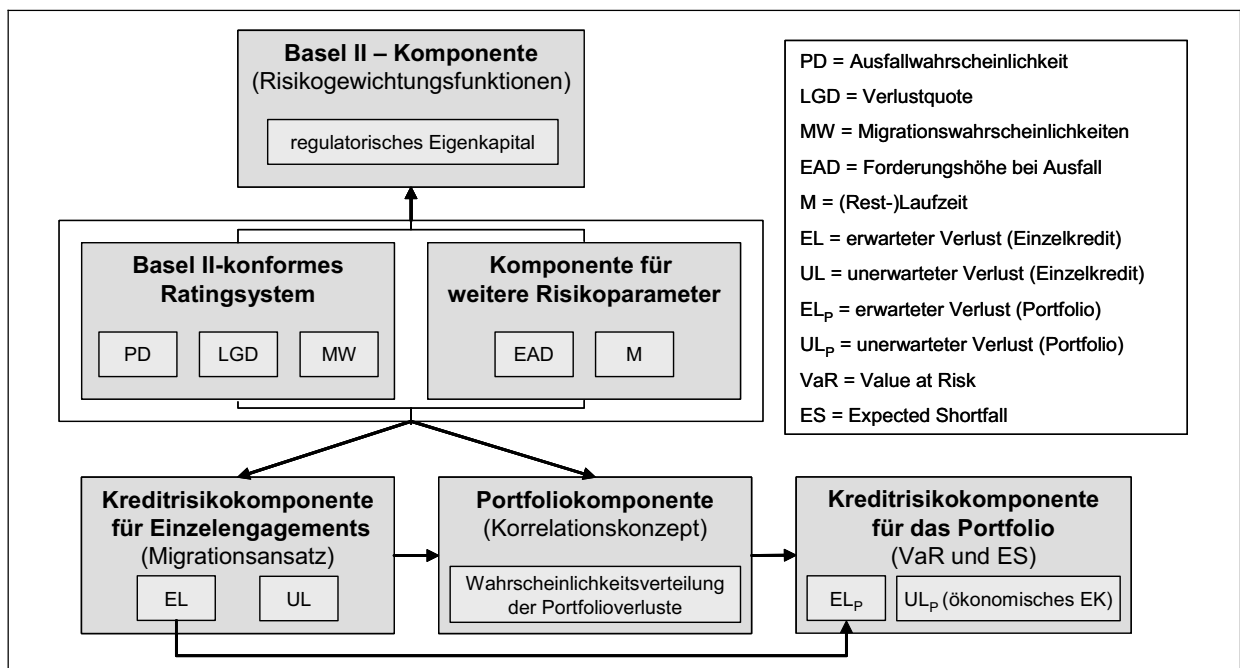


Abbildung 4.1-1: Komponenten des integrierten Kreditrisikomodells

Das Kernstück des gesamten Modells wird durch das Basel II-konforme Ratingsystem sowie durch die Schätzverfahren für die weiteren Risikoparameter EAD und M dargestellt. Die aus diesen Komponenten resultierenden Risikoparameter gehen, mit Ausnahme der Migrationswahrscheinlichkeiten, in die Basel II-Komponente ein, in der über die Risikogewichtungsfunktionen das regulatorische Eigenkapital bestimmt wird. Zusätzlich werden diese Risikoparameter, inklusive der Migrationswahrscheinlichkeiten und exklusive M, an die Kreditrisikokomponente für Einzelengagements übergeben, in der sowohl der erwartete als auch der unerwartete Verlust anhand des migrationsbasierten Ansatzes ermittelt wird. Die Ergebnisse dieser Komponente werden an die Portfoliokomponente weitergegeben, in der die Korrelationen geschätzt und die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste bestimmt werden. Zusätzlich werden aus dem Kernstück des Modells in Abhängigkeit vom gewählten Korrelationskonzept ggf. noch Risikoparameter übergeben, die für die Wahrscheinlichkeitsverteilung benötigt werden. In der abschließenden Kreditrisikokomponente für das Portfolio wird in einem ersten Schritt der erwartete Verlust des Portfolios ermittelt. Hierfür werden aus der Kreditrisikokomponente für Einzelengagements die erwarteten Verluste aller Kredite übermittelt, die durch Aufsummieren den erwarteten Verlust des Portfolios ergeben. Für die Berechnung des unerwarteten Verlustes wird auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste aus der Portfoliokomponente zurückgegriffen, wobei das ökonomische Eigenkapital sowohl in Form des Value at Risk als auch in Form des Expected Shortfall angegeben werden kann. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Komponenten detailliert beschrieben, wobei die beiden Komponenten des Kernstückes des Modells zusammen unter dem Thema „Basel II-konformes Ratingsystem“ betrachtet werden und aufgrund ihres hohen Stellenwertes im gesamten Modell den Schwerpunkt des Kapitels ausmachen.

## 4.2 Basel II-konforme interne Ratingsysteme

Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Ausgestaltung und Entwicklung Basel II-konformer Ratingsysteme und beschreiben somit die im vorigen Abschnitt aufgezeigte Ratingkomponente sowie die Komponente für weitere Risikoparameter aus dem integrierten Kreditrisikomodell. Zunächst werden in diesem Unterkapitel die grundlegenden Anforderungen an Basel II-konforme interne Ratingsysteme erarbeitet (Abschnitt 4.2.1) sowie deren prinzipieller Aufbau erläutert (Abschnitt 4.2.2). Im weiteren Verlauf wird detailliert auf den Vorgang der Entwicklung bankinterner Ratingsysteme eingegangen, wobei neben den zu verwendenden Ratingkriterien alternative Ratingverfahren für die Verarbeitung dieser Kriterien erläutert werden. Im Rahmen der Entwicklung wird ergänzend die Kalibrierung der Systeme bzw. die Schätzung von Risikoparametern sowie deren Validierung dargestellt (Abschnitt 4.2.3).

### 4.2.1 Anforderungen an interne Ratingsysteme

In der Praxis werden von Banken unterschiedliche Ratingsysteme verwendet. Aufgrund der Vielzahl dieser Ratingsysteme und der zum Teil unterschiedlichen Zielrichtungen der Banken beim Einsatz solcher Systeme, kann kein grundsätzlich optimales, standardisiertes Ratingsystem identifiziert werden.<sup>648</sup>

Es lassen sich allerdings allgemeine Anforderungen aufstellen, die ein Ratingsystem idealerweise sowohl aus genereller Sichtweise als auch unter Berücksichtigung von Basel II erfüllen sollte. Die im Weiteren aufgestellten Anforderungen beziehen sich dabei sowohl auf die Konzeption und Implementierung eines Ratingsystems, als auch auf die zugrunde liegende Datenbasis und die zu beachtenden organisatorischen Aspekte. Ein Teil der Anforderungen resultiert dabei direkt aus den Bestimmungen der neuen Eigenkapitalvereinbarung.

Wie bereits in Abschnitt 2.2.1 aufgezeigt wurde, haben interne Ratings grundsätzlich zum Ziel, den Risikogehalt eines Kredites bzw. Kreditnehmers aufzuzeigen. Hierbei stellt sich die Frage, wie dieser Risikogehalt in Form eines Ausfallkonzeptes zu unterlegen ist. Mit einem anzahlbezogenen und einem volumenbezogenen Verlustkonzept können an dieser Stelle zwei Konzepte unterschieden werden.<sup>649</sup>

Im Rahmen des anzahlbezogenen Ausfallkonzeptes wird der Risikogehalt eines Kredites bzw. eines Kreditnehmers durch die Ausfallwahrscheinlichkeit (PD) ausgedrückt. Die PD bestimmt sich dabei aus der Anzahl von Kreditnehmern bzw. Krediten, die in einer bestimmten Ratingkategorie in einem bestimmten Betrachtungszeitraum (i. d. R. ein Jahr) ausfallen. Unter der Annahme, dass das Ratingssystem im Zeitverlauf als stabil angesehen werden kann, entsprechen diese Ausfallwahrscheinlichkeiten den (durchschnittlichen) historischen Ausfallraten der entsprechenden Ratingklassen.<sup>650</sup> Diese Form des Ratings wird als **Bonitätsrating** bezeichnet und spiegelt die Ausfallgefahr eines Schuldners (innerhalb eines Jahres) durch die Ausfallwahrscheinlichkeit wider, wobei diese Einschätzung der Kundenbonität ohne Berücksichtigung von ggf. vorhandenen Sicherheiten und der Rangstellung des Gläubigers vorgenommen wird und somit die grundsätzliche Kreditwürdigkeit eines Kreditnehmers aufzeigt.<sup>651</sup>

Im Gegensatz zum anzahlbezogenen wird beim volumenbezogenen Verlustkonzept der Risikogehalt durch das in einer Ratingklasse in einem bestimmten Betrachtungszeitraum (i. d. R. ebenfalls ein Jahr) ausgefallene Kreditvolumen aufgezeigt, wobei als Betrachtungsgröße beispielsweise der erwartete Verlust (EL) oder die erwartete Verlustquote bei Ausfall (Loss Given Default, LGD) Verwendung findet.<sup>652</sup> Diese Form des Ratings, das so genannte **Transaktionsrating**, berücksichtigt (im Gegensatz zum Bonitätsrating) durch die direkte oder indirekte (bei Verwendung von EL) Betrachtung des LGD sowohl vorhandene Sicherheiten als auch die Rangstellung der Gläubiger, so dass im Rahmen dieses Verlustkonzeptes nicht nur die grundsätzliche Wahrscheinlichkeit für einen Kreditverlust betrachtet, sondern zusätzlich die „Schwere“ eines möglichen Verlustes berücksichtigt wird.<sup>653</sup> Das Transaktions-

<sup>648</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2000), S. 9.

<sup>649</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 365.

<sup>650</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001b), S. 84 f.

<sup>651</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 14.

<sup>652</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 366.

<sup>653</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 31.

rating bezieht sich also jeweils auf eine bestimmte Transaktion bzw. auf ein bestimmtes Kreditengagement.

Ratingsysteme, die ausschließlich entweder auf ein Bonitäts- oder ein Transaktionsrating abstellen, werden als eindimensionale Ratingsysteme bezeichnet. Bei zweidimensionalen Ratingsystemen wird die grundsätzliche Bonität eines Schuldners anhand der PD über eine Ratingskala abgebildet, während die Einschätzung der LGD (bzw. EL) des entsprechenden Engagements über eine weitere Ratingskala modelliert wird. Idealerweise sollten beide Ratingskalen über die gleiche Anzahl an Ratingkategorien verfügen.<sup>654</sup> In einem solchen zweidimensionalen Ratingsystem wird in einem ersten Schritt die Ratingklasse des Schuldners (Bonitätsrating) und im Anschluss für die Transaktion bzw. für das Geschäft eine LGD- (bzw. EL-) Klasse ermittelt.<sup>655</sup> Die LGD-Klassen (bzw. EL-Klassen) entsprechen bestimmten LGD- (bzw. EL-) Intervallen, denen jeweils ein durchschnittlicher Wert zugeordnet wird. Bei der geforderten Identität der Ratingklassenanzahl wird abschließend die Klasse des Transaktionsrating mit der des Bonitätsratings gleichgesetzt, es sei denn, dass die Transaktion Besonderheiten aufweist, die voraussichtlich zu einer substanziell besseren oder schlechteren LGD führen, als dies normalerweise bei einer vergleichbaren Transaktion der Fall wäre.<sup>656</sup> Wenn Banken nicht in der Lage sind, eigene LGD-Schätzungen auf statistischer Basis vorzunehmen, so können auch die von der Bankenaufsicht vorgegebenen LGD-Schätzungen verwendet werden.<sup>657</sup>

Zweidimensionale Ratingsysteme weisen gegenüber den eindimensionalen Systemen Vorteile in Bezug auf die Genauigkeit und Konsistenz der Ratingklassenzuordnung auf, indem die Einschätzung der PD (Bonitätsrating) und des EL bzw. der LGD (Transaktionsrating) separat durchgeführt wird und somit keine Vermischung dieser beiden Größen stattfindet, was bei einem auf ein Transaktionsrating ausgelegten eindimensionalen System unter Verwendung des erwarteten Verlustes der Fall wäre. Im Optimalfall sollte sich in einem zweidimensionalen System das Transaktionsrating ausschließlich auf die Verlustquote bei Ausfall (LGD) beziehen, da auf diese Weise jeder Kredit einer LGD-Klasse zugeordnet werden kann, wobei die Zuordnung auf Basis der voraussichtlichen Recovery Rates in Abhängigkeit der jeweils gestellten Sicherheiten und sonstigen Engagementspezifika vorgenommen werden kann. Des Weiteren liegt ein Vorteil in der Verwendung „reiner“ LGD-Ratings darin, dass die Einschätzungen der Bank ex post mit den realen Verlustquoten verglichen werden können.<sup>658</sup> Der erwartete Verlust (in Prozent) kann letztendlich auch bei dieser Ausgestaltung des Ratingsystems mit ausschließlicher Betrachtung der LGD beim Transaktionsrating durch das Produkt von PD und LGD ( $EL = PD \cdot LGD$ ) berechnet werden.

Aufgrund der genannten Vorteile und der vom Basler Ausschuss für Bankenaufsicht im Rahmen von Basel II formulierten Bedingung, dass ein internes Ratingsystem neben einem Bonitätsrating auch über

<sup>654</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 899.

<sup>655</sup> Vgl. Garside/Greenman (2003), S. 416.

<sup>656</sup> Vgl. Treacy/Carey (2000), S. 172.

<sup>657</sup> Vgl. Fleck/Knaak (2006), S. 40 f. Für eine detaillierte Betrachtung der aufsichtlich vorgegebenen LGD-Werte siehe Abschnitt 3.2.2.2.1 sowie Abschnitt 3.2.2.2.2.

<sup>658</sup> Vgl. Treacy/Carey (2000), S. 172.

eine Komponente für ein Transaktionsrating verfügen muss, sollte an interne Ratingsysteme die grundlegende Anforderung der **Zweidimensionalität** gestellt werden.<sup>659</sup>

Durch die neue Eigenkapitalanforderung wird von den Banken zusätzlich verlangt, dass sie ihr internes Ratingsystem nicht nur zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals, sondern zusätzlich im Kreditgenehmigungsprozess, im Risikomanagement, bei der internen Eigenkapitalallokation sowie für die Gesamtbanksteuerung verwenden. Die Implementierung eines Ratingsystems ist somit strategischer Natur und es muss berücksichtigt werden, dass Änderungen des Ratingsystems Auswirkungen auf viele Bereiche der Bank haben. Ein Ratingsystem sollte damit über eine **größtmögliche Flexibilität** verfügen, so dass mit ihm (theoretisch) alle früheren, gegenwärtigen und zukünftigen Kunden bewertet werden können, ohne grundlegende Änderungen am System vornehmen zu müssen. Das Ratingsystem sollte also flexibel genug sein, um zumindest alle vorhersehbaren Unternehmenstypen und Geschäftsarten bewerten zu können. Der Fall, dass beispielsweise ausländische Unternehmen oder Firmen aus bestimmten Industriezweigen nicht bewertet werden können, sollte idealerweise nicht auftreten.<sup>660</sup>

Im Rahmen dieser Anforderung muss ergänzend Berücksichtigung finden, dass entsprechend der betrachteten Unternehmen unterschiedliche Ratingkriterien bei der Beurteilung von Interesse sind. D. h. beispielsweise bei der Bewertung einer Immobiliengesellschaft sind andere Aspekte bei der Ratingerstellung zu beachten als bei der Bewertung eines mittelständischen Handwerksunternehmens. Diese unterschiedlichen Gegebenheiten können durch verschiedene Rating- bzw. Klassifizierungsverfahren berücksichtigt werden, so dass eine ergänzende Anforderung an ein Ratingsystem eine **adäquate Komplexität** darstellt. Das Ratingsystem sollte daher über so viele Ratingverfahren verfügen, wie es notwendig erscheint, und über so wenige wie möglich. Eine notwendig große Anzahl von Ratingverfahren ist dabei so zu interpretieren, dass für jede gebildete homogene Kundengruppe jeweils ein Verfahren verwendet wird. Eine große Anzahl von Verfahren und somit eine Aufteilung der Unternehmen in viele Kategorien bzw. Kundengruppen beinhaltet den Nachteil, dass hier die Gefahr besteht, dass die einzelnen Verfahren aufgrund einer zu kleinen Datengrundlage schwer zu kalibrieren und zu validieren sind. Des Weiteren steigt bei der Einordnung der Unternehmen in viele Kategorien das Risiko, dass Unternehmen keiner Kategorie direkt, sondern nur mehreren Kategorien gemeinsam zugeordnet werden können.

Für das Backtesting des Ratingsystems sowie für die Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit und der Verlustquote ist ein fortlaufender und umfangreicher Ratingdatenbestand notwendig.<sup>661</sup> Aus diesem Grund sollten Banken alle gegenwärtigen und, soweit möglich, alle früheren Kunden weiterhin raten,<sup>662</sup> um auf diese Weise eine umfangreiche Datenbasis aufzubauen bzw. beizubehalten. Die Bewertung der gegenwärtigen Kunden kann dabei als eine relativ triviale Anforderung an das Ratingsystem angesehen werden, da sie die gängige Praxis widerspiegelt. Schwieriger gestaltet sich die Beurteilung der ehema-

<sup>659</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 396-399.

<sup>660</sup> Vgl. auch im Folgenden Krahen/Weber (2001), S. 10 f.

<sup>661</sup> Dieser Datenbestand sollte zudem für Backtesting- und für statistische Zwecke schnell und einfach verfügbar sein. Es werden somit auch hohe Anforderungen an das Datenmanagement gestellt.

<sup>662</sup> Vgl. Altman/Saunders (2002), S. 113.

ligen Kreditnehmer, da entweder die Beschaffung der benötigten Informationen problematisch ist,<sup>663</sup> oder die Kreditnehmer bereits ausgefallen sind. Zusammenfassend kann aus diesen Punkten die Anforderung der **Vollständigkeit** eines Ratingsystems abgeleitet werden.

Des Weiteren muss durch das Ratingsystem gewährleistet sein, dass jede Ratingklasse einem bestimmten Intervall von Ausfallwahrscheinlichkeiten entspricht und jeder Ausfallwahrscheinlichkeit genau ein Rating zugeordnet werden kann.<sup>664</sup> Das Ratingsystem muss somit der Anforderung der **Monotonie** entsprechen. Die folgenden Gleichungen verdeutlichen den Zusammenhang zwischen Rating und Ausfallwahrscheinlichkeit.<sup>665</sup> U1 steht hierbei für Unternehmen 1 und U2 für Unternehmen 2.

$$PD(U1) = PD(U2) \Rightarrow Rating(U1) \sim Rating(U2) \quad (4-1)$$

$$PD(U1) < PD(U2) \Rightarrow Rating(U1) \succsim Rating(U2) \quad (4-2)$$

$$Rating(U1) \succ Rating(U2) \Rightarrow PD(U1) < PD(U2) \quad (4-3)$$

Haben zwei Unternehmen die gleiche Ausfallwahrscheinlichkeit (PD), dann müssen die entsprechenden Ratings ebenfalls identisch sein (Gleichung (4-1)). Für den Fall, dass die PD von Unternehmen 1 kleiner ist als die von Unternehmen 2, muss das Rating von Unternehmen 1 mindestens so gut oder besser sein als das des zweiten Unternehmens (Gleichung (4-2)). Die beiden ersten Gleichungen implizieren die Aussage von Gleichung (4-3), dass die PD von Unternehmen 1 kleiner sein sollte als bei Unternehmen 2, insofern Unternehmen 1 über ein besseres Rating verfügt.

Im Zusammenhang mit der Zuordnung von Ratingklassen und Ausfallwahrscheinlichkeiten sollte das Ratingsystem eine notwendige Anzahl von Ratingkategorien, also eine **ausreichende Feinheit** aufweisen,<sup>666</sup> wobei eine Mindestanzahl von Klassen für das Bonitätsrating aufsichtlich vorgegeben ist. Der Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht fordert im Rahmen von Basel II für die Verwendung der auf internen Ratings basierenden Ansätze mindestens sieben Klassen für nicht ausgefallene und mindestens eine Klasse für ausgefallene Kredite.<sup>667</sup> Eine weitere aufsichtliche Nebenbedingung in Bezug auf die Zuordnung von Ratingklasse und Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit besteht darin, dass im Rahmen von Basel II die beste Ratingklasse eine Mindest-PD von 0,03% und die Default-Klasse eine PD von 100% aufweisen muss.<sup>668</sup> D. h. die Ausfallwahrscheinlichkeit der besten Ratingkategorie ergibt sich aus dem Maximum der eigenen PD-Schätzung und der PD in Höhe von 0,03%. Aufsichtlich werden zwar keine Vorgaben in Bezug auf die Anzahl der Klassen beim Transaktionsrating vorgegeben, wie aber bereits bei der Betrachtung der Verlustkonzepte aufgezeigt wurde, sollte die Anzahl der Klassen bei beiden Ratingkomponenten übereinstimmen.

<sup>663</sup> Es kann davon ausgegangen werden, dass ehemalige Kunden nicht gewillt sind, interne Informationen über ihre Finanzsituation etc. an die Bank zu übermitteln, ohne hieraus einen direkten Nutzen zu ziehen. Vgl. Rolfes/Emse (2000), S. 20.

<sup>664</sup> Vgl. Rolfes/Emse (2000), S. 21.

<sup>665</sup> Vgl. Krahen/Weber (2001), S. 12.

<sup>666</sup> Für eine Betrachtung der zu wählenden Anzahl von Ratingklassen siehe Abschnitt 4.2.3.3.1.

<sup>667</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 403 f.

<sup>668</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 285.



Aus organisatorischer Sicht muss an ein Ratingsystem die Anforderung des **regelmäßigen Backtesting** gestellt werden.<sup>669</sup> Bei einem gut kalibrierten Ratingsystem sollte die ex ante vorgenommene Ratingeinschätzung bzw. die ex ante vorgenommene Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit nicht signifikant von den ex post beobachtbaren Ausfallraten bzw. Ratingeinschätzungen abweichen. Bei signifikanten Abweichungen muss das Ratingsystem ggf. neu kalibriert werden, um eine hohe Prognosequalität beizubehalten. Um ein Backtesting bestmöglich durchzuführen, muss eine umfangreiche Datengrundlage vorhanden sein, und das Ratingsystem sollte nicht zu häufig verändert werden, da sich dadurch die zugrunde liegende Datenbasis verändert, was ein Backtesting erschwert bzw. im ungünstigsten Fall unmöglich macht.<sup>670</sup>

Ein Rating sollte grundsätzlich alle aktuellen öffentlich zugänglichen sowie internen Informationen der Unternehmen berücksichtigen, so dass ein aktuelles Rating die beste Schätzung für ein zukünftiges Rating darstellt.<sup>671</sup> Es sollte daher nicht möglich sein, zukünftige Ratings bzw. Ratingveränderungen (ausschließlich) anhand von historischen Ratings zu bestimmen. Ein Ratingsystem sollte somit der Anforderung der **Informationseffizienz** genügen, d. h. die zukünftigen Ratings eines Unternehmens sollten unabhängig von vergangenen (und nicht mehr aktuellen) Ratings sein.<sup>672</sup>

Ratingsysteme sollten grundsätzlich objektiv sein. Um die geforderte **Objektivität** zu erhalten, sollten beispielsweise Ratingkriterien und deren Gewichte nicht subjektiv (z. B. ausschließlich durch Expertenbefragung), sondern objektiv (z. B. durch mathematisch-statistische Verfahren) ermittelt werden. Des Weiteren sollte ein Ratingsystem **transparent** sein, so dass für Außenstehende nachzuvollziehen ist, wie welche Informationen im Rahmen des Ratingverfahrens eingesetzt und zu einem Ratingurteil verknüpft werden.<sup>673</sup> Die Tatsache, dass interne Ratingsysteme für verschiedene Zwecke in einer Bank Verwendung finden, führt zu der Anforderung, dass das Ratingsystem gleiche Risiken auch identisch bewertet und somit gleiche Informationen auch zu einem identischen Ratingergebnis führen.<sup>674</sup>

Bei dem Entwurf und der Implementierung eines internen Ratingsystems muss zu Beginn entschieden werden, welcher der in Abschnitt 2.2.4 aufgezeigten Rating-Philosophien gefolgt werden, bzw. wie sensitiv das Ratingsystem auf Konjunkturveränderungen reagieren soll. Bei dieser Entscheidung gilt es jedoch die grundsätzlich verfolgte Zielsetzung des Ratingsystems zu berücksichtigen,<sup>675</sup> da zwischen Zielsetzung und zu verwendender Rating-Philosophie eine gewisse Abhängigkeit besteht.

Diese Entscheidung stellt sich jedoch in einigen Bereichen als recht schwierig dar und führt nicht zwingend zu eindeutigen Antworten. Besteht die Zielsetzung beispielsweise darin, das Ratingsystem im Bereich der Kreditvergabe und des Pricing einzusetzen, so lassen sich in der Literatur unterschiedliche Aussagen finden. CROUHY, GALAI und MARK vertreten z. B. die Meinung, dass in diesem Bereich Through-the-Cycle-Ratings (TtC-Ratings) aufgrund des langfristigen Betrachtungshorizonts zu bevor-

<sup>669</sup> Siehe zum Thema Backtesting bzw. Validierung Abschnitt 4.2.3.4.

<sup>670</sup> Vgl. Krahen/Weber (2001), S. 14.

<sup>671</sup> Vgl. Weber/Krahen/Voßmann (1999), S. 126.

<sup>672</sup> Vgl. Krahen/Weber (2001), S. 15.

<sup>673</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 366 f.

<sup>674</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001b), S. 87.

<sup>675</sup> Vgl. Taylor (2003), S. 32.

zugen sind, da für einen Kreditentscheider (auch im Rahmen des Pricing) nicht ausschließlich die momentane Bonität des Kreditnehmers, sondern vielmehr dessen Fähigkeit, die Zahlungsverpflichtungen über die gesamte Laufzeit des Kredites erfüllen zu können, entscheidend ist. TtC-Ratings haben bei dieser Argumentation den Vorteil, dass sie die gesamte Kreditlaufzeit bzw. mindestens einen Konjunkturzyklus betrachten und die Bonität somit unter Berücksichtigung eines möglichen Abschwungs bzw. einer möglichen negativen (wirtschaftlichen) Entwicklung des Kreditnehmers ermittelt wird.<sup>676</sup> Im Gegensatz zu den genannten Autoren vertritt z. B. TAYLOR die Meinung, dass für die Kreditvergabe und das Pricing ein kurzfristiger Betrachtungszeitraum und somit eine PiT-Philosophie den vorteilhafteren Ansatz darstellt. Als Argumentation führt er an, dass es bei der Kreditentscheidung und dem Pricing wichtig ist, die momentane Situation des Kreditnehmers der betrachteten Branche sowie der Gesamtwirtschaft zu kennen und zu berücksichtigen. Gemäß TAYLOR ist es daher bei der Entscheidung über eine Kreditvergabe und beim Pricing bedeutsam, ob sich die Branche bzw. die Wirtschaft zurzeit in einer Hochphase oder eher in einer Talsohle befindet.<sup>677</sup>

Diese unterschiedlichen Sichtweisen können beispielsweise durch die grundsätzliche Heterogenität von Krediten begründet werden. Bei kurzfristigen Krediten dürfte grundsätzlich ein eher kürzerer Betrachtungszeitraum für die Kreditvergabe von Interesse sein, so dass PiT-Ratings als Entscheidungsgrundlage die vorteilhaftere Alternative darstellen. Die Vergabeentscheidung von langfristigen Krediten würde demgemäß eher ein TtC-Rating bedingen, da hier grundsätzlich die Fähigkeit des Kreditnehmers von Bedeutung ist, seinen Zahlungsverpflichtungen auch langfristig nachkommen zu können. In dem Bereich der Kreditvergabe und des Pricing kann somit keine allgemeingültige Aussage getroffen werden, welche Rating-Philosophie verwendet werden sollte. Die Entscheidung sollte hier also vor dem Hintergrund getroffen werden, für welche Kreditarten das Ratingsystem eingesetzt werden soll.

Uneinigkeit über die Wahl der Rating-Philosophie besteht zudem im Bereich der ökonomischen Eigenkapitalbestimmung. Es wird z. B. von TAYLOR die Meinung vertreten, dass in diesem Bereich TtC-Ratings Verwendung finden sollten, da sie grundsätzlich zu einer stabileren Schätzung des erwarteten Verlustes (EL) und dem damit verbundenen vorzuhaltenden ökonomischen Eigenkapital (UL) führt.<sup>678</sup> Die Begründung für die Vorteilhaftigkeit von stabilen EL besteht für TAYLOR darin, dass der EL widerspiegeln soll, welche Verluste bei bestimmten Kreditnehmern in einer langfristigen Durchschnittsbetrachtung, unabhängig vom Stand der Konjunktur zum Zeitpunkt der Kreditvergabe, auftreten können. Diese Betrachtungsweise impliziert, dass die um den durchschnittlichen EL schwankenden, realen kurzfristigen Verluste durch das Eigenkapital absorbiert werden. Dieser Aussage liegt die Annahme zugrunde, dass die Konjunkturzyklen in dem Sinne wiederkehrend sind, dass auf eine Rezession eine Expansion folgt (et vice versa), die sich gegenseitig im Bezug auf Verlustschwankungen tendenziell aufheben, so dass sich die Verluste langfristig auf dem Niveau des EL einpendeln. Unter diesen Gesichtspunkten würde sich bei einem eingetretenen Verlust in Höhe von  $X_1$  (siehe Abbildung 4.2-1) die Verlustverteilung nicht verändern bzw. nicht verschieben, so dass der EL und das benötigte Risiko-

<sup>676</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2003), S. 370.

<sup>677</sup> Vgl. Taylor (2003), S. 33.

<sup>678</sup> Vgl. auch im Folgenden Taylor (2003), S. 33 und S. 35.

kapital zur Absicherung der unerwarteten Verluste ( $X^*$ ) unverändert bzw. stabil bleiben würden (siehe durchgezogene Linie).

Gegensätzlich kann jedoch angeführt werden, dass der Konjunkturverlauf nur schwer prognostizierbar ist und eher einem zufälligen Verlauf folgt, so dass sich die Verlustschwankungen zwischen Rezession und Expansion ggf. nicht ausgleichen, so dass EL und ökonomisches Eigenkapital nicht zwingend als stabil angesehen werden können. Des Weiteren argumentieren z. B. CROUHY, GALAI und MARK, dass der Betrachtungszeitraum im Bereich der ökonomischen Eigenkapitalallokation (und damit auch implizit die Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals) gewöhnlich ein Jahr beträgt und somit eher eine PiT-Philosophie Anwendung finden sollte.<sup>679</sup>

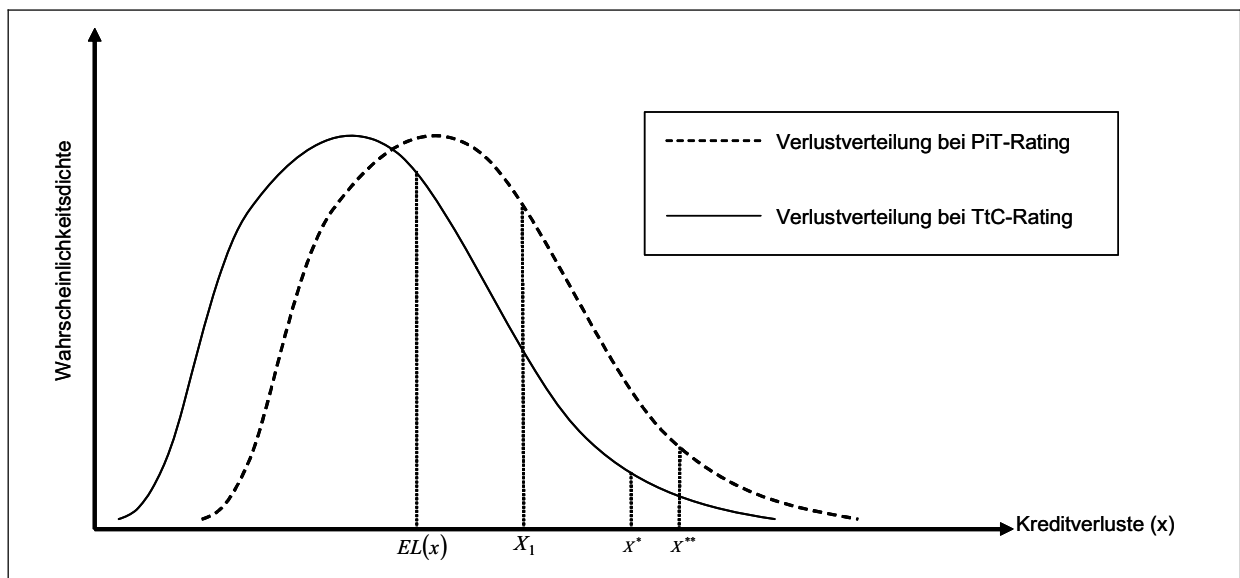


Abbildung 4.2-1: Kreditverlustverteilung bei TtC- vs. PiT-Ratings<sup>680</sup>

Bezogen auf Abbildung 4.2-1 könnte sich z. B. die Konjunktur weiter verschlechtern anstatt zu verbessern, so dass Verluste auftreten können, die größer als  $X_1$  sind. Unter Berücksichtigung von PiT-Ratings käme es zu Downgrades von Kreditnehmern, was eine Verschiebung der Verlustverteilung zur Folge hätte (gestrichelte Linie), so dass nun bei dieser kurzfristigen Betrachtung mehr Risikokapital in Höhe von  $X^{**}$  vorgehalten werden müsste und somit EL und ökonomisches Kapital entsprechend dem Konjunkturverlauf Schwankungen unterliegt.

Neben diesen strittigen Bereichen können jedoch auch Einsatzbereiche von Ratings identifiziert werden, bei denen die Vorteilhaftigkeit einer der beiden Rating-Philosophien eindeutig ist. Wie bereits aufgezeigt wurde, sind PiT-Ratings relativ volatil und werden in kurzen Zeitabständen regelmäßig aktualisiert, so dass sie besonders im Bereich der Kreditüberwachung und für die Bildung von Rückstellungen für Kredite besonders geeignet sind.<sup>681</sup> Des Weiteren ist der PiT-Ansatz konsistent mit der Verwendung von Ratings als Inputparameter für ratingbasierte Kreditportfoliomodelle (z. B. CreditMetrics<sup>TM</sup>), die

<sup>679</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2003), S. 370.

<sup>680</sup> Quelle: Taylor (2003), S. 35.

<sup>681</sup> Vgl. Taylor (2003), S. 33.

gewöhnlich als Betrachtungszeitraum, analog zu PiT-Ratings, ein Jahr vorsehen.<sup>682</sup> Zudem liegt der Kreditrisikosteuerung ebenfalls ein kurzfristiger Betrachtungshorizont zugrunde, so dass auch in diesem Bereich PiT-Ratings vorteilhafter erscheinen.<sup>683</sup>

Für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals gemäß Basel II macht der Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht keine expliziten Vorgaben, welche Rating-Philosophie im internen Ratingansatz verwendet werden sollte.<sup>684</sup> Auf der einen Seite wird gefordert, dass „ein Kreditnehmerrating das Urteil der Bank über die Fähigkeit und die Bereitschaft eines Kreditnehmers widerspiegeln muss, seinen vertraglichen Verpflichtungen auch unter widrigen wirtschaftlichen Bedingungen oder im Falle unerwartet eintretender Ereignisse nachzukommen“,<sup>685</sup> was eher einer Through-the-Cycle-Betrachtung entspricht. Auf der anderen Seite beträgt der geforderte Zeithorizont für die PD-Schätzung ein Jahr, was eher mit einer Point-in-Time-Sichtweise übereinstimmt.<sup>686</sup> Diese fehlende Vorgabe in der Basel II-Richtlinie ist sehr verwunderlich, da die Wahl der Rating-Philosophie unterschiedliche Auswirkungen auf die Höhe des regulatorischen Eigenkapitals im Konjunkturverlauf hat. Schätzt eine Bank ihre PD beispielsweise nach dem TtC-Schema, so reflektiert die PD die Kreditwürdigkeit eines Kreditnehmers für einen langfristigen Zeithorizont und die kurzfristigen Konjunkturschwankungen werden durch die Assetkorrelation abgefangen. D. h., die PD werden sich auch während eines Abschwungs nicht wesentlich verändern, so dass die regulatorische Eigenkapitalanforderung ebenfalls über die Zeit stabil bleiben wird. Diese Stabilität der PD ist allerdings bei Verwendung der PiT-Philosophie nicht gegeben, so dass es im Falle eines Abschwungs durchaus zu Herabstufungen von Kreditnehmern und damit zu steigenden PD kommt.<sup>687</sup> Dieser Sachverhalt führt somit zu einer Benachteiligung der Banken, die sich für PiT-Ratings entscheiden, da sich neben den PD auch das anhand der Risikogewichtungsfunktion von Basel II berechnete vorzuhaltende regulatorische Eigenkapital in einer Rezession erhöht.<sup>688</sup> Diese Benachteiligung resultiert zum Großteil aus der Trennung der Schätzung von PD und Assetkorrelation in der Rahmenvereinbarung von Basel II.<sup>689</sup> Eine Bank, die PiT-Ratings verwendet, könnte ggf. wesentlich geringere Korrelationen aufweisen als eine Bank mit einer TtC-Philosophie. Da in Basel II die Assetkorrelationen aber relativ starr vorgegeben sind und somit in beiden Fällen relativ ähnliche Werte annehmen, kommt es bei PiT-Ratings zu den genannten (stärkeren) Schwankungen der regulatorischen Eigenkapitalanforderungen.<sup>690</sup>

Die Verwendung von PiT-Ratings zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals gemäß Basel II erscheint auf den ersten Blick wegen des aufgezeigten Nachteils der stärkeren Prozyklizität nicht empfehlenswert. Berücksichtigt werden sollte jedoch, dass Basel II unter anderem mit dem Ziel entwickelt

<sup>682</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2003), S. 371.

<sup>683</sup> Vgl. Taylor (2003), S. 37.

<sup>684</sup> Vgl. Rösch (2005), S. 38. Im Rahmen des Standardansatzes wird die Rating-Philosophie durch die Verwendung von öffentlichen Agenturratings festgesetzt, die grundsätzlich eher einer TtC-Philosophie folgen.

<sup>685</sup> Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004), Tz. 415.

<sup>686</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 414, sowie Rösch (2005), S. 38.

<sup>687</sup> Vgl. Rösch (2005), S. 48.

<sup>688</sup> Vgl. Catarineu-Rabell/Jackson/Tsomocos (2005), S. 539.

<sup>689</sup> Siehe hierzu Rösch (2005).

<sup>690</sup> Vgl. Rösch (2005), S. 49.

wurde, die Divergenz zwischen regulatorischem und ökonomischen Eigenkapital zu verringern. Da sich die Allokation und damit implizit die Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals gewöhnlich auf das Ein-Jahres-Risiko bezieht,<sup>691</sup> wäre aus diesem Gesichtspunkt jedoch die PiT-Philosophie für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals empfehlenswert. An dieser Stelle sollte in Basel II daher eine klare Vorgabe integriert werden, die ein einheitliches Vorgehen der Banken sicherstellt.

Trotz des genannten Nachteils der potenziell rezessionsverschärfenden, prozyklischen Effekte bei PiT-Ratings innerhalb von Basel II und der unterschiedlichen Ansichten der Rating-Philosophien im Bereich der Kreditvergabe, sollte ein internes Ratingsystem aufgrund der Vorteile im Bereich der Kreditrisikosteuerung und der ratingbasierten Kreditportfoliomodelle auf die **Point-in-Time-Philosophie** abstellen, da Kreditrisikomodelle in Zukunft im gesamten Kreditrisikomanagement und somit auch im Bereich der regulatorischen Eigenkapitalbestimmung stark an Bedeutung gewinnen werden und die Ratings somit konsistent auf die Anforderung der Kreditrisikomodelle abgestellt werden sollten.

Zusammenfassend sollte ein internes Ratingsystem die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Zweidimensionalität
- größtmögliche Flexibilität
- adäquate Komplexität
- Vollständigkeit
- Monotonie
- ausreichende Feinheit
- regelmäßiges Backtesting
- Informationseffizienz
- Objektivität
- Transparenz
- Point-in-Time-Philosophie

#### 4.2.2 Aufbau interner Ratingsysteme

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Anforderungen an interne Ratingsysteme herausgearbeitet wurden, wird im folgenden Abschnitt auf den Aufbau interner Ratingsysteme eingegangen. Wie bereits in Abschnitt 4.2.1 aufgezeigt wurde, sollte ein Ratingsystem über zwei Komponenten, das Bonitäts- und das Transaktionsrating, verfügen (siehe Abbildung 4.2-2).

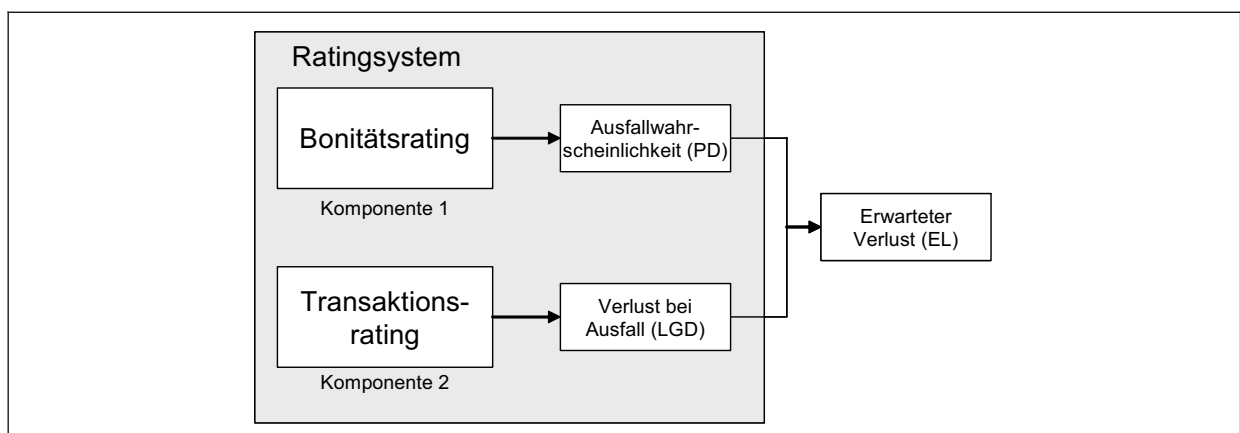


Abbildung 4.2-2: Hauptkomponenten eines internen Ratingsystems

<sup>691</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001b), S. 50.

Mit der ersten Komponente werden die Kreditnehmer entsprechend ihrer Bonität in Ratingklassen eingeordnet, für die jeweils durchschnittliche Ausfallwahrscheinlichkeiten geschätzt werden. Innerhalb der zweiten Komponente, dem Transaktionsrating, werden transaktionsspezifische Faktoren berücksichtigt, die zu einer Ratingklassenzuordnung des Kredites entsprechend der LGD führt. Anhand der Ergebnisse der beiden Komponenten (PD und LGD) kann anschließend der erwartete Verlust für eine Einheit Kreditbetrag berechnet werden.

Die Basis für das Bonitätsrating stellen die bonitätsrelevanten Informationen sowie die Daten über das jeweilige Umfeld des Kreditnehmers (Länder- und Branchensituation) dar. Diese Daten lassen sich prinzipiell in quantitative (Hard Facts) und qualitative Informationen (Soft Facts) unterscheiden. Während sich die quantitativen Informationen überwiegend aus Kennzahlen der Jahresabschlussanalyse zusammensetzen, gehören zu den qualitativen Informationen z. B. Einschätzungen über die Managementqualität und die Marktpositionierung. Nach der Auswahl der zu verwendenden Informationen werden diese gewichtet und über Ratingverfahren (siehe Abschnitt 4.2.3.2) zu einem Gesamtwert aggregiert. Der Kreditnehmer wird in einem weiteren Schritt anhand des ermittelten Gesamtwertes einer Ratingklasse zugeordnet. Der abschließende Schritt besteht dann in der Ableitung der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Grundstruktur eines Ratingsystems für das Bonitätsrating.

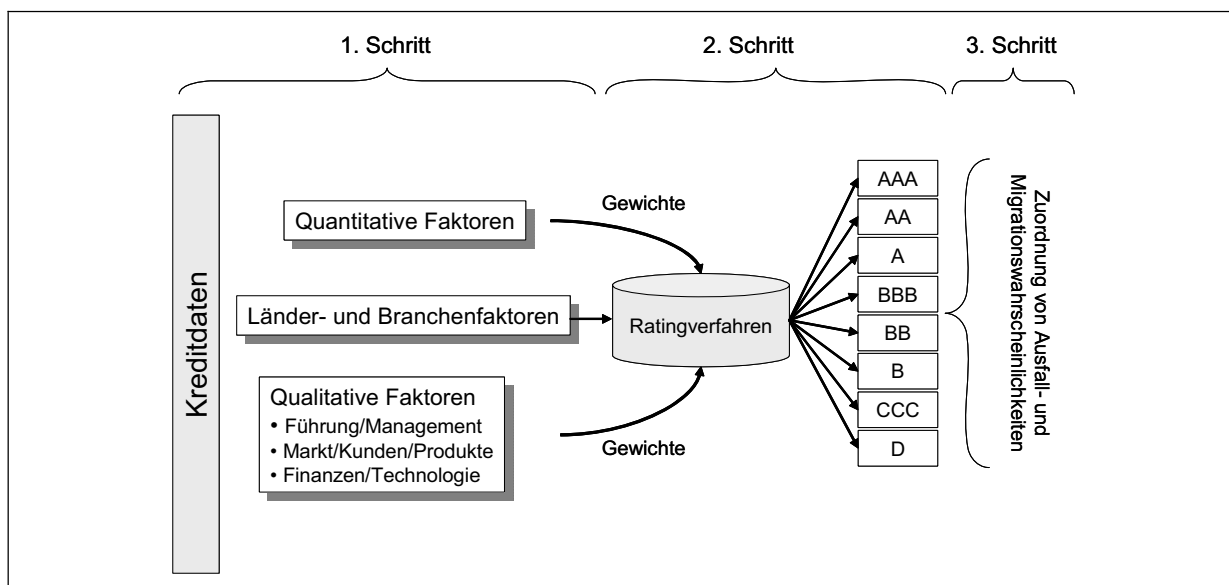


Abbildung 4.2-3: Grundstruktur eines internen Bonitätsratingsystems<sup>692</sup>

Wie bereits aus der Grundstruktur des Ratingsystems (Bonitätsrating) zu erkennen ist, stellt die Ratingvergabe einen mehrstufigen Prozess dar. Abbildung 4.2-4 zeigt beispielhaft einen schematischen Aufbau eines detaillierten Ansatzes für die Ratingvergabe. In einem ersten Schritt gilt es dabei die erforderlichen quantitativen und qualitativen internen Informationen des Unternehmens zu erfassen und entsprechend für eine maschinelle Weiterverarbeitung aufzubereiten. Zusätzlich können zur Bonitätsbeurteilung externe Zusatzinformationen herangezogen werden, die von verschiedenen Datenanbietern zur

<sup>692</sup> In Anlehnung an Ammann/Jovic/Schmid (2001), S. 918.

Verfügung gestellt werden. Zu diesen Datenanbietern zählen beispielsweise Creditreform, Statistisches Bundesamt, Bürgel, Dun & Bradstreet (D&B) sowie externe Ratingagenturen. Des Weiteren sollten die bankinternen Kontodaten im Rahmen einer Kontodatenanalyse aufbereitet und ebenfalls für das Ratingurteil herangezogen werden. Die Basis des Ratingurteils besteht somit überwiegend aus einer Unternehmensanalysen, in die ergänzend branchen- und länderspezifische Daten einfließen.<sup>693</sup>

Nach der Datenerfassung und -aufbereitung werden in einem weiteren Schritt zunächst Warnhinweise und K.O.-Kriterien bewertet, bevor im Anschluss eine Jahresabschlussanalyse durchgeführt wird. Die Jahresabschlussanalyse sollte hierbei optimalerweise auf einer Historie von mindestens drei aufeinander folgenden Jahresabschlüssen sowie aus mindestens zwei Plan-Jahresabschlüssen basieren, so dass insgesamt eine fünfjährige Historie (drei vergangene Abschlüsse und Prognosen über zwei zukünftige Abschlüsse) zugrunde gelegt wird.<sup>694</sup> Im abschließenden Schritt werden die aufbereiteten Daten über eine Beurteilungslogik auf Basis eines Ratingverfahrens in einen maschinellen Ratingvorschlag überführt.

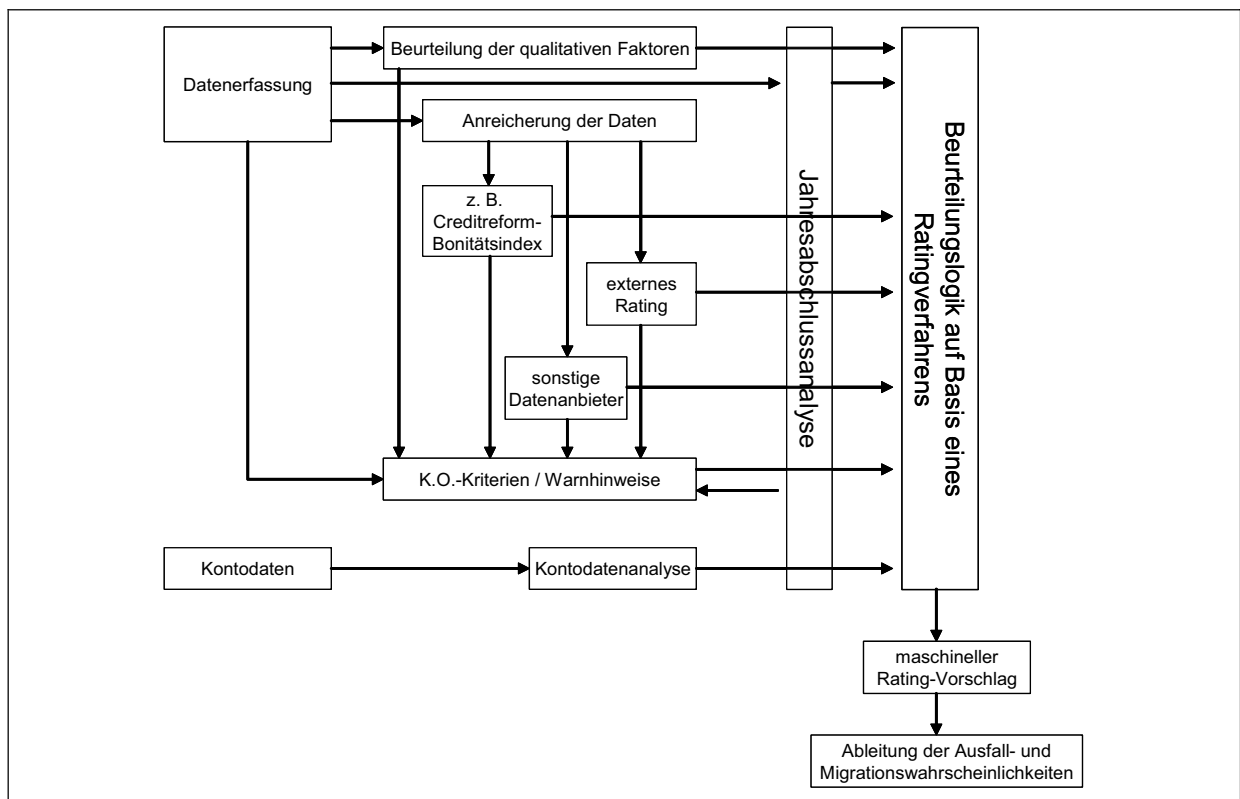


Abbildung 4.2-4: Aufbau eines internen Bonitätsratingsystems<sup>695</sup>

Bei der zweiten Komponente des Ratingsystems, dem Transaktionsrating, kann analog zur ersten Komponente ebenfalls ein mehrstufiger Bewertungsprozess aufgezeigt werden (siehe Abbildung 4.2-5). Das Transaktionsrating wird dabei grundsätzlich durch die Qualität und die Art der ggf. vorhandenen Sicherheiten determiniert. Die Sicherheiten bzw. Sicherheitenarten sollten dabei im Vorfeld in Bezug

<sup>693</sup> Vgl. Füsler/Gleißner (2001), S. 314.

<sup>694</sup> Vgl. Füsler (2001), S. 242.

<sup>695</sup> In Anlehnung an Füsler (2001), S. 239.

auf ihre Verwertungsmöglichkeit und grundsätzliche Form der Wertentwicklung<sup>696</sup> in homogene Klassen eingeteilt werden, da die Unterschiede in diesen Punkten bei der LGD-Bestimmung explizit berücksichtigt werden müssen. Des Weiteren sind mit der jeweiligen Art der ggf. hereingenommenen Kreditsicherheit entsprechende Ab- bzw. Aussonderungsrechte verbunden, die im Rahmen der zweiten Ratingkomponente ergänzend betrachtet werden müssen. Zudem haben mögliche Vertragsklauseln bzw. Convenants, die bestimmte unerwünschte Aktionen des Schuldners unterbinden bzw. erwünschte Aktivitäten verlangen, einen Einfluss auf das Ratingergebnis.<sup>697</sup> Der erste Schritt im Rahmen der zweiten Komponente besteht daher analog zum Bonitätsrating in der Erfassung und Aufbereitung dieser Daten. Über die Bewertung und Gewichtung werden die aufbereiteten Daten abschließend zu einem Ratingurteil aggregiert.

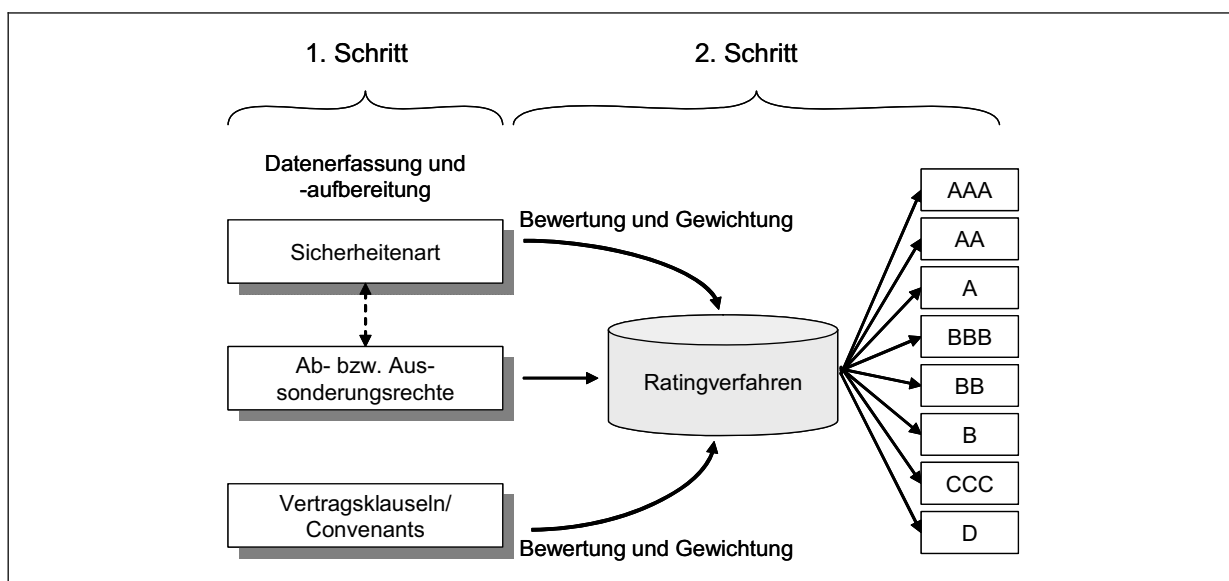


Abbildung 4.2-5: Grundstruktur eines internen Transaktionsratingsystems

Um der in Abschnitt 4.2.1 gestellten Anforderung der adäquaten Komplexität eines Ratingsystems gerecht zu werden, muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass im Bereich des Bonitätsratings so viele verschiedene Ratingverfahren (ggf. mit Anpassung der verwendeten Inputdaten) Verwendung finden, so dass der Großteil der im jeweiligen Bankportfolio vorhandenen Unternehmenstypen geratet werden kann. Gleiches gilt im Bereich des Transaktionsratings für die jeweiligen zu bewertenden Kreditarten.

### 4.2.3 Entwicklung eines Ratingsystems

Nachdem in den beiden vorangegangenen Abschnitten die grundsätzlichen Anforderungen und der prinzipielle Aufbau von internen Ratingsystemen aufgezeigt wurden, behandelt das folgende Unter-

<sup>696</sup> Die Wertentwicklung einer Immobilie stellt sich beispielsweise anders dar, als die einer Produktionsanlage oder eines Fahrzeugs.

<sup>697</sup> Vgl. Beutler (2001), S. 36.



kapitel die wesentlichen Schritte, die im Rahmen der Entwicklung bankinterner Ratingsysteme durchlaufen werden sollten (siehe Abbildung 4.2-6).

Der Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Ratingsystems ist die Generierung der Datenbasis. Hierunter ist zum einen die Auswahl und Aufbereitung von Ratingkriterien, die einen signifikanten Einfluss auf die Bonität eines Kreditnehmers haben, zu verstehen. Zum anderen muss an dieser Stelle definiert werden, woher die für die Kriteriengenerierung benötigten Daten bezogen werden können und wie diese vorzuhalten und aufzubereiten sind. Zunächst wird hierzu ein Katalog der zu untersuchenden Kriterien entwickelt, wobei sichergestellt sein muss, dass diese bereits bei alleiniger (univariater) Betrachtung eine gewisse Trennfähigkeit zwischen solventen und insolventen Unternehmen gewährleisten.<sup>698</sup> Anschließend werden aus der Vielzahl der Kriterien diejenigen ausgewählt, die im Rahmen einer (oder mehrerer) Ratingfunktion(en) bzw. Ratingverfahren verwendet werden sollen (multivariate Betrachtung).

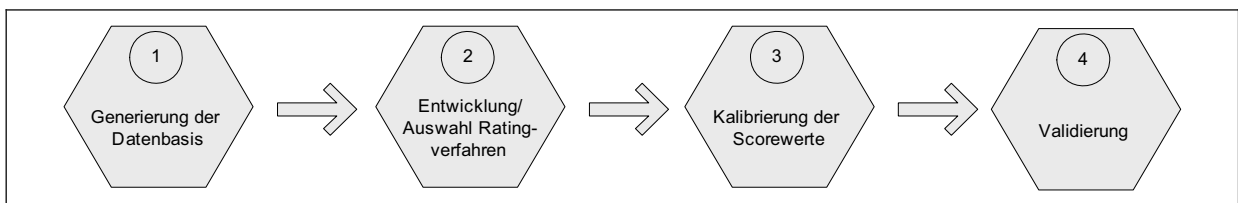


Abbildung 4.2-6: Vorgehensweise bei der Entwicklung von Ratingsystemen<sup>699</sup>

Im nächsten Schritt wird ein geeignetes Ratingverfahren entwickelt oder entsprechend der zu betrachtenden Kunden- bzw. Geschäftssegmente ausgewählt. Mithilfe dieses Ratingverfahrens und den im ersten Schritt identifizierten Ratingkriterien wird die Bonität eines Kreditnehmers aufgezeigt. I. d. R. wird die Bonität durch einen Zahlen- bzw. Score-Wert und nur in wenigen Fällen direkt durch eine Auswahlwahrscheinlichkeit angezeigt. Aufgrund dieser Tatsache besteht der weitergehende, dritte Schritt in der Kalibrierung des Score-Wertes, wobei unter Kalibrierung sowohl die Zuordnung von Risikoklassen als auch die Zuordnung von Ausfallwahrscheinlichkeiten zu den Score-Werten verstanden wird. Dieser Schritt schließt die eigentliche Ratingsystementwicklung ab. Der in der Abbildung aufgezeigte abschließende Schritt der Validierung des Ratingsystems bezieht sich somit nicht direkt auf die Entwicklung, sondern vielmehr auf den Einsatz des Systems. Die Validierung dient dabei der regelmäßigen Überprüfung in Bezug auf die Ergebnisqualität.

Analog zu den aufgezeigten Vorgehensschritten gliedern sich die nachfolgenden Abschnitte. Zunächst werden die grundlegenden Ratingkriterien bzw. Ratinginformationen erarbeitet, die einen signifikanten Einfluss auf die Bonität von Unternehmen haben und somit geeignet sind, in einem internen Ratingssystem verwendet zu werden (Abschnitt 4.2.3.1). Anschließend werden alternative Ratingverfahren aufgezeigt und erläutert, wie mit ihnen eine Bonitätsklassifikation vorgenommen werden kann (Abschnitt 4.2.3.2). Ergänzend wird dargestellt, wie den Ratingergebnissen Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden können (Abschnitt 4.2.3.3). Den Abschluss dieses Unterkapitels bilden Ausführungen über die Möglichkeiten und Vorgehensweisen bei der Validierung von (internen) Ratingsystemen und den entsprechenden Risikoparametern (Abschnitt 4.2.3.4).

<sup>698</sup> Vgl. auch im Folgenden Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 63 f.

<sup>699</sup> In Anlehnung an Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 63.

#### 4.2.3.1 Ratingkriterien / Ratinginformationen

Im folgenden Abschnitt werden mögliche zu verwendende Ratingkriterien bzw. Ratinginformationen aufgezeigt, wobei der Schwerpunkt der Erläuterungen auf der Betrachtung der Kriterien für das Bonitätsrating liegt und die Kriterien für das Transaktionsrating zum Abschluss des Abschnittes kurz aufgezeigt werden. Zu berücksichtigen bleibt jedoch bei beiden Ratingdimensionen, dass die zu verwendenden Faktoren in Abhängigkeit des Kunden- bzw. Geschäftssegments in Teilen variieren können. Die im Folgenden dargestellten Kriterien sind daher als mögliches Beispiel für (Industrie-)Unternehmen anzusehen.

In Abschnitt 2.2.2 wurde bereits erläutert, dass die Ratinganalyse (für ein Bonitätsrating) einem Bottom-Up-Ansatz folgen kann, bei dem zunächst das Herkunftsland und die entsprechende Branche analysiert werden. Im Anschluss daran gilt es, das individuelle Unternehmensrisiko des betrachteten Unternehmens, bestehend aus dem Geschäfts- und dem finanziellen Risiko, zu untersuchen, bevor abschließend aus den entsprechenden Informationen das Ratingurteil generiert wird. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Bottom-Up-Ansatz mit den genannten drei Ebenen.

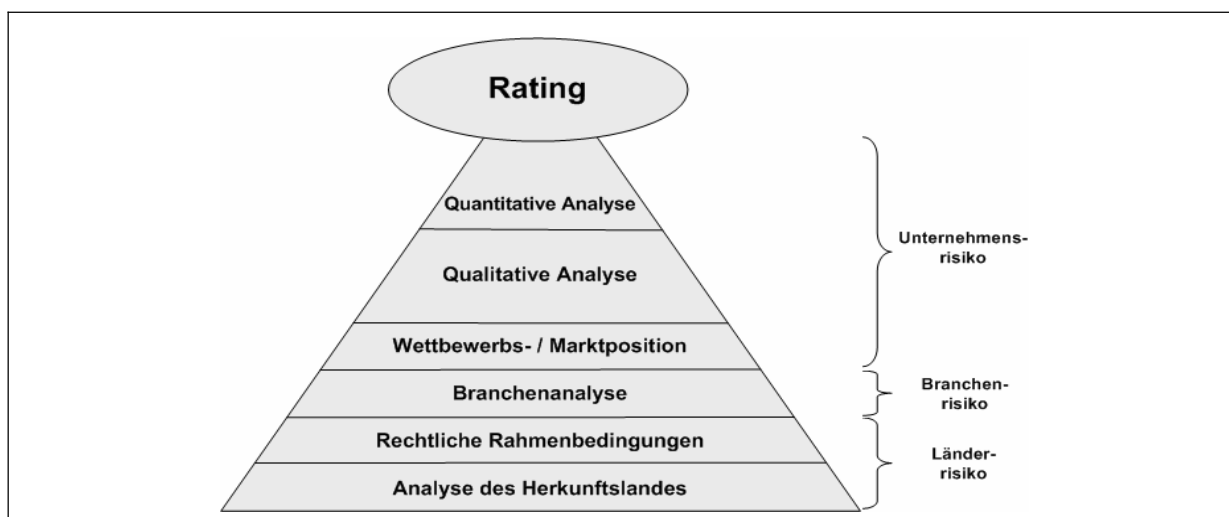


Abbildung 4.2-7: Bottom-Up-Ansatz der Ratinganalyse<sup>700</sup>

Die Aggregation der jeweiligen Ausprägungen der verwendeten Ratingkriterien kann auf verschiedene Arten erfolgen. Eine Möglichkeit besteht darin, alle Kriterien über eine Ratingfunktion bzw. über ein Ratingverfahren<sup>701</sup> mit den entsprechenden Gewichten zu einem Ratingurteil zu verdichten, wobei die qualitativen Daten im Vorfeld in numerische Werte (bspw. in Form von Notenskalen) überführt werden müssen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ermittlung verschiedener Teilratings, die abschließend ebenfalls über festzulegende Gewichte zu einem Ratingurteil aggregiert werden.

Die Abbildung 4.2-8 und Abbildung 4.2-9<sup>702</sup> zeigen Beispiele für die zweitgenannte Vorgehensweise, die grundsätzlich in einen horizontalen und einen vertikalen Ansatz unterteilt werden kann.<sup>703</sup> Beim

<sup>700</sup> In Anlehnung an Moody's Investors Service (2000), S. 3.

<sup>701</sup> Siehe hierzu Abschnitt 4.2.3.2.

<sup>702</sup> Beide Abbildungen in Anlehnung an Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 378.

<sup>703</sup> Vgl. auch im Folgenden Blochwitz/Eigermann (2001b), S. 98 f.

horizontalen Ansatz erfolgt die Verdichtung der Teilinformationen zu Teilratings parallel auf einer Stufe, so dass das Gesamtrating abschließend aus der Gewichtung und Aggregation der Teilratings generiert wird. Bei diesem Ansatz werden parallel jeweils Teilratings für das Länder- und für das allgemeine Branchenrisiko sowie für das finanzielle Risiko (quantitative Analyse) und das Geschäftsrisiko (qualitative Analyse) gebildet. Beim vertikalen Ansatz werden die Teilratings nicht parallel ermittelt, sondern folgen eher einem hierarchischen Ablaufschema, bei dem jedes Teilrating als Inputparameter in das Teilrating der folgenden Stufe eingeht. Charakteristisch für den vertikalen Ansatz ist somit eine sukzessive Verbesserung der Teil- bzw. Zwischenratings bis zum abschließenden Ratingurteil. Bei beiden Ansätzen können für die Verdichtung der Teilinformationen zu den Teilratings unterschiedliche Ratingverfahren zum Einsatz kommen.

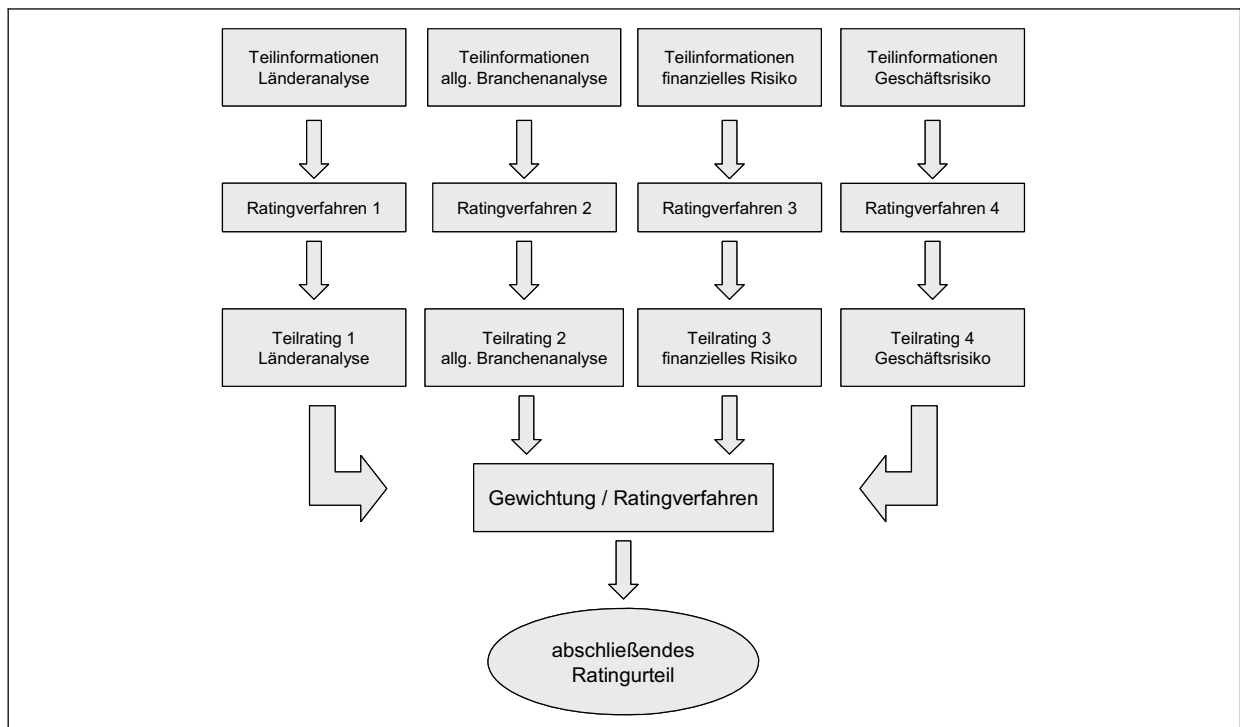


Abbildung 4.2-8: Horizontale Verdichtung von Teilratings

Der Ansatz der horizontalen Verdichtung weist dabei den Vorteil auf, dass durch die einzelne, parallele Informationsverarbeitung der zu analysierenden Bereiche die Besonderheiten der entsprechenden Teilinformationen besser berücksichtigt werden können und jeder Teilbereich einzeln beurteilt werden kann.<sup>704</sup> Auf diese Weise lassen sich Unternehmen bereits in Bezug auf einzelne Bereiche beurteilen und vergleichen. Durch diese klare modulare Trennung der zu analysierenden Bereiche ist es zudem möglich, nur einzelne Module bzw. Ratingverfahren zu modifizieren. Diese einfache Möglichkeit der Änderung einzelner Ratingverfahren ist vor allem bei auftretenden konzeptionellen Fehlern in einem (Teil-)Ratingmodul vorteilhaft, da die anderen Module unverändert bestehen bleiben können. Aufgrund der parallelen Erstellung der Teilratings und der abschließenden Aggregation hat ein möglicher Fehler in einem Verfahren zwar negative Auswirkungen auf das Gesamtergebnis, allerdings werden die Ergebnisse der anderen Teilratings in keiner Weise beeinträchtigt. Als Nachteil kann konstatiert werden,

<sup>704</sup> Vgl. auch im Folgenden Eigermann (2002), S. 182.

dass es in der bankbetrieblichen Praxis an wissenschaftlich fundierten Vorgehensweisen zur Aggregation der Teilratings zu einem abschließenden Ratingurteil mangelt.

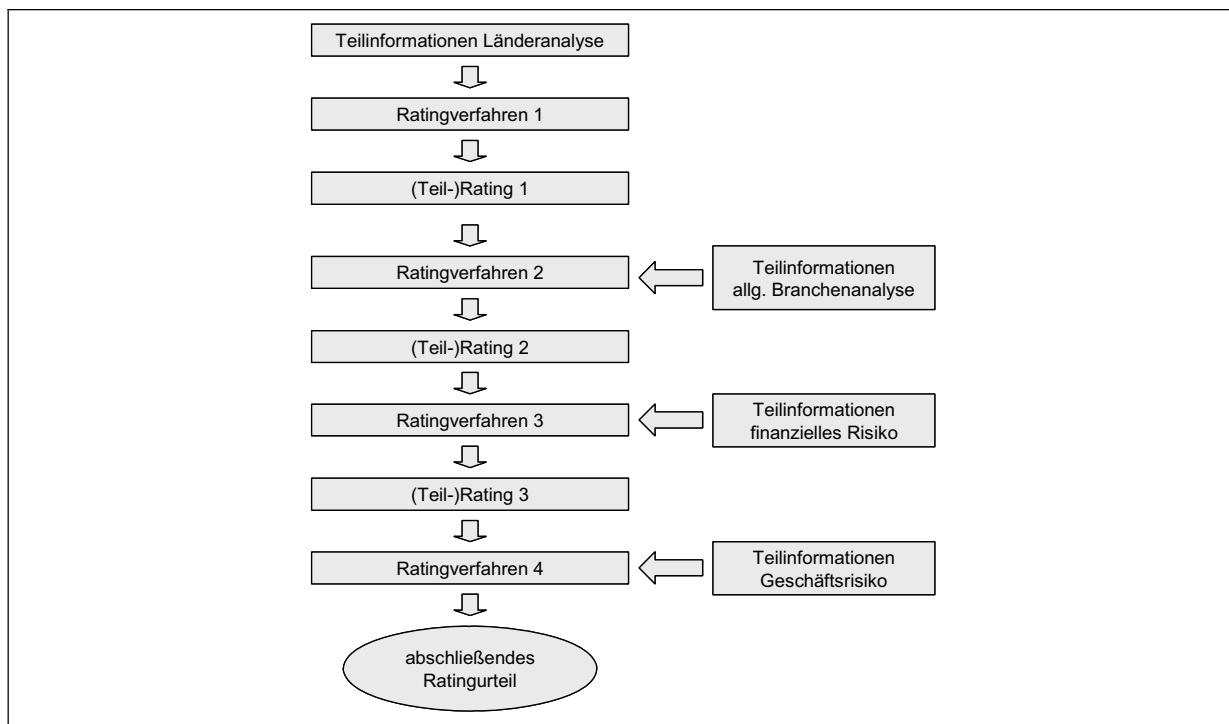


Abbildung 4.2-9: Vertikale Verdichtung von Teilratings

Im Gegensatz zum horizontalen Ansatz ist es bei der vertikalen Verdichtung durch das stufenweise Vorgehen möglich, ein abschließendes Ratingurteil durch stetige Verfeinerung bzw. Präzisierung der vorangegangenen Teilratings zu erreichen. Problematisch ist in diesem Punkt jedoch die fehlende Unabhängigkeit der einzelnen Teilratingergebnisse. Beinhaltet z. B. das Verfahren der ersten Stufe einen konzeptionellen Fehler, so wird dieser Fehler an alle nachfolgenden Stufen weitergegeben und kann sich auf diese Weise verstärken. Die Auswirkung eines Fehlers auf das abschließende Ratingurteil ist daher bei der vertikalen Methode größer als bei der horizontalen. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die eingesetzten Verfahren der einzelnen Teilratingstufen nicht separat modifiziert werden können, so dass sich Änderungen immer auf alle Teilratingverfahren beziehen, was prinzipiell einen höheren Aufwand bedeutet. Die aufgezeigten Punkte zeigen daher relativ deutlich, dass im praktischen Einsatz die horizontale Verdichtung der vertikalen Ratingbestimmung vorgezogen werden sollte.

Unabhängig von der gewählten Vorgehensweise bildet jedoch die Analyse des Herkunftslandes beim Bottom-Up-Ansatz i. d. R. den Ausgangspunkt für eine Ratingbestimmung. Grundsätzlich wird im Rahmen der Länderanalyse das politische und regulatorische Umfeld des Unternehmens betrachtet, wobei der Fokus auf der Analyse möglicher Auswirkungen liegt, die sich aufgrund der ggf. vorhandenen politischen Unterstützung, dem Umfang der staatlichen Regulierungen sowie der vorherrschenden Geld- und Wechselkurspolitik ergeben können.<sup>705</sup> Das in der Länderanalyse betrachtete Länderrisiko bezieht sich speziell bei Fremdwährungsverbindlichkeiten hauptsächlich auf das Transferrisiko und somit auf

<sup>705</sup> Vgl. Moody's Investors Service (1998), S. 1.

die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Kreditnehmer aufgrund dauerhafter oder zeitweiser Illiquidität des Devisenmarktes oder durch die Einführung nationaler Kapitalkontrollen nicht in der Lage ist, seinen in fremder Währung bestehenden Zahlungsverpflichtungen durch Umtausch der nationalen in die fremde Währung nachzukommen.<sup>706</sup>

Das Transferrisiko wird somit durch Faktoren beeinflusst, die nicht im Einflussbereich des Schuldners liegen, sondern die ausschließlich von den Begebenheiten des jeweiligen Landes abhängig sind. Aus diesem Grund wird häufig das Länderrating zur Berücksichtigung des Transferrisikos als Obergrenze für das abschließende Ratingurteil festgesetzt.<sup>707</sup> An dieser Stelle muss jedoch analysiert werden, welche Bedeutung das Transferrisiko für Banken, die im europäischen Raum tätig sind, prinzipiell aufweist. Die aufgezeigte Problematik kann grundsätzlich nur dann auftreten, wenn ein Schuldner Verbindlichkeiten in einer für ihn fremden Währung aufnimmt. Durch die Einführung des Euros kann daher davon ausgegangen werden, dass das Transferrisiko für europäische Banken, die ggf. überwiegend Kredite an Schuldner im Euroraum vergeben, keine bedeutende Rolle spielt und das Rating des Kreditnehmers somit zum größten Teil von der eigenen Bonität und den jeweiligen Branchegegebenheiten abhängt. Des Weiteren ist es für Mitgliedsstaaten der Europäischen Währungsunion nicht möglich, Devisen- und Kapitalverkehrskontrollen zu verordnen.<sup>708</sup> In solchen Fällen ist es daher nicht notwendig, das Unternehmensrating im Rahmen der so genannten „Sovereign Ceiling-Regel“ durch das Länderrating zu begrenzen. Grundsätzlich kommt die Begrenzungsregel aber weiterhin für Fremdwährungsverbindlichkeiten und hier vor allem im Bereich der Emerging Markets häufig zur Anwendung.<sup>709</sup> Zu berücksichtigen bleibt an dieser Stelle jedoch, dass das Transferrisiko nur bei Verbindlichkeiten in ausländischer Währung auftreten kann und somit eine transaktionsspezifische Komponente darstellt, die somit nicht im Bonitäts-, sondern im Transaktionsrating Berücksichtigung finden sollte.

Im Bereich der Bonitätsratings sollte allerdings auf eine grundsätzliche Länderanalyse nicht vollständig verzichtet werden, da sonstige wirtschaftliche, politische und kulturelle Faktoren eines Landes durchaus Auswirkungen auf die Kreditwürdigkeit von Unternehmen, die in dem Land ansässig oder tätig sind, haben können und die Einbeziehung von Länderrisiken in die Bonitätseinschätzung zudem eine Anforderung der Bankenaufsicht darstellt.<sup>710</sup> Zu den relevanten Kriterien im Bereich der Analyse des Länderrisikos gehören beispielsweise<sup>711</sup>

- soziale und politische Stabilität,
- Wachstumsperspektive des Landes,
- Inflations- und Zinstrends,
- Geschäftspraktiken im Heimatland (Beziehung des Unternehmens zu Kunden, Zulieferern und Banken),

<sup>706</sup> Vgl. Schäfer (2002), S. 323, sowie Everling (1991), S. 141.

<sup>707</sup> Vgl. Everling (2002), S. 93, sowie Moody's Investors Service (1998), S. 3.

<sup>708</sup> Vgl. Schäfer (2002), S. 324.

<sup>709</sup> Vgl. Durbin/Ng (2001), S. 2.

<sup>710</sup> Vgl. Standard & Poor's (2006), S. 37, sowie Kreische/Martin (2004), S. 229.

<sup>711</sup> Vgl. Moody's Investors Service (1998), S. 5 f., sowie Standard & Poor's (2006), S. 37.

- staatliche Garantien und Unterstützung sowie
- Geldpolitik und Wechselkurse.

Die Analyse der vergangenen und aktuellen Situation sowie die Entwicklungsprognose der jeweiligen Branche bilden den zweiten Kernaspekt der gesamten Ratinganalyse. Zu beachten ist hierbei, dass das Branchenrating nicht die individuelle Situation eines Unternehmens, sondern die Faktoren, die auf alle Unternehmen einer Branche einwirken, bewertet. Da die Unternehmen auf diese Faktoren, analog zum Länderrating, keinen Einfluss haben, ist das Branchenrating für alle in ihr befindlichen Unternehmen identisch und wird in der Praxis ebenfalls häufig als Ratingobergrenze verwendet.<sup>712</sup> Operiert ein Unternehmen in mehreren Branchen, so sind alle relevanten Branchen einzeln zu betrachten und im Bonitätsrating bzw. im Teilrating für die Branchenanalyse entsprechend der Bedeutung der jeweiligen Geschäftsbereiche für das Unternehmen zu berücksichtigen und zu gewichten. Voraussetzung für die Gewichtung ist dabei jedoch, dass das Unternehmen der Bank z. B. seine jeweiligen Umsatzanteile in den entsprechenden Branchen offen legen muss. Problematisch ist in diesem Punkt, dass es nicht allen Unternehmen möglich ist, ihre Umsätze eindeutig bestimmten Branchen zuzuordnen. In solchen Fällen wird sich eine Bank daher mit einer (subjektiven) Einschätzung der Branchengewichtung zufrieden geben müssen.

Insgesamt gehören zu den typischen Faktoren, die bei der Branchenanalyse betrachtet werden, z. B.<sup>713</sup>

- Branchenwachstum,
- Rentabilität,
- Konjunkturabhängigkeit,
- Insolvenzrate der Branche,
- wirtschaftspolitische Veränderungen der Branche (Deregulierungs-, Privatisierungs- und steuerliche Maßnahmen),
- technologische Veränderungen (Innovationskraft der Branche, Ablaufgeschwindigkeit technischer Produktzyklen, mögliche Substitutionstechnologien, Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen in der Branche),
- Wettbewerbsbedingungen (Branchenstruktur),
- Markteintrittsbarrieren sowie
- allgemeine Kosten- und Erlössituation der Branche.

Einige dieser Daten können beispielsweise vom Statistischen Bundesamt oder auch von privaten Organisationen wie FERI (Financial & Economic Research International) oder Creditreform bezogen wer-

<sup>712</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 29, sowie del Mestre (2001), S. 19.

<sup>713</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 28 f.; Berblinger (1996), S. 65 f.; Meyer-Parpart (1996), S. 122; Wiedemeier (2001), S. 349, sowie Groth (1999), S. 947 f.

den.<sup>714</sup> Zusätzlich verfügen viele Banken über eigene interne Research-Abteilungen, die die entsprechenden Daten alternativ bzw. ergänzend ermitteln.

Neben der Einschätzung des allgemeinen Branchenrisikos gibt das Branchenrating ergänzend Anhaltspunkte für die weitere Analyse der unternehmensspezifischen Risikofaktoren und für deren Gewichtung. Wird durch die Branchenanalyse beispielsweise festgestellt, dass die Branche durch eine hohe Wettbewerbsintensität geprägt ist, so wird in der weiteren Analyse des Unternehmensrisikos die Betrachtung der Markt- bzw. Wettbewerbsposition des Unternehmens von hoher Bedeutung sein. Im Gegensatz zu diesem Beispiel wird bei eher kapitalintensiven Branchen eine sorgfältige Analyse der Cash-flow-Erwirtschaftung notwendig sein und entsprechend mit höherem Gewicht in das endgültige Bonitätsrating eingehen.<sup>715</sup>

Nach der Einschätzung des Länder- und des allgemeinen Branchenrisikos folgt mit der Analyse des eigentlichen Unternehmensrisikos, welches sich in das Geschäfts- und das finanzielle Risiko aufteilt, der Kern der Bonitätsanalyse. Die Analyse des Geschäftsrisikos besteht überwiegend aus der Betrachtung qualitativer Faktoren (Soft Facts), wobei einige dieser Faktoren Überschneidungen zur allgemeinen Branchenanalyse aufweisen, weswegen die Analyse des Geschäftsrisikos in eine qualitative Analyse und in eine Betrachtung der individuellen Markt- bzw. Wettbewerbsposition (Wettbewerbslage) unterteilt werden kann (siehe Abbildung 4.2-7).

Im Rahmen der Analyse der individuellen Wettbewerbsposition wird das Unternehmen in Relation zur gesamten Branche bzw. in Relation zu den jeweiligen Märkten betrachtet. Das Ziel liegt hierbei in der Untersuchung der relativen Stärke des Unternehmens unter Berücksichtigung sowohl nationaler als auch internationaler Konkurrenten.<sup>716</sup> Relevante Kriterien bei der Bewertung der Marktposition sind beispielsweise<sup>717</sup>

- relativer Marktanteil und ggf. internationale Wettbewerbsstellung,
- Diversifizierungsgrad (Risikostreuungs- und Synergieeffekte),
- Absatz- und Beschaffungssituation,
- vorhandene Wettbewerbsvorteile,
- Produktpositionierung bzw. Produktmix,
- Patentschutz,
- Standortfaktoren,
- Kundenstruktur,
- Produkt- und Firmenimage sowie Kosteneffizienz.

<sup>714</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 29.

<sup>715</sup> Vgl. del Mestre (2001), S. 20.

<sup>716</sup> Vgl. Claussen (2004), S. 303.

<sup>717</sup> Vgl. Berblinger (1996), S. 66 f.; Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 27, sowie Claussen (2004), S. 302.

Neben der Wettbewerbsposition werden im Bereich des Geschäftsrisikos innerhalb der qualitativen Analyse weitere unternehmensspezifische Kriterien, die einen signifikanten Einfluss auf die Kreditwürdigkeit eines Unternehmens haben, analysiert. Charakteristisch für diese hauptsächlich qualitativen Faktoren ist, dass sie nominal oder ordinal skalierte, diskrete Merkmale darstellen, deren Ausprägungen ausschließlich verbal beschrieben werden können.<sup>718</sup> Anhand dieser Merkmale wird sowohl die Unternehmenssituation in der Vergangenheit als auch die aktuelle und zukünftige Situation bewertet, wobei die Betrachtung der aktuellen und besonders der zukünftigen Unternehmensentwicklung den Schwerpunkt bildet. Ein Nachteil dieser „weichen“ Faktoren liegt darin, dass die jeweiligen Merkmalsausprägungen nicht direkt quantifizier- oder ablesbar sind, so dass deren Ermittlung und Gewichtung durch einen Ermessensspielraum charakterisiert sind, was grundsätzlich eine subjektive Einschätzung dieser Faktoren impliziert. Des Weiteren können qualitative Merkmale i. d. R. nicht direkt in mathematisch-statistische Verfahren integriert werden, sondern müssen vorher aufbereitet und beispielsweise durch eine (Schul-)Benotung der Merkmalsausprägungen in Zahlenwerte umgewandelt werden.<sup>719</sup> Aus diesen Gründen ist die Verwendung von qualitativen Faktoren im Rahmen eines internen Ratingsystems insgesamt mit einem relativ hohen Aufwand verbunden.<sup>720</sup> Trotz dieser Nachteile, sollten qualitative Ratingkriterien in einem internen Ratingsystem Berücksichtigung finden, da sie aufgrund ihres Zukunftsbezuges besonders als Frühindikatoren für kritische Unternehmensentwicklungen geeignet sind und zudem zu besseren Bonitätsprognosen führen als die alleinige Verwendung von quantitativen, finanziellen Faktoren.<sup>721</sup> Die Notwendigkeit der Einbeziehung von qualitativen, zukunftsbezogenen Faktoren lässt sich zudem dadurch begründen, dass die Rückzahlung eines Kredites naturgemäß erst in der Zukunft stattfinden wird. Die Erfüllung der mit dem Kredit verbundenen vertraglichen Zahlungsverpflichtungen sollte grundsätzlich durch Gewinne aus der regulären Geschäftstätigkeit und nicht über die Verwertung von gestellten Sicherheiten erfolgen. Für eine Bank ist es also von Interesse, wie sich das Unternehmen in Zukunft entwickeln wird und ob es auch bis zum Ende der Kreditlaufzeit in der Lage sein wird, die Rückzahlungen zu leisten. Zur Einschätzung der Kreditwürdigkeit ist es daher wichtig, durch die Analyse der qualitativen Faktoren einen Anhaltspunkt für den künftigen Unternehmenserfolg zu erhalten.<sup>722</sup> Zu diesen Kriterien zählen beispielsweise:<sup>723</sup>

- Qualität des Managements,
- Qualifikation des Personals und Personalpolitik,
- Qualität des Rechnungswesens und Controlling,
- Qualität des Risikomanagementsystems,

<sup>718</sup> Vgl. auch im Folgenden Fischer (2004), S. 88 f.

<sup>719</sup> Eine Möglichkeit der Zuordnung von reellen Zahlen zu qualitativen Merkmalsausprägungen im Rahmen einer Diskriminanzanalyse wird bei Blochwitz/Eigermann (2000) kurz aufgezeigt.

<sup>720</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 372.

<sup>721</sup> Vgl. Müller (2006), S. 69; Blanke (2004), S. 474, sowie Grunert/Norden/Weber (2005), S. 528.

<sup>722</sup> Vgl. auch im Folgenden Wiedemeier (2001), S. 345 f.

<sup>723</sup> Vgl. Adjemian/Schoder (2005), S. 31 f.; Peukert/Fleischer (2002), S. 597; Eigermann (2002), S. 69, sowie Offerhaus (2004), S. 115.



- Produktions- und Leistungsbereich (z. B. Kapazitätsauslastung, Höhe der Lagerbestände, Art der Fertigung),
- Investitions- und Finanzierungsbereich (z. B. Investitionsverhalten, Zahlungsmodalitäten),
- Finanzverhalten des Unternehmens (z. B. Kontoführung, Kontodatenanalyse) sowie
- Strukturmerkmale (z. B. Alter, Rechtsform, Unternehmensgröße).

Ein schlechtes Management wird häufig als Hauptgrund für Unternehmensinsolvenzen angeführt, so dass die Beurteilung der Managementqualität den wichtigsten Faktor im Rahmen der Geschäftsrisikoprüfung darstellt.<sup>724</sup> Besonders deutlich wird die Bedeutung der Managementqualität beim Auftreten von unerwarteten (negativen) Ereignissen. Hier zeigt sich, ob das Management über ausreichende Leistungsfähigkeit und Erfahrung verfügt, um sich im Rahmen der Geschäftstätigkeit auch auf negative wirtschaftliche Szenarien einzustellen und um diese auch bewältigen zu können.<sup>725</sup> Die Managementqualität wird dabei zum einen in einer ex post Betrachtung anhand der bisher erzielten Unternehmensergebnisse und zum anderen in Bezug auf die strategische Steuerung und Kontrolle des Unternehmens bewertet. Wichtig ist hierbei, dass nicht nur das Top-Management, sondern auch die Managementebenen berücksichtigt werden, die die operativen Tätigkeiten und Entscheidungen zu verantworten haben, da diese gewöhnlich ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Gewinnmargen ausüben.<sup>726</sup> Im Gegensatz zu den externen Ratingagenturen fehlt es den Banken jedoch noch häufig an ausreichender Erfahrung bzw. Kompetenz, um die Managementqualität adäquat beurteilen zu können. Im Grundsatz sollte sich die Analyse der Managementqualität auf die folgenden Punkte beziehen:<sup>727</sup>

- fachliche (technisch und kaufmännisch) sowie persönliche Qualifikation,
- strategische und operative Planung,
- Erfahrung des Managements bei der Bewältigung von Problemsituationen,
- Erfahrung des Managements im Bereich des Risikomanagements,
- Abstimmung der Organisationsstruktur auf die Unternehmensstrategie und
- Kontrollmechanismen.

Während bei externen Ratings der Schwerpunkt auf der qualitativen Analyse liegt, stellt bei den hier betrachteten internen Ratingsystemen die quantitative Analyse des finanziellen Risikos traditionell den Kernbereich der Bonitätsanalyse dar.<sup>728</sup> Inhaltlich wird hierbei mithilfe von Kennzahlen aus der statistischen Jahresabschlussanalyse die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage eines Unternehmens bewertet.<sup>729</sup> Die Informationsgrundlage wird somit durch Bilanz, GuV-Rechnung, Anhang, Lagebericht, Bewegungsbilanz und Betriebswirtschaftliche Auswertungen (BWA) sowie bei nicht bilanzierenden Unter-

<sup>724</sup> Vgl. Günther/Grüning (2000), S. 48.

<sup>725</sup> Vgl. Berblinger (1996), S. 69 f., sowie Munsch (2006), S. 246.

<sup>726</sup> Vgl. Paul (1996), S. 412.

<sup>727</sup> Vgl. Berblinger (1996), S. 69, sowie Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 27

<sup>728</sup> Vgl. Gaubatz (2004), S. 445.

<sup>729</sup> Vgl. Gatzki/Gatzki (2005), S. 321; Bennewitz/Kasterich (2004), S. 5, sowie Baetge (1994), S. 1.

nehmen ergänzend durch die Einnahmen-Überschussrechnungen und Selbstauskünfte gebildet.<sup>730</sup> Aufgrund unterschiedlicher Rechnungslegungsvorschriften (HGB, US-GAAP, IAS/IFRS) ist es allerdings ökonomisch nicht sinnvoll, die finanziellen Kennzahlen direkt aus den vorliegenden Jahresabschlüssen zu ermitteln. Die verschiedenen Bilanzierungsstandards unterscheiden sich in Teilen im Bereich der Ansatz- und Bewertungswahlrechte, so dass eine einheitliche Vorgehensweise bei der Kennzahlenermittlung zu Unterschieden bei den Kennzahlenausprägungen führen kann, die jedoch nicht unbedingt auf Unterschiede in der wirtschaftlichen Situation der Unternehmen, sondern auf die unterschiedlichen Rechnungslegungsvorschriften zurückzuführen sind. Die Analyse des finanziellen Risikos kann somit nicht ungeachtet des jeweils angewendeten Bilanzierungsstandards erfolgen, da auf diese Weise keine Vergleichbarkeit der Unternehmen gewährleistet werden kann. Aus diesem Grund müssen die jeweiligen Jahresabschlüsse über Normierungsschemata in eine Struktur-Bilanz und eine Struktur-GuV überführt werden, aus denen anschließend die Kennzahlen einheitlich ermittelt werden können.<sup>731</sup> Ergänzend sollten Jahresabschlüsse mehrerer Jahre in die Betrachtung integriert werden, um auf diese Weise auch Änderungen von Kennzahlen im Zeitverlauf betrachten sowie ggf. direkt Veränderungskennzahlen bilden und diese innerhalb des Ratingverfahrens verwenden zu können.<sup>732</sup>

Aus der Jahresabschlussanalyse lässt sich somit eine Vielzahl von Kennziffern bilden, die theoretisch in die Ratingfunktion Eingang finden können. Die Verwendung vieler Kennzahlen ist jedoch nicht sinnvoll, da bereits einige wenige (geeignete) Kennzahlen eine gute Prognose der Bonität ermöglichen, so dass die Hinzunahme weiterer Kennzahlen zu einer immer geringeren Verbesserung des Ratingergebnisses führt (abnehmender Grenznutzen). Ökonomisch kann dieser Sachverhalt dadurch begründet werden, dass viele Kennzahlen korreliert sind und somit eine ähnliche Qualität in Bezug auf die Bonitätsprognose aufweisen. Sind daher beispielsweise zwei Kennzahlen (positiv) korreliert, so ist es ausreichend nur eine innerhalb der Ratingfunktion zu verwenden, da die Hinzunahme der zweiten Kennzahl aufgrund der Korreliertheit keinen Mehrwert bietet.<sup>733</sup> Für ein Bonitätsurteil über ein internes Ratingsystem müssen daher diejenigen Kennzahlen ausgewählt werden, die eine trennscharfe Bonitätsklassifizierung ermöglichen und die zudem möglichst unabhängig bzw. unkorreliert sind, um so eine Doppelerfassung und damit auch eine Doppelgewichtung zu vermeiden. I. d. R. wird diese Auswahl anhand statistischer Methoden, wie z. B. Regressions- oder Diskriminanzanalysen, vorgenommen.

Die innerhalb der internen Ratingsysteme verwendeten Kennzahlen sind i. d. R. nicht einheitlich, sondern variieren je nach Kreditinstitut, wobei jedoch festgestellt werden kann, dass die Eigenkapitalquote oder Cash-Flow-Größen in allen Ratingsystemen mit die wichtigsten Kennzahlen darstellen.<sup>734</sup> Tabelle 4.2-1 zeigt beispielhaft die Definition der vierzehn Kennzahlen auf, die im BBR Baetge-Bilanz-Rating® verwendet werden.<sup>735</sup>

<sup>730</sup> Vgl. Adjemian/Schoder (2005), S. 18, sowie Wiedemeier (2001), S. 348 f.

<sup>731</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 25 f., sowie Dartsch/Graalman (2004), S. 192.

<sup>732</sup> Vgl. auch im Folgenden Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 23 f.

<sup>733</sup> Vgl. Dittmar/Steiner (2000), S. 443.

<sup>734</sup> Vgl. Gaubatz (2004), S. 447.

<sup>735</sup> Für eine detaillierte Darstellung und Erläuterung weiterer Kennzahlensysteme im Rahmen der Jahresabschlussanalyse siehe Heimann (2002), S. 115-132.

	<b>Kennzahldefinition</b>	<b>Informations-Bereich</b>
1	$\frac{\text{ordentliches Betriebsergebnis}}{\text{Umsatz}}$	Rentabilität
2	$\frac{\text{ertragswirtschaftlicher Cash Flow}}{\text{Bilanzsumme}}$	Rentabilität
3	$\frac{\text{ertragswirtschaftlicher Cash Flow} + \text{Zuführung zu den Pensionsrückstellungen}}{\text{Bilanzsumme}}$	Rentabilität
4	$\frac{\text{ertragswirtschaftlicher Cash Flow}}{\text{Fremdkapital} - \text{erhaltene Anzahlungen}}$	Finanzkraft
5	$\frac{\text{ertragswirtschaftlicher Cash Flow}}{\text{kfr. Fremdkapital} + \text{mfr. Fremdkapital}}$	Finanzkraft
6	$\frac{(\text{Akzeptverpflichtungen} + \text{Verbindlichkeiten aus Lieferung und Leistung (L \& L)}) \cdot 360}{\text{Gesamtleistung}}$	Kapitalbindungs-dauer
7	$\frac{(\text{Akzeptverpflichtungen} + \text{Verbindlichkeiten aus L \& L}) \cdot 360}{\text{Umsatz}}$	Kapitalbindungs-dauer
8	$\frac{\text{kfr. Bankverb.} + \text{Verbindl. aus L \& L} + \text{Akzeptverpflichtungen} + \text{sonst. Verbindlichkeiten}}{\text{Umsatz}}$	Kapitalbindung
9	$\frac{\text{kfr. Fremdkapital}}{\text{Bilanzsumme}}$	Verschuldung
10	$\frac{\text{Verbindlichkeiten aus L \& L} + \text{Akzeptverbindlichkeiten} + \text{Bankverbindlichkeiten}}{\text{Fremdkapital} - \text{erhaltene Anzahlungen}}$	Verschuldung
11	$\frac{\text{wirtschaftliches Eigenkapital}}{\text{Sachanlagevermögen} - \text{Grundstücke und Bauten}}$	Liquidität
12	$\frac{\text{Personalaufwand}}{\text{Gesamtleistung}}$	Wertschöpfung
13	$\frac{\text{Wirtschaftliches Eigenkapital} - \text{immaterielle Vermögensgegenstände}}{\text{Bilanzsumme} - \text{imm. Vermögensgegenstände} - \text{fl. Mittel} - \text{Grundstücke und Bauten}}$	Kapitalstruktur
14	$\frac{\text{wirtschaftliches Eigenkapital} + \text{Rückstellungen}}{\text{Bilanzsumme} - \text{flüssige Mittel} - \text{Grundstücke und Bauten}}$	Kapitalstruktur

Tabelle 4.2-1: Definition der Kennzahlen des BBR Baetge-Bilanz-Rating®<sup>736</sup>

Der quantitativen Analyse haftet häufig der Vorwurf an, dass sie kaum zeitnahe sondern überwiegend vergangenheitsorientierte Informationen betrachtet, die die Kapitaldienstfähigkeit eines Unternehmens in der Zukunft nicht zwingend angemessen aufzeigen kann. Diese Kritik kann jedoch durch das Argument teilweise entkräftet werden, dass durch die statistischen Methoden nur solche Kennzahlen aus-

<sup>736</sup> Quelle: Baetge/Sieringhaus (1996), S. 233.

gewählt werden, die in der Lage sind, Unternehmensinsolvenzen mit einem zeitlichen Vorsprung zu prognostizieren.<sup>737</sup>

Nachdem die Ratingkriterien für die erste Ratingdimension, das Bonitätsrating, aufgezeigt wurden, wird abschließend für diesen Abschnitt kurz auf die Kriterien für das Transaktionsrating eingegangen. Im Rahmen des Transaktionsratings wird eine Einschätzung der LGD einer einzelnen Transaktion vorgenommen,<sup>738</sup> so dass das Ergebnis dieser Ratingkomponente der Bestimmung einer LGD-Klasse entspricht. Das Transaktionsrating gibt damit Auskunft über die mögliche Verlustschwere bei einem Kredittnehmerausfall und wird hauptsächlich durch die vorhandenen Sicherheiten bzw. durch den jeweiligen Blankoanteil der Verbindlichkeit determiniert. Des Weiteren haben die folgenden Faktoren einen signifikanten Einfluss auf das Transaktionsrating.<sup>739</sup>

- Verwertbarkeit der Sicherheiten,
- Volatilität der Sicherheitenwerte,
- Rangstellung des Gläubigers,
- Laufzeit bzw. Risikohorizont,
- Tilgungsart,
- Art der Zinszahlung (fest/variabel),
- Kreditlimite (ggf. bisherige durchschnittliche Auslastung),
- Vertragsklauseln (positiv/negativ) sowie
- Länder- bzw. Transferrisiko bei Fremdwährungsverbindlichkeiten.

Die sowohl für das Bonitäts- als auch für das Transaktionsrating aufgezeigten Risikofaktoren können jedoch nicht als eine einheitliche Basis für alle Kundensegmente und Kreditarten verstanden werden. In Abhängigkeit der jeweiligen Unternehmenstypen bzw. Geschäftsarten können einige Faktoren wegfallen und ggf. auch neue hinzugenommen werden. Dieser Sachverhalt gilt äquivalent für die jeweilige Gewichtung der Faktoren, die für das abschließende Ratingurteil Verwendung finden. Diese Erläuterungen unterstreichen die in Abschnitt 4.2.1 aufgezeigten Anforderungen, dass ein Ratingsystem über eine größtmögliche Flexibilität und über eine adäquate Komplexität verfügen sollte.

Des Weiteren können im Anschluss an diesen Abschnitt zwei ergänzende Anforderungen an Ratingssysteme identifiziert werden. Zum einen sollten sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien verarbeitet werden können und zum anderen muss eine Ratingbestimmung auch bei nicht vollständig vorliegenden Ratinginformationen möglich sein.

<sup>737</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 22.

<sup>738</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001b), S. 48.

<sup>739</sup> Vgl. Beutler (2001), S. 124, sowie Bundesverband Deutscher Banken (2005b), S. 31 f.

#### 4.2.3.2 Alternative Ratingverfahren

In den folgenden Abschnitten werden mögliche Verfahren kurz aufgezeigt, die im zweiten Schritt bei der Ratingsystementwicklung (siehe Abbildung 4.2-6) angewendet werden können, um die Kriterien zu einem Rating- bzw. Teilratingergebnis zu verdichten.<sup>740</sup> In der Praxis wird eine Vielzahl dieser Verfahren im Rahmen der Bonitätsklassifizierung eingesetzt, wobei sie sich in ihrer Funktionsweise und Anwendung in Teilen unterscheiden. Eine mögliche Klassifizierung kann durch die Unterteilung in mathematisch-statistische Verfahren, Verfahren der künstlichen Intelligenz und kausalanalytische Verfahren vorgenommen werden (siehe Abbildung 4.2-10). Im Grundsatz hat sich in der Praxis noch kein eindeutig überlegenes Verfahren herauskristallisiert, da die meisten Verfahren eine ähnliche Gütequalität in Bezug auf die Trennfähigkeit zwischen solventen und insolventen Kreditnehmern aufweisen. Allerdings entsprechen nicht alle Verfahren den in Abschnitt 4.2.1 aufgezeigten und in Abschnitt 4.2.3.1 ergänzten Anforderungen, so dass im weiteren Verlauf dieses Abschnittes die einzelnen Verfahren erläutert und kurz auf ihre Einsatzmöglichkeit in einem (Basel II-konformen) internen Ratingsystem analysiert werden. Im Rahmen dieser Analyse werden dabei mit den Anforderungen „Objektivität“, „Transparenz“, „Verwendung von quantitativen und qualitativen Kriterien“ sowie „Robustheit gegenüber fehlenden Daten“ nur die Kriterien betrachtet, die durch die Wahl des Ratingverfahrens direkt beeinflusst werden.

Bei den beschriebenen Verfahren handelt es sich primär um Verfahren, die im Rahmen der Komponente des Bonitätsratings zum Einsatz kommen. Die aufgezeigten Verfahren können jedoch auch für die zweite Komponente, das Transaktionsrating, prinzipiell verwendet werden.<sup>741</sup>

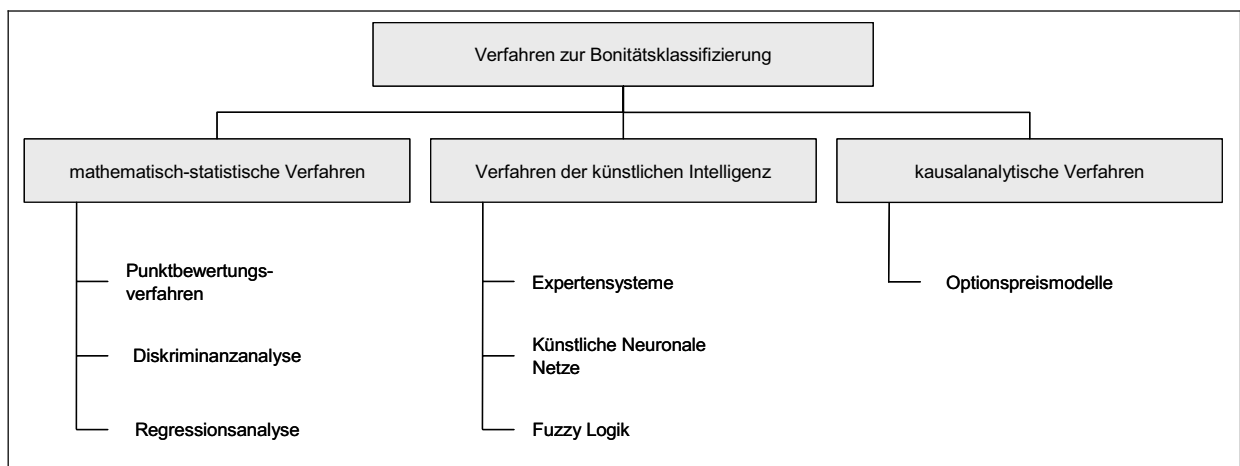


Abbildung 4.2-10: Ausgewählte Verfahren der Bonitätsklassifizierung

##### 4.2.3.2.1 Mathematisch-statistische Verfahren

Die mathematisch-statistischen Verfahren der Bonitätsklassifikation umfassen Methoden zur Auswahl geeigneter Bonitätsindikatoren sowie Methoden, mit deren Hilfe gefährdete Unternehmen erkannt werden können. Diese Verfahren basieren häufig auf einem quantitativen Ansatz, bei dem auf Basis einer

<sup>740</sup> Für eine detaillierte Darstellung dieser Verfahren siehe beispielsweise Daldrup (2006), S. 40-66.

<sup>741</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 32.

Vielzahl vergangener Jahresabschlüsse eine Trennung zwischen insolvenzgefährdeten und nicht insolvenzgefährdeten Unternehmen erfolgt. Diese Verfahren können jedoch auch einen qualitativen Ansatz berücksichtigen, indem qualitative Kriterien in mathematisch erfassbare Zahlenwerte transformiert werden.<sup>742</sup> Zu den im Weiteren betrachteten mathematisch-statistischen Verfahren zählen das klassische Punktbewertungsverfahren, die Diskriminanzanalyse sowie die Regressionsanalyse (siehe Abbildung 4.2-11). Bei der Diskriminanzanalyse kann ergänzend eine Unterteilung in verteilungsabhängige und verteilungsfreie Diskriminanzanalysen vorgenommen werden. Zu den verteilungsabhängigen Methoden zählen hierbei die lineare sowie die quadratische Diskriminanzanalyse. Beispiele für verteilungsfreie Analysen sind das Kendall- und Linhart-Verfahren sowie die Kernmethode und das k-Nearest-Neighbor-Verfahren. Die regressionsanalytischen Ansätze lassen sich in das lineare Wahrscheinlichkeitsmodell und in die nichtlinearen Verfahren der Logit- und Probitanalyse differenzieren.

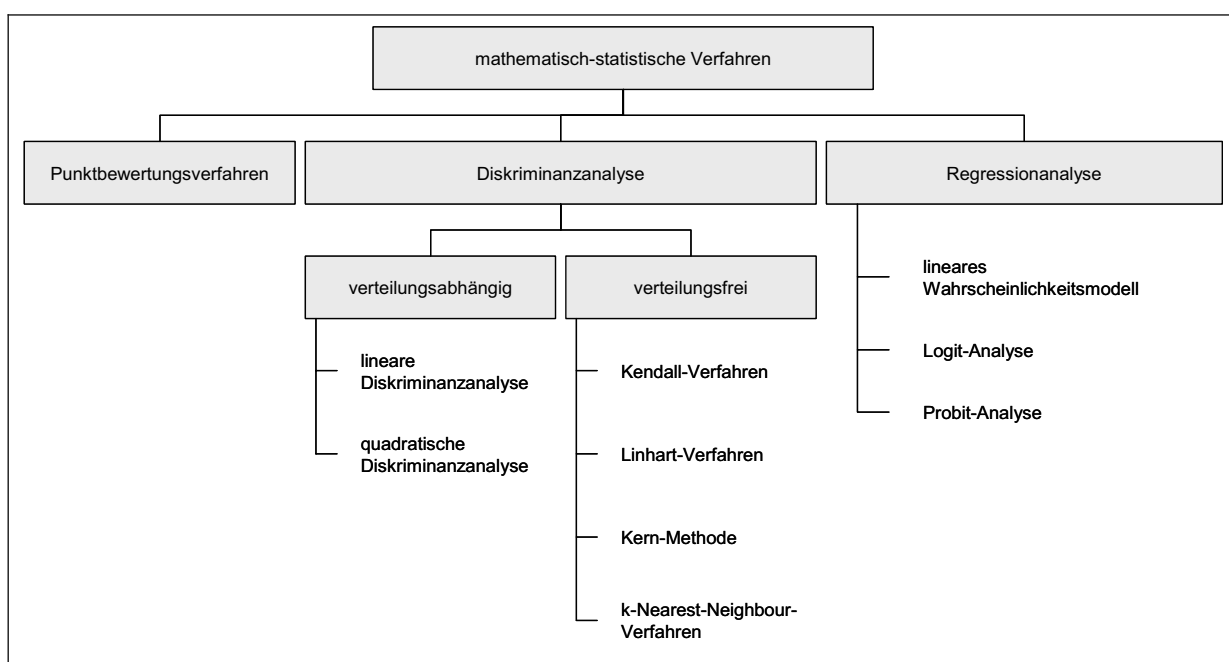


Abbildung 4.2-11: Überblick der mathematisch-statistischen Verfahren<sup>743</sup>

### **Punktbewertungsverfahren (PBV):**

Das Punktbewertungsverfahren wird häufig auch als Scoring-Modell oder Nutzwertanalyse bezeichnet und kann der traditionellen Bonitätsanalyse zugeordnet werden. Dieses Verfahren ist dadurch charakterisiert, dass entsprechend ihrer Bedeutung gewichtete Bonitätsindikatoren von einem Kreditexperten anhand einer Noten- oder Punkteskala bewertet werden. Die daraus entstehenden Beurteilungen der jeweiligen Merkmalsausprägungen werden anschließend über eine Funktion bzw. über ein einfaches Modell zu einem Gesamtwert bzw. Score-Wert aggregiert.<sup>744</sup>

Anhand des Gesamtwertes kann jeder Kreditnehmer einer bestimmten Ratingklasse zugeordnet werden, wobei jede Ratingklasse durch ein bestimmtes Intervall der Score-Werte festgelegt ist. Ergänzend

<sup>742</sup> Vgl. Müller (1997), S. 41.

<sup>743</sup> In Anlehnung an Feidicker (1992), S. 134.

<sup>744</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004), S. 521.

wird i. d. R. ein so genannter Cut-off-Score festgelegt, der die Grenze für eine grundsätzliche Kreditvergabe darstellt.

Positiv zu konstatieren ist, dass Punktwertverfahren durch die einzelne Bewertung von Kriterien in der Lage sind, sowohl quantitative als auch qualitative Faktoren in die Bonitätsanalyse zu integrieren. Zudem ist das Verfahren sehr einfach und das Ergebnis ist intersubjektiv nachprüfbar,<sup>745</sup> so dass die zu Beginn aufgestellte Anforderung der Transparenz als erfüllt angesehen werden kann. Allerdings erfolgt die Auswahl der zu verwendenden Ratingkriterien sowie die entsprechende Gewichtung im Rahmen des Aufbaus des Scoring-Modells durch einen Kreditexperten bzw. durch ein Expertenteam und beinhaltet somit bereits einen stark subjektiven Einfluss, der im Bereich der Anwendung des Verfahrens durch die intuitive und damit ebenfalls subjektive Bewertung der Merkmalsausprägungen noch verstärkt wird, so dass dieses Verfahren die Anforderung der Objektivität nicht erfüllt.<sup>746</sup> Des Weiteren weist das Verfahren Schwächen bei unvollständiger Datenbasis auf, da fehlende Merkmalsausprägungen zu verzerrten Ergebnissen führen. Das traditionelle Verfahren der Punktwertmethode ist somit im Bereich der internen Ratingsysteme nicht zwingend geeignet.

### **Diskriminanzanalyse:**

Die Diskriminanzanalyse ist ein Verfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden, die es ermöglicht, zwei oder mehr Gruppen simultan hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale zu unterscheiden (uni- bzw. multivariate Analyse).<sup>747</sup> Das Ziel der Diskriminanzanalyse ist die Aufstellung einer Zuordnungsregel (Diskriminanzfunktion), mit der Unternehmen aus einer Stichprobe mit bekannter Gruppenzugehörigkeit (im einfachen Fall also: solvent bzw. insolvent) möglichst mit einer geringen Fehlerquote der Gruppe zugeordnet werden, der sie tatsächlich angehören. Es wird also eine Kombination aus Kennzahlen sowie deren Gewichtung (Diskriminanzkoeffizienten) gesucht, hinsichtlich derer sich die betrachteten Gruppen am deutlichsten unterscheiden.<sup>748</sup>

Die **lineare** (LDA) und **quadratische Diskriminanzanalyse** (QDA) gehören zu den verteilungsabhängigen Verfahren, da sie für die unabhängigen Variablen bzw. Kriterien, anhand derer die abhängige, nominalskalierte Variable (solvent/insolvent) erklärt bzw. prognostiziert wird, eine Normalverteilung unterstellen.<sup>749</sup> Für die Entwicklung der Diskriminanzfunktion muss im Vorfeld ein Kriterienkatalog aufgestellt werden, aus dem anschließend mithilfe von heuristischen Verfahren die Kriterien bzw. Kriterienkombinationen ausgewählt werden, die eine bestmögliche Trennung der beiden Gruppen ermöglichen. Die innerhalb dieser Analyse ermittelten Kriterien entsprechen abschließend den Gliedern der Diskriminanzfunktion. Über diese Funktion wird somit jeder unabhängigen Variablen ein Gewicht zugewiesen, so dass deren Kombination einen Gesamtwert (Score-Wert) annimmt, der als Indikator für die Kreditwürdigkeit eines Unternehmens interpretiert werden kann.<sup>750</sup> Für jedes neu zu untersuchende

<sup>745</sup> Vgl. Heimann (2002), S. 43.

<sup>746</sup> Vgl. Fischer (2004), S. 105 f.

<sup>747</sup> Vgl. Backhaus (2003), S. 156, sowie Grunert/Weber (2004), S. 30.

<sup>748</sup> Vgl. Feidicker (1992), S. 138.

<sup>749</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 37 f.

<sup>750</sup> Vgl. Varnholt (1997), S. 84.

Unternehmen kann anhand der gebildeten Funktion und den ausgewählten Kriterien ein individueller Score-Wert berechnet werden, der beim 2-Gruppen-Fall mit einem kritischen Trennwert (Cut-off-Score) verglichen werden kann. Liegt der individuelle Score eines Unternehmens oberhalb des Trennwertes, so wird das Unternehmen als solvent betrachtet. Liegt der Wert unterhalb, so wird von einer Insolvenzgefährdung ausgegangen und von einer Kreditvergabe i. d. R. abgesehen. Während die Ausprägungen der Kriterien bei der linearen Diskriminanzanalyse im Rahmen eines additiven Modells aggregiert werden, weist die quadratische Diskriminanzanalyse demgegenüber den Vorteil auf, dass sowohl Produkte der Kriterien als auch deren Quadrate innerhalb der Diskriminanzfunktion Berücksichtigung finden können. Als Nachteil bleibt jedoch festzuhalten, dass Diskriminanzfunktionen bei quadratischen Analysen bereits bei wenigen Kriterien sehr komplex werden und zudem ökonomisch i. d. R. nicht interpretierbar sind, was bei der linearen Analyse gerade als Vorteil hervorzuheben ist. Des Weiteren ist es nicht möglich, den Trennbeitrag der einzelnen Kriterien zu bestimmen.<sup>751</sup>

Grundsätzlich stellt die multivariate Diskriminanzanalyse ein geeignetes Verfahren für ein internes Ratingsystem dar, auch wenn eine direkte Verarbeitung von qualitativen Kriterien nicht ohne ihre vorherige Aufbereitung und Transformation möglich ist. Lediglich die Annahme einer Normalverteilung der unabhängigen Variablen stellt sich hier als theoretischer Problempunkt dar. Eine Verwendung der multivariaten Diskriminanzanalyse bei Verstoß gegen diese Voraussetzung kann im schlechtesten Fall dazu führen, dass das Modell nicht optimal ist und somit nicht die maximale Trennschärfe aufweist.<sup>752</sup> Dieser theoretische Problempunkt kann jedoch abgeschwächt werden, da empirische Untersuchungen gezeigt haben, dass zumindest die lineare Diskriminanzanalyse relativ robust gegenüber der Verletzung der Normalverteilungsannahme ist.<sup>753</sup> Abschließend kann für die verteilungsabhängigen Verfahren festgehalten werden, dass sie der grundsätzlichen Anforderung der Objektivität entsprechen, obwohl die Auswahl des Kriterienkataloges subjektiv erfolgt. Die abschließende Auswahl der in die Funktion eingehenden Kriterien erfolgt jedoch über mathematisch-statistische und damit objektive Verfahren. Des Weiteren entspricht zumindest die lineare Diskriminanzanalyse der Anforderung der Transparenz, da die jeweiligen Ergebnisse intersubjektiv nachvollziehbar sowie ökonomisch interpretierbar sind. Allerdings gilt auch hier der Problempunkt, dass die Ergebnisse bei fehlenden Daten durch die festgelegte Diskriminanzfunktion zu verzerrten Ergebnissen führen. Für fehlende Werte kann jedoch im einfachsten Fall der Mittelwert oder der Median der beobachteten Werte der Variable verwendet werden.<sup>754</sup>

Bei den verteilungsfreien Verfahren wird nun im Gegensatz zu den bisher aufgezeigten Diskriminanzanalysen die Annahme bzw. Voraussetzung der Normalverteilung der Merkmale abgelegt. Im Folgenden werden gemäß Abbildung 4.2-11 das Kendall- und das Linhart-Verfahren sowie die Kern-Methode und das Nearest-Neighbor-Verfahren als Beispiele für verteilungsfreie bzw. nicht-parametrische Verfahren der Diskriminanzanalyse erläutert.

<sup>751</sup> Vgl. Krause (1993), S. 21.

<sup>752</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 61.

<sup>753</sup> Vgl. Krause (1993), S. 23.

<sup>754</sup> Vgl. Kastner (2001), S. 54.



Beim **Kendall-Verfahren** (KDV) wird analog zur linearen Diskriminanzanalyse zunächst je eine Stichprobe von solventen und insolventen Unternehmen gebildet. Im Anschluss daran wird für jede Kennzahl des ausgewählten Kennzahlenkataloges jeweils eine Häufigkeitstabelle für gute und schlechte Unternehmen mit ihren absoluten Häufigkeiten erstellt.<sup>755</sup> Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft eine Häufigkeitstabelle für die Variable „Eigenkapitalquote“, wobei die Stichprobe aus 20 Unternehmen (10 solvente und 10 insolvente) besteht.

Variable Eigenkapitalquote		
Merkmalsausprägung	Häufigkeiten	
	solvent	insolvent
über 25%	5	0
25% bis 10%	3	1
10% bis 5%	2	2
unter 5%	0	7

Tabelle 4.2-2: Häufigkeitstabelle für die Variable Eigenkapitalquote

Anhand dieser Häufigkeitsverteilungen werden für jede Kennzahl zwei Trennwerte so festgelegt, dass sich oberhalb des höheren Trennwertes nur Unternehmen der einen Gruppe und unterhalb des niedrigeren Wertes nur Unternehmen der anderen Gruppe befinden. Die beiden Trennwerte definieren auf diese Weise für jede Kennzahl einen Überschneidungsbereich, in dem sich Objekte beider Gruppen befinden können. Liegen die Unternehmen außerhalb des Überschneidungsbereiches, so können Sie eindeutig entweder der Gruppe der solventen oder der Gruppe der insolventen Unternehmen zugeordnet werden. Befindet sich Unternehmen mit ihrer Kennzahlausprägung innerhalb des Überschneidungsbereiches, so können sie keiner Gruppe eindeutig zugeordnet werden.<sup>756</sup> Im Anschluss werden die Kennzahlen entsprechend ihrer Diskriminanzstärke absteigend in eine Rangfolge gebracht, wobei die Diskriminanzstärke mit abnehmendem Überschneidungsbereich steigt. Für die diskriminanzstärkste Variable werden nun anhand der Trennwerte die Unternehmen, die sich eindeutig klassifizieren lassen, der jeweiligen Gruppe der solventen bzw. insolventen Schuldner zugeordnet. Die eindeutig zuordenbaren Unternehmen werden nun aus der Betrachtung ausgegrenzt, so dass nur noch die Unternehmen übrig bleiben, die bei der Kennzahl im Überschneidungsbereich liegen und somit nicht klassifiziert werden konnten. Für diese Unternehmen werden wiederum Häufigkeitstabellen und Trennwerte gebildet, so dass das aufgezeigte Vorgehen nun mit der zweitstärksten Variable erneut für die verbliebenen Unternehmen durchgeführt wird. Diese Schritte werden so lange mit den übrigen Kennzahlen durchlaufen, bis entweder alle Unternehmen klassifiziert werden konnten, oder keine diskriminierenden Variablen mehr zur Verfügung stehen.

<sup>755</sup> Vgl. auch im Folgenden Kendall (1980), S. 162-169; Keysberg (1989), S. 76-86; Niehaus (1987), S. 149 f.; Gebhardt (1980), S. 274-278, sowie Hüls (1995), S. 253-256.

<sup>756</sup> Bei dem Beispiel in Tabelle 4.2-2 liegt der Überschneidungsbereich zwischen 5% und 25%, so dass insgesamt acht Kreditnehmer nicht eindeutig zugeordnet werden können.

Das Kendall-Verfahren ist vor allem dadurch charakterisiert, dass nach jeder einzelnen Kennzahl getrennt diskriminiert wird und weist den Vorteil einer sehr einfachen Anwendbarkeit auf. Ergänzend bietet es durch die Bildung einer Rangfolge ein hohes Maß an Transparenz in Bezug auf die Diskriminanzstärke bzw. Trennfähigkeit der einzelnen Kennzahlen. Des Weiteren führt das Verfahren innerhalb der Testgruppe, die zur Entwicklung der Entscheidungsregeln verwendet wurde, häufig zu relativ guten Klassifikationsergebnissen. Allerdings verfügt das Verfahren in Bezug auf die Zuordnung neuer Unternehmen über eine relativ große Fehlklassifikationsrate, was grundsätzlich dadurch begründet werden kann, dass das Verfahren aufgrund der Verwendung von Extremwerten bei der Ermittlung der Trennwerte eine hohe Abhängigkeit von Ausreißern aufweist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Anzahl der benötigten Kennzahlen mit der Anzahl der untersuchten Unternehmen ansteigt. Des Weiteren lassen sich bei diesem Verfahren qualitative Kriterien nur schwer integrieren, da das Kendall-Verfahren mindestens ein ordinales Skalenniveau bei den Merkmalsausprägungen voraussetzt. Die Anforderung der Objektivität wird jedoch erfüllt, da die Auswahl bzw. Rangfolge der zu verwendenden Merkmale nicht subjektiv, sondern objektiv durch deren jeweilige Diskriminanzstärke vorgegeben wird. Dem Kendall-Verfahren mangelt es jedoch wie der linearen und quadratischen Diskriminanzanalyse an einer grundsätzlichen Robustheit gegenüber fehlenden Datenmengen. Aufgrund der Diskriminierung über jeweils einzelne Merkmale könnte ein Unternehmen mit einer speziell fehlenden Merkmalsausprägung zwar bei dieser speziellen Kennzahl als nicht klassifizierbar angesehen werden und erst in den weiteren Schritten anhand der diskriminanzschwächeren Merkmale klassifiziert werden, allerdings führt dieses Vorgehen i. d. R. zu verzerrten Ergebnissen. Mithilfe dieses Verfahrens wird ein Unternehmen direkt einer Risikoklasse zugeordnet, so dass das Ergebnis nicht direkt als Score-Wert oder Ausfallwahrscheinlichkeit interpretiert werden kann. Des Weiteren können beim Kendall-Verfahren häufig Fälle auftreten, in denen Unternehmen keiner Gruppe eindeutig zugeordnet werden können. Dieses Verfahren sollte vor allem aus dem letztgenannten Grund keine Verwendung in internen Ratingsystemen finden.

Im Gegensatz zum Kendall-Verfahren bietet das **Verfahren von Linhart** (LHV) den Vorteil, dass es auch bei nominalskalierte Merkmalen eingesetzt werden kann.<sup>757</sup> Bei diesem Verfahren wird die Gruppentrennung dadurch vorgenommen, dass die Merkmale bestimmt werden, die den Unternehmen einer Gruppe gemeinsam sind und in denen bei den Unternehmen unterschiedlicher Gruppen deutliche Unterschiede auszumachen sind. Um eine Gruppentrennung zu ermöglichen, müssen zunächst alle Merkmale in nominalskalierte Variablen mit den beiden möglichen Ausprägungen „0“ und „1“ transformiert werden. Dies geschieht bei jeweils gleicher Gruppengröße<sup>758</sup> der solventen und insolventen Unternehmen durch die Bildung eines Trennwertes in Form des Gesamtmedians für jede Variable. Die jeweilige Kennzahlenausprägung wird anschließend mit dem Median verglichen. Liegt der Kennzahlenswert unterhalb des Gesamtmedians, so wird der Wert 0 vergeben. Kennzahlenausprägungen, die

<sup>757</sup> Vgl. auch im Folgenden Linhart (1959); Keysberg (1989), S. 86-92; Niehaus (1987), S. 150-154, sowie Gebhardt (1980), S. 272-274.

<sup>758</sup> Bei ungleichen Gruppengrößen ist die prozentuale Aufteilung in solvente und insolvente Unternehmen bei der Bestimmung des Trennwertes entsprechend zu berücksichtigen.

größer sind als der Median erhalten entsprechend den Wert 1. Am Beispiel einer Klassifikation über drei Merkmale kann also jedes Unternehmen entsprechend seiner Ausprägungen der drei gewählten Merkmale einem der acht Zustände zugeordnet werden, wie es in Tabelle 4.2-3 aufgezeigt wird.

Zustand	Kennzahlen (K)			Häufigkeiten		Klassifikation
	K1	K2	K3	solvent	insolvent	
(1)	0	0	0	14	58	insolvent
(2)	0	0	1	18	21	nicht klassifizierbar
(3)	0	1	0	2	11	insolvent
(4)	0	1	1	17	0	solvent
(5)	1	0	0	4	17	insolvent
(6)	1	0	1	7	3	nicht klassifizierbar
(7)	1	1	0	9	26	nicht klassifizierbar
(8)	1	1	1	70	5	solvent

Tabelle 4.2-3: Ermittlung der Klassifikationsregel beim Linhart-Verfahren<sup>759</sup>

Anschließend werden die in der Stichprobe beobachtbaren Häufigkeiten, mit der die solventen und insolventen Unternehmen den jeweiligen Zuständen entsprechen, festgestellt. Anhand dieser Häufigkeitstabelle kann eine Zuordnung der Zustände zu den Gruppen der solventen und insolventen Unternehmen vorgenommen werden. Überwiegt die Anzahl der solventen Unternehmen, die einem Zustand entsprechen, so gelten alle Unternehmen, die diesem Muster entsprechen als solvente Unternehmen. Analog werden alle Unternehmen eines Zustandes als insolvent klassifiziert, insofern die Anzahl der ausgefallenen Unternehmen eines Zustandes klar überwiegen. Voraussetzung für diese eindeutige Zuordnung ist jedoch, dass sich die beobachteten Häufigkeiten bei guten und schlechten Unternehmen deutlich unterscheiden, wie es in dem aufgezeigten Beispiel bei den Zuständen (1), (3), (4), (5) und (8) der Fall ist. Bei den verbliebenen drei Zuständen ist der Unterschied bei den Häufigkeiten nicht eindeutig, so dass für diese Zustände ein Graubereich definiert wird, der keine eindeutige Klassifizierung zulässt. Diese Vorgehensweise muss mit allen möglichen Kennzahlenkombinationen vorgenommen werden, so dass aus allen Varianten abschließend die Kennzahlenkombination für die Klassifikation von neu zu untersuchenden Unternehmen verwendet wird, die in der Stichprobe zu den besten Klassifikationsergebnissen geführt hat. Für die Beurteilung von neuen Unternehmen müssen dessen transformierten Merkmalsausprägungen mit dem gefundenen Optimalmuster verglichen werden, so dass das Unternehmen einem der Zustände, und damit entsprechend der Klassifikationsregel, entweder der Gruppe der guten oder schlechten Unternehmen bzw. eventuell dem nicht zu klassifizierenden Graubereich zugeordnet werden kann.

Grundsätzlich ist dieses Verfahren ebenfalls durch eine recht leichte Anwendbarkeit charakterisiert, was zumindest in Bezug auf eine gute Nachvollziehbarkeit und somit auf die relativ hohe Transparenz des Verfahrens hindeutet. Des Weiteren erfüllt es die Anforderung der Objektivität, da die im Optimalmuster verwendeten Kennzahlen nicht subjektiv, sondern durch das Verfahren ausgewählt werden. Aufgrund der i. d. R. relativ geringen Anzahl von Kennzahlen einer Kombination ist das Verfahren jedoch sehr

<sup>759</sup> Quelle: Niehaus (1987), S. 152.

anfällig bei fehlenden Informationen. Als weiterer Kritikpunkt kann festgehalten werden, dass die Transformation der Kennzahlen in nominalskalierte Variablen notwendigerweise Informationsverluste nach sich zieht, die zu einer Beeinträchtigung des Klassifikationsergebnisses führen können. Allerdings stellt gerade dieser Nachteil die Grundbedingung dafür dar, dass das Linhart-Verfahren im Gegensatz zum Kendall-Verfahren und den verteilungsabhängigen Verfahren keinerlei Einfluss von extremen Kennzahlenausprägungen unterliegt. Genau wie das Kendall-Verfahren liefert das Linhart-Verfahren als Ergebnis weder einen differenzierten Ausgabe- bzw. Score-Wert noch eine Ausfallwahrscheinlichkeit, sondern nimmt eine direkte Zuordnung der Unternehmen vor. Allerdings zeigt sich auch hier der Nachteil, dass in einigen Fällen keine eindeutige Zuordnung von Unternehmen zu den Gruppen möglich ist. Daher sollte auch dieses Verfahren im Rahmen eines internen Ratingsystems nicht eingesetzt werden.

Bei der **Kern-Methode** erfolgt die Klassifizierung von Unternehmen anhand der aus der Stichprobe geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die entsprechende Gruppenzugehörigkeit unter Betrachtung der im Vorfeld bestimmten Merkmalsausprägungen.<sup>760</sup> D. h., ein Unternehmen mit bestimmten Merkmalsausprägungen wird genau der Gruppe zugeordnet, bei der die Zugehörigkeitswahrscheinlichkeit am Größten ist. Für die Schätzung der Wahrscheinlichkeit der Gruppenzugehörigkeit wird über jeden Beobachtungspunkt der Stichprobe ein so genannter Kern bzw. eine Kernfunktion gelegt, deren Schätzer die „aufaddierte“ Dichte an einer bestimmten Stelle anzeigt.

Bei der Kern-Methode gilt es nun anhand der jeweiligen Merkmalsausprägungen die Dichte jeweils für die solventen und die insolventen Unternehmen über das Kerndichteschätzverfahren zu bestimmen. Der Schnittpunkt der beiden Dichtefunktionen stellt den gesuchten Trennwert zwischen solventen und insolventen Unternehmen dar, wobei auch bei diesem Verfahren i. d. R. ein Überschneidungsbereich bzw. Graubereich entsteht. Des Weiteren kann anhand der beiden Dichtefunktionen die Gesamtdichte ermittelt werden. Wird nun die Dichtefunktion der insolventen Unternehmen in Beziehung mit der Gesamtdichte gesetzt, so ergibt sich die Wahrscheinlichkeit der Gruppenzugehörigkeit der insolventen Unternehmen, die wiederum als Ausfallwahrscheinlichkeit interpretiert werden kann.

Die Kern-Methode weist den Vorteil auf, dass mit ihr sowohl quantitative als auch qualitative Merkmale verarbeitet werden können. Des Weiteren führt die Schätzung der Dichtefunktionen zu objektiven Ergebnissen. Als Nachteile des Verfahrens können jedoch die hohe Komplexität und somit die fehlende Transparenz sowie der hohe Rechenaufwand genannt werden. Der hohe Rechenaufwand resultiert vor allem dadurch, dass bei dem Verfahren für jede Prognose der gesamte Datensatz erneut verwendet werden muss. Es existiert hier also nicht, wie z. B. bei der linearen Diskriminanzanalyse, eine Diskriminanzfunktion, mit der neue Unternehmen beurteilt werden können. In Bezug auf fehlende Informationen kann auch bei der Kern-Methode keine Robustheit aufgezeigt werden. Grundsätzlich kann die Kern-Methode innerhalb eines internen Ratingsystems Verwendung finden, allerdings gilt es an dieser Stelle zunächst zu analysieren, ob die Rechendauer einen praktischen Einsatz im Rahmen von internen Ratingsystemen letztendlich zulässt.

<sup>760</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 97-102, sowie Schlüter (2005), S. 43-53. Für eine formale Betrachtung des Verfahrens siehe Rosenblatt (1956) sowie Parzen (1962).

Das verteilungsunabhängige **k-Nearest-Neighbor-Verfahren** (kNN) zählt zu den so genannten instanzbasierten Lernverfahren und klassifiziert ein neu zu analysierendes Unternehmen durch seine Nähe bzw. Nachbarschaft zu den Stichprobenbeispielen.<sup>761</sup> Die Klassifikation basiert somit auf der Distanz eines Unternehmens zu seinem nächsten bzw. zu seinen k nächsten Nachbarn. Das Unternehmen wird der Gruppe (solvent/insolvent) zugeordnet, der auch die Mehrzahl seiner k Nachbarn angehört. Bei diesem Vorgehen müssen daher vor der Klassifikation zunächst die k Unternehmen aus der Stichprobe herausgesucht werden, die zum analysierenden Unternehmen die geringste Distanz haben, wobei für die Messung dieses Abstandes verschiedene Distanzmaße verwendet werden können.

Das k-Nearest-Neighbor-Verfahren führt zwar zu objektiven Ergebnissen und weist zudem den Vorteil einer einfachen und logischen Vorgehensweise auf, allerdings stellt sich die Entstehung des Klassifikationsergebnisses eher als Black Box dar, so dass die Anforderung der Transparenz als nicht erfüllt angesehen werden kann. Das Ergebnis dieses Verfahrens entspricht weder einem Score-Wert noch einer Ausfallwahrscheinlichkeit, sondern einer direkten Zuordnung eines Unternehmens in bestehende Risikoklassen. Des Weiteren setzt es für die Merkmalsausprägungen ein metrisches Skalenniveau voraus, so dass eine direkte Verwendung von qualitativen Merkmalen nicht möglich ist. Zusätzlich stellt die Gleichgewichtung der verwendeten Kennzahlen bzw. Merkmale einen weiteren Problempunkt des Verfahrens dar. Durch die einheitliche Gewichtung der Merkmalsausprägungen kann der Fall auftreten, dass der Abstand durch für die Gruppentrennung eher unbedeutende Merkmale oder durch Extremwerte einzelner Kennzahlen dominiert wird. Durch eine entsprechend der Trennschärfe differenzierenden Gewichtung der jeweiligen Merkmale kann dieser Nachteil jedoch verringert bzw. aufgehoben werden. Für die Klassifizierung neuer Unternehmen müssen beim k-Nearest-Neighbor-Verfahren alle beobachteten Unternehmen der Stichprobe berücksichtigt werden, so dass bei großen Stichproben somit ein relativ hoher Rechenaufwand besteht, weshalb das Verfahren in der Praxis noch wenig Verbreitung erfahren hat. Des Weiteren ist das Verfahren nicht robust gegenüber fehlenden Informationen, so dass hier verzerrte Ergebnisse erwartet werden können. Insgesamt kann das k-Nearest-Neighbor-Verfahren für ein internes Ratingsystem eingesetzt werden, insofern die Rechengeschwindigkeit den Anforderungen der Praxis entspricht.

### **Regressionsanalyse:**

Die Regressionsanalyse als weiteres mathematisch-statistisches Verfahren wird häufig im Rahmen der Analyse von Beziehungen zwischen einer abhängigen Variablen und einer (einfache Regression) oder mehreren (multiple Regression) unabhängigen Variablen angewendet, wobei letztere eine metrische Skalierung aufweisen müssen. Die Aufgabe der Regressionsanalyse liegt in der Bestimmung der Art der Abhängigkeit zwischen den Variablen durch eine mathematische Funktion. Bei der Klassifikation in solvente und insolvente Unternehmen beschreibt die abhängige Variable die Gruppenzugehörigkeit der Unternehmen und die unabhängigen Variablen bilden die gewichtete Kombination von Merkmalen,

<sup>761</sup> Vgl. auch im Folgenden Jacobs/Weinrich (2002), S. 351 f.; Cover/Hart (1967), S. 21-23; Henley/Hand (1997), S. 305-310; Keysberg (1989), S. 92-96, sowie Schlüter (2005), S. 53-56.

welche die abhängige Variable möglichst gut determinieren.<sup>762</sup> Die abhängige Variable wird bei diesem Verfahren als dichotom angenommen, da sie nur die zwei Ausprägungen Null für „solvent“ und Eins für „insolvent“ annehmen kann. Die Regressionsfunktion liefert als Ergebnis einen Wert für die abhängige Variable, der als Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit eines Kreditnehmers zur Gruppe der solventen oder insolventen Unternehmen interpretiert werden kann.<sup>763</sup> Im Bereich der Bonitätsanalyse stellen das lineare Wahrscheinlichkeitsmodell bzw. die lineare Regression sowie die Logit- und die Probitanalyse die am häufigsten eingesetzten regressionsanalytischen Verfahren dar.

Bei dem **linearen Wahrscheinlichkeitsmodell** (LRA) wird die Verknüpfung der Variablen bzw. Kriterien durch eine lineare Funktion vorgenommen. Die lineare Regression weist hierbei allerdings den Nachteil auf, dass als Ergebnis Wahrscheinlichkeiten kleiner Null bzw. größer Eins auftreten können, die ökonomisch nicht interpretierbar sind. Dieser Nachteil kann zwar durch Normierung der außerhalb des Intervalls ]0, 1[ liegenden Ergebnisse auf Null bzw. Eins vermieden werden, allerdings führt die Normierung zu einer Beeinträchtigung der Klassifikationsgüte.<sup>764</sup> Trotz dieser genannten Einschränkung kann die lineare Regressionsanalyse grundsätzlich als Basis für interne Ratingsysteme dienen, da sie im Gegenzug die Anforderungen der Objektivität und Transparenz erfüllt.

Die **Logit-** und die **Probitanalyse** umgehen das bei der linearen Regression beschriebene Problem der ökonomisch nicht interpretierbaren Wahrscheinlichkeiten, indem erstere eine logistische Funktion verwendet und letztere den Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen durch die Standardnormalverteilung beschreibt.<sup>765</sup> Auf diese Weise ergeben sich zwingend Wahrscheinlichkeiten, die sich zwischen den Werten Null und Eins befinden. Bei beiden Verfahren wird die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der die unabhängige Variable eines zu klassifizierenden Unternehmens den Wert 1 annimmt und somit als insolvenzgefährdet gilt, so dass sie als Ausfallwahrscheinlichkeit interpretiert werden kann.<sup>766</sup> Durch eine geeignete Skalierung der jeweiligen Modellfunktionen kommen beide Verfahren zu fast identischen Ergebnissen.<sup>767</sup>

Die beiden aufgezeigten nicht-linearen regressionsanalytischen Verfahren führen zu objektiven Ergebnissen und bieten ergänzend den Vorteil, dass sie neben quantitativen auch qualitative Merkmale berücksichtigen können. Die Integration der qualitativen Merkmale erfolgt hierbei über so genannte Dummy-Variablen, die den Ausprägungen der Merkmale entweder den Wert Eins oder Null zuweisen (0/1-Kodierung), so dass eine spezielle Transformation bzw. Skalierung wie bei der Diskriminanzanalyse nicht notwendig ist. Des Weiteren bieten die Verfahren den Vorteil, dass ihr Ergebnis eine Wahrscheinlichkeit darstellt, die direkt einer Ratingklasse zugeordnet werden kann. Einschränkungen müssen jedoch in Bezug auf die Anforderung der Transparenz des Verfahrens in Kauf genommen werden. Entgegen den linearen Verfahren sind die Parameter sowie deren jeweiliger Einfluss für die Gruppentrennung bei der Logit- und Probitanalyse schwieriger zu interpretieren. Der Grund hierfür liegt in der

<sup>762</sup> Vgl. Müller (1997), S. 51 f.

<sup>763</sup> Vgl. Krause (1993), S. 24.

<sup>764</sup> Vgl. Krause (1993), S. 25.

<sup>765</sup> Vgl. Kaiser/Szczesny (2003), S. 796.

<sup>766</sup> Vgl. Leker/Schewe (1998), S. 880.

<sup>767</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 44.

fehlenden Konstanz des Einflusses der einzelnen Variablen. Der grundsätzlich nicht-lineare Verlauf der Regressionsfunktion führt dazu, dass der Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Wert der unabhängigen Variable variiert.<sup>768</sup> Obwohl die nicht-linearen regressionsanalytischen Verfahren durch die geschätzte Regressionsfunktion relativ anfällig gegenüber fehlenden Daten sind, sind sie insgesamt zur Verwendung für interne Ratingsysteme geeignet.

#### 4.2.3.2.2 Verfahren der künstlichen Intelligenz

Seit Ende der 80er bzw. Beginn der 90er Jahre haben sich mit Expertensystemen und den Künstlichen Neuronalen Netzen (KNN) wissensbasierte Verfahren bzw. Verfahren der künstlichen Intelligenz im Bereich der Bonitätsklassifizierung etabliert. Im Folgenden werden diese beiden Verfahren sowie die Verfahren der Fuzzy Logik, die in diese Gruppe der Klassifikationsverfahren eingeordnet werden können, kurz erläutert.

##### **Künstliche Neuronale Netze (KNN):**

Ein KNN kann als parallel informationsverarbeitendes, computergestütztes Verfahren interpretiert werden, das die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von biologischen neuronalen Netzen zu simulieren versucht.<sup>769</sup> Es kann dabei als Graph, bestehend aus einer Menge von Neuronen, verstanden werden, wobei der Graph in Abhängigkeit des Netztyps gerichtet oder ungerichtet sein kann.<sup>770</sup> Neben einer Vielzahl von Neuronen besteht ein KNN aus gewichteten Verbindungen, den so genannten Synapsen, die die Funktion von Schnittstellen für den Informationsaustausch aufweisen.<sup>771</sup>

Die für diese Betrachtung relevanten KNN bestehen aus mehreren Schichten, wobei jede Schicht aus einem oder mehreren Neuronen besteht. Für gewöhnlich wird hierbei zwischen der Eingabe- und Ausgabeschicht sowie den verborgenen Schichten differenziert. KNN sind vor allem dadurch charakterisiert, dass sie selbständig lernfähig sind. D. h., sie können die Klassifizierung von solventen und insolventen Unternehmen selbständig anhand von vorgegebenen Beispielen lernen, ohne dass eine explizite Programmierung notwendig ist. Anders ausgedrückt ist ein KNN in der Lage, anhand der in der Eingabeschicht präsentierten Informationen, bestimmte Risikomuster zur Trennung von solventen und insolventen Unternehmen zu lernen,<sup>772</sup> wobei in Abhängigkeit vom gewählten Netztyp und Aufbau des Netzes auch nicht-lineare Zusammenhänge berücksichtigt werden können.<sup>773</sup> Um neue Unternehmen bewerten zu können, muss das KNN jedoch zunächst trainiert werden, damit es zwischen solventen und insolventen Schuldnern differenzieren kann. Hierzu werden den Neuronen der Eingabeschicht historische Merkmalsausprägungen von Unternehmen mit bekannter Gruppenzugehörigkeit präsentiert,

<sup>768</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2001a), S. 374 f.

<sup>769</sup> Vgl. Baetge/Kruse/Uthoff (1996), S. 274.

<sup>770</sup> Vgl. Lohrbach (1994), S. 9.

<sup>771</sup> Vgl. auch im Folgenden Krause (1993), S. 43-45.

<sup>772</sup> Vgl. Lohrbach (1994), S. 115.

<sup>773</sup> Vgl. Uthoff (1997), S. 156 f.

wobei jedes Neuron der Eingabeschicht genau ein zu betrachtendes Merkmal verarbeitet.<sup>774</sup> Diese aufgenommenen Informationen werden innerhalb der Neuronen anhand einer Aktivierungsfunktion unter Berücksichtigung der Verbindungsgewichte (Synapsen) mathematisch verarbeitet und als Ausgabewert an die Neuronen der Folgeschicht weitergegeben bis sich in der letzten Schicht ein abschließender Ausgabe- bzw. Ergebniswert ergibt.<sup>775</sup> Zu Beginn der Trainings- bzw. Lernphase werden die Verbindungsgewichte zwischen den Neuronen zufällig vorgegeben. Im weiteren Verlauf dieser Phase modifiziert das KNN die Gewichte selbständig gemäß vorher definierten Lernregeln so lange, bis das Ergebnis mit dem tatsächlichen Sachverhalt der gewählten Stichprobe möglichst gut übereinstimmt.<sup>776</sup> Neben der Modifikation der Gewichte übernimmt das KNN auch die Auswahl der signifikanten Merkmale.<sup>777</sup>

KNN sind als Verfahren innerhalb interner Ratingsysteme grundsätzlich gut geeignet. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit sowohl quantitative als auch durch geeignete Transformation qualitative Merkmale zu verarbeiten, da keine formal-mathematischen Anforderungen an die eingehenden Daten bestehen. Des Weiteren können auch nicht-lineare Zusammenhänge berücksichtigt werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der geringen Fehleranfälligkeit gegenüber fehlendem oder fehlerhaftem Datenmaterial. KNN führen durchaus zu plausiblen Ergebnissen, auch wenn einzelne Merkmalsausprägungen nicht beobachtet werden können.<sup>778</sup> Aufgrund der Auswahl und Gewichtung der Merkmale durch das Neuronale Netz gelangt dieses Verfahren zu objektiven Ergebnissen. Allerdings genügen KNN i. d. R. nicht der Anforderung der Transparenz, da ihr Ergebnis nicht direkt nachvollziehbar ist.<sup>779</sup> Eine Auswertung des Ergebnisses ist jedoch durchaus möglich.

### **Expertensysteme:**

Expertensysteme stellen neben den Künstlichen Neuronalen Netzen ein weiteres Verfahren der künstlichen Intelligenz dar und versuchen die Problemlösungsfähigkeit von menschlichen Experten auf der Basis von gespeichertem Expertenwissen und individuellen, fallspezifischen Daten zu simulieren bzw. abzubilden.<sup>780</sup> Diese Verfahren zählen zu der Gruppe der lösungsbaum-orientierten Verfahren und geben in Form von „if-then-else“ Klauseln das Problemverständnis von einem oder mehreren Experten wieder. Für den Bereich der Bonitätsanalyse und -klassifizierung bilden Expertensysteme demnach das Experten- bzw. Fachwissen sowie die Schlussfolgerungsfähigkeit eines qualifizierten Kreditprüfers nach. Das Fachwissen des Kreditexperten wird hierbei formalisiert in einer als Datenbank realisierten Wissensbasis abgebildet,<sup>781</sup> die den gesamten, für die Problemstellung relevanten und zur Verfügung

<sup>774</sup> Vgl. Dittmar/Steiner (2000), S. 448.

<sup>775</sup> Vgl. Müller (1997), S. 61, sowie Krause (1993), S. 40 f.

<sup>776</sup> Siehe für eine Darstellung alternativer Lernstrategien Schumann (1991), S. 28-30.

<sup>777</sup> Vgl. Heimann (2002), S. 45.

<sup>778</sup> Vgl. Fischer (2004), S. 127 f.

<sup>779</sup> Vgl. Dittmar/Steiner (2000), S. 450.

<sup>780</sup> Vgl. Bagus (1992), S. 23-27.

<sup>781</sup> Vgl. Puppe (1991), S. 2.



stehenden Wissensbestand repräsentiert.<sup>782</sup> Neben der Wissensbasis besteht ein Expertensystem aus der Problemlösungs-, der Wissenserwerbs-, der Dialog- und der Erklärungskomponente. Die Problemlösungskomponente stellt dabei die relevanten Problemlösungsstrategien für die Bonitätsklassifikation bereit, wobei das an dieser Stelle benötigte bereichsspezifische Wissen über die Wissenserwerbskomponente und das fallspezifische Wissen (individuelle Informationen über die neu zu beurteilenden Unternehmen) über die Dialogkomponente in die Wissensbasis eingegeben werden. Die Erklärungskomponente dient ergänzend der Transparenz der Systemergebnisse, indem sie es sowohl dem Anwender bei der Nutzung als auch dem Experten bei der Erstellung der Wissensbasis ermöglicht, die Entscheidungen des Systems durch Aufzeigen von Begründungen und Erklärungen schrittweise nachzuvollziehen.

Die hohe Transparenz der Analyseergebnisse stellt auch den größten Vorteil der Expertensysteme dar. Des Weiteren sind sie in der Lage qualitative Merkmale zu verarbeiten und die fallspezifischen Merkmale auszuwählen. Allerdings entsprechen Expertensysteme nicht der Anforderung der Objektivität, da die Wissensbasis durch Kreditexperten erstellt wird und somit stark subjektiven Einflüssen unterliegt. Des Weiteren kann die hohe Abhängigkeit von der Qualität des in der Wissensbasis repräsentierten Expertenwissens als nachteilig angesehen werden, da die Klassifikationsgüte hierzu eine direkte Abhängigkeit aufweist. Im Gegensatz zu den Neuronalen Netzen sind Expertensysteme nicht in der Lage selbstständig zu lernen, so dass ein Expertensystem regelmäßig überprüft und die Wissensbasis aktualisiert werden muss. Die Überprüfung der Wissensbasis stellt jedoch ein weiteres Problem dar, da ein Großteil des Wissens auf Erfahrungen von Kreditexperten beruht, deren Überprüfung relativ schwierig ist. Ein weiterer Nachteil besteht in der mangelhaften Robustheit gegenüber fehlenden Informationen, die die Ergebnisqualität mindern.<sup>783</sup> Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass Expertensysteme als Basis eines internen Ratingsystems eingesetzt werden können, wobei allerdings die Überprüfung der Klassifikationsgüte sowie Änderungen des Systems als schwierig und aufwändig eingeschätzt werden können.<sup>784</sup>

### **Fuzzy Logik:**

Die Fuzzy Logik stellt die dritte zu beschreibende Methode aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz dar, anhand derer Daten „unscharf“ ausgewertet werden, so dass sich dieses Verfahren von der klassischen zweiwertigen Logik löst. Im Gegensatz zur dualen bzw. dichotomen Logik, bei der Unternehmen nur binär den beiden Gruppen solvent oder insolvent zugeordnet werden können, ermöglicht die Fuzzy Logik mithilfe von Zugehörigkeitsgraden eine anteilige Zuordnung zu den Gruppen, wobei als Grundlage mehr als zwei Gruppen fungieren können. Ein Unternehmen könnte so beispielsweise als „0 % insolvent“, „60 % mittelmäßig solvent“ und „30 % solvent“ beschrieben werden. Auf diese Weise können fließende Übergänge zwischen den Beurteilungen berücksichtigt werden, so dass unscharfe Daten

<sup>782</sup> Vgl. auch im Folgenden Bagus (1992), S. 30-33 und S. 39 f.; Müller (1997), S. 64-66, sowie Fischer (2004), S. 120-122.

<sup>783</sup> Vgl. Füser (2001), S. 66.

<sup>784</sup> Vgl. Heimann (2002), S. 48, sowie Füser (2001), S. 89.

erfasst und mathematisch verarbeitet werden können.<sup>785</sup> Diese Erläuterungen machen deutlich, dass die Fuzzy Logik besonders zur Verarbeitung qualitativer Daten geeignet ist. Des Weiteren findet sie vor allem im Bereich der Bonitätsanalyse bei der Konzeption von Expertensystemen Anwendung,<sup>786</sup> bei der das Expertenwissen regelbasiert abgebildet wird und somit auch die Verarbeitung quantitativer Daten häufig über linguistische Terme wie z. B. „hoch“, „niedrig“ oder „mittel“ erfolgt.

Die Überführung der überwiegend numerisch vorliegenden Merkmalsausprägungen in linguistische Terme erfolgt im Rahmen einer so genannten „Fuzzifizierung“ über so genannte Zugehörigkeitsfunktionen.<sup>787</sup> Für diese Transformation der Kriterien in linguistische Variablen müssen die prozentualen Merkmalsausprägungen daher anhand der Zugehörigkeitsfunktionen den linguistischen Ausprägungen zugeordnet werden. Die Bestimmung der Zugehörigkeitsfunktionen stellt dabei die wichtigste Komponente bei Fuzzy Logik-Systemen dar, weil die Qualität der Ergebnisse eine direkte Abhängigkeit von der Qualität der Abbildung der linguistischen Variablen aufweist. Das aus diesem Verfahren resultierende Gesamturteil stellt ebenfalls eine linguistische Variable mit entsprechenden Zugehörigkeitsgraden dar und kann somit als „unscharfe“ Bonitätseinschätzung interpretiert werden. In einem abschließenden Schritt wird dieses Ergebnis daher durch „Defuzzifizierung“<sup>788</sup> wieder zurück in eine „scharfe“, numerische Bonitätseinschätzung transformiert.<sup>789</sup>

Für die Beurteilung dieses Verfahrens als Basis für interne Ratingsysteme gelten aufgrund der starken Verknüpfung die Aussagen in Bezug auf Expertensysteme. Ergänzend sollte jedoch noch festgehalten werden, dass Fuzzy Logik-Systeme aufgrund der Abbildung von Unschärfe komplexer als Expertensysteme sind und mit ihnen somit i. d. R. ein höherer Entwicklungsaufwand verbunden ist.

#### 4.2.3.2.3 Kausalanalytische Verfahren

Im Gegensatz zu den mathematisch-statistischen Verfahren und den Verfahren der künstlichen Intelligenz verwenden die kausalanalytischen Verfahren nicht die in Abschnitt 4.2.3.1 aufgezeigten Ratingkriterien zur Bonitätsanalyse. Sie leiten vielmehr einen direkten Zusammenhang zwischen den in der Zukunft zu erwirtschafteten Cash Flows eines Unternehmens und dessen Bonität her, wobei die Bonitätsfaktoren bei diesen Verfahren (bei börsennotierten Unternehmen) anhand von Kapitalmarktdaten gebildet werden.<sup>790</sup> Das Ergebnis kann dabei als Ausfallwahrscheinlichkeit interpretiert werden.

<sup>785</sup> Vgl. Füsler (2001), S. 74, sowie Fischer (2004), S. 130.

<sup>786</sup> Expertensysteme stellen hier jedoch nicht die einzige Anwendungsmöglichkeit dar. Fuzzy Logik kann ebenfalls innerhalb von KNN oder als i. d. R. vorgelagerte Bausteine von weiteren Bonitätsklassifizierungsverfahren angewendet werden.

<sup>787</sup> Die Funktionswerte der Zugehörigkeitsfunktion zeigen dabei den Grad der Zugehörigkeit zu einer Menge an. Vgl. Bagus (1992), S. 38.

<sup>788</sup> Siehe für Methoden der Defuzzifizierung stellvertretend Eigermann (2002), S. 310-313.

<sup>789</sup> Vgl. Baetge/Heitmann (2000), S. 321-325; Eigermann (2002), S. 289-295; Flach/Rommelfanger (2002), S. 12-18, sowie Fischer (2004), S. 132-134.

<sup>790</sup> Vgl. auch im Folgenden Crosbie/Bohn (2003); Jansen (2001a), S. 111-113; Merton (1974), S. 452-455; Altman/Saunders (1997), S. 1724 f.; Kealhofer (2003), S. 30-33; Varnholt (1997), S. 97-101, sowie Wehrspohn (2005a).

Ein Vertreter der kausalanalytischen Modelle ist das Optionspreismodell, das eine einzelgeschäftsbezogene Bonitätsanalyse ermöglicht, ohne dass eine umfangreiche Datenhistorie benötigt wird. Diese Verfahren können also auch dann eingesetzt werden, wenn noch keine ausreichende historische Datenbasis für eine empirisch-statistische Modellentwicklung (z. B. Diskriminanz- oder Regressionsanalyse) zur Verfügung steht. Anstelle der historischen Informationen benötigen Optionspreismodelle dagegen Daten über die jeweiligen ökonomischen Werte des Eigen- und Fremdkapitals sowie über die Volatilität der Aktiva eines Unternehmens. Die Funktions- und Vorgehensweise dieser Optionspreismodelle entspricht somit in Bezug auf die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit den in Abschnitt 3.3 aufgezeigten firmenwertbasierten Kreditrisikomodellen. Die Modelle basieren analog auf der Annahme, dass ein Unternehmen ausfällt, wenn dessen Wert der Unternehmensaktiva zum Fälligkeitszeitpunkt unterhalb des Wertes der Verbindlichkeiten liegt. Die über dieses Verfahren zu bestimmende Ausfallwahrscheinlichkeit entspricht somit der Wahrscheinlichkeit, mit der zukünftige Unternehmenswerte unterhalb des Wertes der Verbindlichkeiten liegen. Die Ausfallwahrscheinlichkeit bestimmt sich dabei in Abhängigkeit der Verbindlichkeiten als Wert der Standardnormalverteilung.

Analog zu den regressionsanalytischen Verfahren liefert das Optionspreismodell als Ergebnis ebenfalls eine Ausfallwahrscheinlichkeit, die direkt einer Ratingklasse zugeordnet werden kann. Des Weiteren können ein hoher Grad an Objektivität und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse positiv hervorgehoben werden. Ein weiterer konzeptioneller Vorteil des Optionspreismodells liegt darin, dass das Verfahren auf Kapitalmarktdaten basiert und somit keine Abhängigkeit von vornehmlich vergangenheitsorientierten Daten, wie es bei den sonstigen aufgezeigten Verfahren der Fall ist, aufweist. Allerdings stellt sich auch die Datengewinnung für das Optionspreismodell nicht als unproblematisch dar. So lässt sich der ökonomische Unternehmenswert nur unter Hinzunahme interner und öffentlicher Unternehmensdaten realistisch abschätzen, wobei der Zugang zu allen relevanten internen Daten für Banken vermutlich häufig nicht gegeben ist. Des Weiteren kann die Volatilität des Unternehmenswertes nicht gemessen werden, so dass dieser Wert für börsennotierte Unternehmen anhand der Volatilität der Aktienkurse und bei nicht-börsennotierten Unternehmen über branchenspezifische Vergleichswerte approximiert werden muss. Zudem ist das Verfahren nicht in der Lage, qualitative Daten direkt in die Analyse einzu beziehen. Solche Faktoren werden maximal durch die Marktpreise implizit berücksichtigt, wobei hier jedoch nur die den Marktteilnehmern zugänglichen Informationen einfließen können.<sup>791</sup> Die für das Verfahren benötigten Daten lassen sich jedoch (ungeachtet der Qualität) zumindest approximativ für alle Unternehmen bestimmen, so dass die Anforderung der Möglichkeit, Ratings auch bei fehlenden Informationen erstellen zu können, aufgrund dieses konzeptionellen Vorteils gegenüber den bisher aufgezeigten Verfahren als erfüllt angesehen werden kann. Die Tatsache, dass sich die benötigten Daten überwiegend nur für große börsennotierte Unternehmen zuverlässig abschätzen lassen, führt zu der Aussage, dass die Optionspreismodelle als Basis für ein internes Ratingsystem nur bedingt geeignet erscheinen.

<sup>791</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 50.

#### 4.2.3.2.4 Diskussion und Vergleich der Verfahren

Zu Beginn dieses Kapitels wurde bereits erwähnt, dass sich weder in der Literatur noch in der Praxis eines der aufgezeigten Verfahren als das optimale herausgestellt hat. Der Grund kann prinzipiell darin gesehen werden, dass verschiedene Untersuchungen zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf die Trenngüte der einzelnen Verfahren gekommen sind.<sup>792</sup> Als Ursache hierfür kann die in den Untersuchungen verwendete unterschiedliche Datenbasis angesehen werden, so dass die Ergebnisse eine starke Abhängigkeit von dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial aufzuweisen scheinen. Aus diesem Grund kann festgehalten werden, dass eine Entscheidung für ein Verfahren nicht ausschließlich auf Basis des reinen Vergleichs der Fehlklassifizierungsquoten vorgenommen werden sollte.<sup>793</sup> Für eine Empfehlung zur Verwendung eines der aufgezeigten Verfahren in einem internen Ratingsystem sollten daher weitere Kriterien bzw. die zu Beginn aufgestellten Anforderungen berücksichtigt werden, in denen sich die Verfahren zum Teil auch unterscheiden.

Werden zunächst nur die mathematisch-statistischen Verfahren verglichen, so fällt auf, dass das klassische Punktbewertungsverfahren als einziges mathematisch-statistisches Verfahren nicht der Anforderung der Objektivität der Ergebnisbildung entspricht. Dafür wird bei diesem Verfahren analog zu der linearen Diskriminanzanalyse und der linearen Regressionsanalyse sowie dem Kendall- und Linhart-Verfahren die Anforderung der Transparenz zumindest in Teilen erfüllt. Während bei diesen vier Verfahren jeweils die Ergebnisentstehung gut nachvollziehbar ist, ergeben sich jedoch Unterschiede bei der Bestimmung der Trennbeiträge der einzelnen verwendeten Merkmale. Sowohl beim Punktbewertungsverfahren als auch bei der linearen Diskriminanz- und Regressionsanalyse ist es möglich, die jeweilige prozentuale Bedeutung der Trennbeiträge der einzelnen Variablen durch deren entsprechende Gewichtung zu identifizieren, so dass die Merkmale gemäß ihres Trennbeitrages in eine Rangfolge gebracht werden können.<sup>794</sup> Diese Rangfolgenbildung kann zwar auch beim Kendall-Verfahren vorgenommen werden, allerdings bietet dieses Verfahren keine Möglichkeit, die prozentuale Bedeutung der einzelnen Variablen zu bestimmen.<sup>795</sup> Die quadratische Diskriminanzanalyse, die Kern-Methode, das k-Nearest-Neighbor-Verfahren sowie die Logit- und Probit-Modelle sind demgegenüber sehr komplex, so dass die Ergebnisentstehung einer Black-Box entsprechend nicht nachvollziehbar bzw. die zugrunde liegenden Funktionen ökonomisch nicht interpretierbar sind.

Eine weitere gestellte Anforderung besteht in der Verwendung von quantitativen und qualitativen Merkmalen, bei der sich vor allem das Punktbewertungsverfahren und die Kern-Methode hervorheben. Beim Punktbewertungsverfahren werden die qualitativen Merkmale direkt über subjektive Bewertung einbezogen und die Kern-Methode kann diese Merkmale ebenfalls direkt verarbeiten, da das Verfahren keinerlei Beschränkungen in Bezug auf das Skalenniveau der Variablen aufweist.<sup>796</sup> Weitere Verfahren,

<sup>792</sup> Siehe zu den Untersuchungen die bei der jeweiligen Verfahrensdarstellung angegebene Literatur.

<sup>793</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 109.

<sup>794</sup> Zu berücksichtigen bleibt hier allerdings, dass beim Punktbewertungsverfahren die Gewichte i. d. R. subjektiv ausgewählt werden, so dass auch die prozentuale Bedeutung der Trennbeiträge stark subjektiv beeinflusst ist.

<sup>795</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 106 f.

<sup>796</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 112.

bei denen qualitative Merkmale relativ gut integriert werden können, werden durch das Linhart-Verfahren sowie die Logit- und Probit-Verfahren repräsentiert. Bei dem Verfahren von Linhart werden alle Merkmale in binäre Variablen transformiert, so dass bei der Verarbeitung keine Unterscheidung zwischen quantitativen und qualitativen Merkmalen vorgenommen werden muss. Die Logit- und Probit-Verfahren ermöglichen eine relativ einfache Integration der qualitativen Daten über Dummy-Variablen, bei denen die Merkmale ebenfalls in binäre Variablen transformiert werden. Bei den weiteren mathematisch-statistischen Verfahren können qualitative Merkmale zwar integriert werden, allerdings müssen sie hierbei zunächst durch aufwändige Skalierung bzw. Transformation in Kennzahlen umgewandelt werden.

In Bezug auf die Robustheit gegenüber fehlendem Datenmaterial kann festgehalten werden, dass keines der mathematisch-statistischen Verfahren dieser Anforderung entspricht und fehlende Daten somit i. d. R. zu verzerrten Ergebnissen führen.

Ein weiterer Unterschied lässt sich beim Ergebnis der jeweiligen Verfahren feststellen. Punktbewertungsverfahren sowie lineare und quadratische Diskriminanzanalysen kommen zu einem Score-Wert als Ergebnis, anhand dessen Höhe die zu klassifizierenden Unternehmen bestimmten Risikoklassen zugeordnet werden können. Demgegenüber stellen (Ausfall-)Wahrscheinlichkeiten das Ergebnis bei der Kern-Methode sowie bei allen regressionsanalytischen Verfahren dar, denen ebenfalls direkt Risikoklassen zugeordnet werden können. Das Kendall- und Linhart- sowie das k-Nearest-Neighbor-Verfahren weisen als Ergebnis weder einen Score-Wert noch eine Ausfallwahrscheinlichkeit auf, sondern nehmen eine direkte Zuordnung der zu klassifizierenden Unternehmen in Risikokategorien vor. Während das k-Nearest-Neighbor-Verfahren bei entsprechend geeigneter Wahl von den zu betrachtenden k Nachbarn eine eindeutige Zuordnungen vornehmen kann, ist es bei den beiden erstgenannten Verfahren möglich, dass Unternehmen in einen Graubereich fallen und somit nicht eindeutig klassifiziert werden können.

Abschließend für die mathematisch-statistischen Verfahren gilt es nun zu erläutern, ob die einzelnen Verfahren als Basis für ein internes Ratingsystem geeignet erscheinen. In Anbetracht der Tatsache, dass Objektivität eine obligatorische Anforderung für ein Basel II-konformes Ratingsystem darstellt,<sup>797</sup> kann die fehlende Objektivität bei den Punktbewertungsverfahren als K.O.-Kriterium angesehen werden, so dass diese Verfahren nicht geeignet sind, im Rahmen eines internen Ratingsystems eingesetzt zu werden. Für die Gruppe der diskriminanzanalytischen Verfahren kann in dieser Frage keine einheitliche Antwort bzw. Empfehlung gegeben werden. Obwohl die lineare Diskriminanzanalyse eine Normalverteilung der Merkmale voraussetzt, kann sie aufgrund der oben genannten Punkte als gut geeignet angesehen werden, zumal sie auch eine hohe Robustheit gegenüber der Verletzung der Normalverteilungsannahme aufweist.<sup>798</sup> Die quadratische Diskriminanzanalyse unterstellt ebenfalls eine Normalverteilung, allerdings ist sie weniger robust gegenüber der Verletzung dieser Annahme, so dass dieses Verfahren nur bedingt, im Falle von normalverteilten Merkmalen, Einsatz finden sollte. Im Bereich der verteilungsfreien diskriminanzanalytischen Verfahren kann konstatiert werden, dass sowohl das Linhart-

<sup>797</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 410.

<sup>798</sup> Vgl. Keysberg (1989), S. 110.

als auch das Kendall-Verfahren für interne Ratingsysteme ungeeignet sind, da Unternehmen bei diesen Verfahren ggf. nicht eindeutig einer Klasse zugeordnet werden können. Die Kern-Methode sowie das k-Nearest-Neighbor-Verfahren können nur als bedingt geeignet angesehen werden, da bei ihnen zunächst überprüft werden muss, ob der Rechenaufwand einen Einsatz in der Praxis rechtfertigt. Aus rein theoretischen Gesichtspunkten stellen sie jedoch geeignete Verfahren dar. Die aufgezeigten regressionsanalytischen Verfahren können ebenfalls als Basis für ein internes Ratingsystem dienen, wobei bei dem linearen Wahrscheinlichkeitsmodell die Bedingung besteht, eine Normierung der Wahrscheinlichkeiten auf das Intervall  $]0; 1[$  vorzunehmen.

Werden bei dem Vergleich nun die Verfahren der künstlichen Intelligenz sowie die kausalanalytischen Verfahren berücksichtigt, so kann zunächst festgestellt werden, dass KNN und Expertensysteme/Fuzzy Logik analog zu den mathematisch-statistischen Verfahren ihre Klassifikation auf Basis der in Abschnitt 4.2.3.1 aufgezeigten Ratingkriterien vornehmen. Im Gegensatz zu diesen Verfahren bezieht sich das Optionspreismodell, als Vertreter der kausalanalytischen Verfahren, auf Kapitalmarktdaten, die die Ratingkriterien zumindest in Teilen implizit berücksichtigen, sie allerdings nicht als direkte Inputparameter verwenden. In diesem Punkt kann der grundsätzlich konzeptionelle Vorteil des Optionspreismodells gegenüber den sonstigen Verfahren angesehen werden, da es sich ausschließlich auf zukunftsorientierte Daten bezieht, während die Ratingermittlung der anderen Verfahren überwiegend durch vergangenheitsorientierte Informationen determiniert wird.<sup>799</sup>

Wie bei fast allen mathematisch-statistischen Verfahren (mit Ausnahme der Punktbewertungsverfahren) erfüllen die KNN sowie das Optionspreismodell die Anforderung der Objektivität. Expertensysteme sowie die Fuzzy Logik in Verbindung mit Expertensystemen verletzen dagegen diese Anforderung aufgrund des subjektiven Charakters der Wissensbasis. Im Bereich der Transparenz und Nachvollziehbarkeit ergeben sich ebenfalls Unterschiede bei den Verfahren. Während Expertensysteme/Fuzzy Logik aufgrund der vorhandenen Erklärungskomponente und das Optionspreismodell aufgrund seiner kausalen Erklärungsmöglichkeit von Krisensituationen und Kreditausfällen<sup>800</sup> eine hohe Transparenz aufweisen, kann die Ergebnisbildung bei KNN nur durch zusätzliche Komponenten nachvollzogen werden, so dass die Anforderung der Transparenz bei grundlegenden KNN als nicht erfüllt angesehen werden kann. Analog zum Punktbewertungsverfahren können KNN sowie Expertensysteme/Fuzzy Logik qualitative Daten nahezu direkt verarbeiten. KNN ermöglichen dies, indem sie keine formal-mathematischen Anforderungen an die eingehenden Daten stellen. Expertensysteme können qualitative Daten direkt anhand der regelbasierten Wissensbasis verarbeiten und bei der Fuzzy Logik können sie über linguistische Variablen in die Analyse integriert werden. Lediglich das Optionspreismodell erfüllt diese Anforderung nicht, da qualitative Daten nur in begrenztem Umfang und nur implizit über die Marktpreise berücksichtigt werden.

Analog zu den mathematisch-statistischen Verfahren fehlt es den Expertensystemen/Fuzzy Logik an einer grundlegenden Robustheit gegenüber fehlenden Daten. Diese Anforderung kann demgegenüber bei den KNN und dem Optionspreismodell als erfüllt angesehen werden. Während KNN aufgrund ihres

<sup>799</sup> Vgl. Jansen (2001a), S. 113 f.

<sup>800</sup> Vgl. Jansen (2001a), S. 123.

Aufbaus und ihrer Funktionsweise eine „Missing-Value“-Behandlung erlauben,<sup>801</sup> ist es beim Optionspreismodell möglich, fehlende Daten über Benchmark-Unternehmen approximativ zu bestimmen. Bei der Betrachtung des Ergebnisses lässt sich erkennen, dass das Optionspreismodell analog zur Kern-Methode und den regressionsanalytischen Verfahren eine Ausfallwahrscheinlichkeit ausgibt, während KNN und Expertensysteme/Fuzzy Logik i. d. R. einen Score-Wert als Bonitätseinschätzung ausgeben.

Expertensysteme/Fuzzy Logik sowie KNN können daher prinzipiell als Basis für ein internes Rating-system verwendet werden. Der Einsatz von Optionspreismodellen ist hierbei nur bedingt zu empfehlen, da die benötigten Informationen nur bei börsennotierten Unternehmen zuverlässig bestimmt werden können. Die folgende Tabelle fasst den Vergleich der aufgezeigten Verfahren zusammen.

	Objektivität	Transparenz	Verwendung qualitativer Daten	Robustheit bei fehlenden Daten	Ergebnis	Eignung für interne Rating-systeme
<b>PBW</b>	nein	ja	ja	nein	Score-Wert	nein
<b>LDA</b>	ja	ja	(ja)	nein	Score-Wert	ja
<b>QDA</b>	ja	nein	(ja)	nein	Score-Wert	(ja)
<b>KDV</b>	ja	ja	(ja)	nein	direkte Klassen-zuordnung	nein
<b>LHV</b>	ja	(ja)	ja	nein	direkte Klassen-zuordnung	nein
<b>Kern-Methode</b>	ja	nein	ja	nein	Ausfallwahrscheinlichkeit	(ja)
<b>KNN</b>	ja	nein	(ja)	nein	direkte Klassen-zuordnung	(ja)
<b>LRA</b>	ja	ja	(ja)	nein	Ausfallwahrscheinlichkeit	ja
<b>Logit/Probit</b>	ja	nein	ja	nein	Ausfallwahrscheinlichkeit	ja
<b>KNN</b>	ja	nein	ja	ja	Score-Wert	ja
<b>Expertensysteme / Fuzzy Logik</b>	nein	ja	ja	nein	Score-Wert/direkte Klassen-zuordnung	ja
<b>Optionspreismodell</b>	ja	ja	indirekt über Marktdaten	ja	Ausfallwahrscheinlichkeit	(ja)

Tabelle 4.2-4: Vergleich alternativer Ratingverfahren

Es bleibt jedoch noch festzuhalten, dass die Wahl nicht auf ein globales Verfahren bzw. auf ein Verfahren pro Kunden- bzw. Geschäftsartensegment beschränkt ist, sondern dass sich Kombinationen verschiedener Verfahren diesbezüglich ebenfalls als geeignet erweisen. Beispielsweise kann ein KNN mit der Technik der Fuzzy Logik gekoppelt werden, um bei den Eingangsinformationen auch unscharfe Informationen zu berücksichtigen.<sup>802</sup> Eine weitere Alternative kann in einer linearen Diskriminanzanalyse gesehen werden, der ein Experten- oder Fuzzysystem vorgeschaltet ist, um qualitative Daten in

<sup>801</sup> Vgl. Füser (2001), S. 86.

<sup>802</sup> Vgl. Füser (2001), S. 87.

Kennzahlen zu skalieren, die wiederum Eingang in die Diskriminanzfunktion finden.<sup>803</sup> Entsprechend dem zu betrachtenden (Teil-)Portfolio und der damit verbundenen Datenbasis muss daher für jede Bank individuell überprüft werden, welches Verfahren bzw. welche Verfahrenskombination für den Aufbau eines internen Ratingsystems am besten geeignet ist.

Abschließend kann konstatiert werden, dass sich von den aufgezeigten Verfahren vor allem die Diskriminanzanalyse sowie die regressionsanalytischen Verfahren in der Praxis durchgesetzt haben.<sup>804</sup> Allerdings haben in den letzten Jahren neben den KNN auch Expertensysteme, als alleiniges Verfahren oder in Kombination mit weiteren mathematisch-statistischen Verfahren, an Bedeutung gewonnen.<sup>805</sup>

#### 4.2.3.3 Kalibrierung des Ratingsystems und Schätzung von Risikoparametern

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten mögliche Ratingverfahren aufgezeigt wurden, befasst sich das folgende Unterkapitel mit dem dritten Schritt der Systementwicklung, der Kalibrierung des Ratingsystems. Bei der eigentlichen Kalibrierung können zwei grundsätzliche Vorgehensweisen identifiziert werden, deren Verwendung durch das jeweils gewählte Ratingverfahren determiniert wird. Entweder werden die Kreditnehmer durch das Ratingverfahren indirekt über Score-Wert-Intervalle in Risikoklassen eingeteilt, wobei den jeweiligen Klassen anschließend Ausfallwahrscheinlichkeiten (durchschnittliche Ausfallraten) zugeordnet werden, oder den Kreditnehmern wird alternativ bereits durch das Verfahren eine individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit berechnet (statistische Ausfallmodelle). Bei der zweiten Vorgehensweise werden die Kreditnehmer anhand der Ausfallwahrscheinlichkeit zur einheitlichen Kategorisierung ebenfalls in entsprechende Ratingklassen eingeordnet.<sup>806</sup>

Die genannten Vorgehensweisen harmonisieren mit den Anforderungen der Bankenaufsicht, die im Rahmen von Basel II fordert, dass die Banken zur Schätzung der durchschnittlichen PD pro Ratingklassen interne Ausfalldaten (ein Pooling von Daten mehrerer Banken ist möglich) oder statistische Ausfallmodelle verwenden. Des Weiteren erlaubt die Bankenaufsicht das so genannte Mapping der internen Ratingklassen auf die Klassen von öffentlichen Ratingagenturen, so dass die für die externen Ratingklassen beobachteten Ausfallraten den internen Risikoklassen zugeordnet werden dürfen.<sup>807</sup> Die Verwendung interner Ausfalldaten entspricht dabei der im oberen Abschnitt erstgenannten Vorgehensweise, bei der die Unternehmen anhand eines Score-Wertes in Risikoklassen eingeteilt werden und sich die durchschnittliche PD aus den historischen Ausfallraten bestimmt. Der Einsatz von statistischen Ausfallmodellen stellt die zweitgenannte Vorgehensweise dar, bei der für jeden Kreditnehmer individuell eine Ausfallwahrscheinlichkeit geschätzt wird, anhand derer eine Zuordnung zu den Risikoklassen vorgenommen wird. Die durchschnittliche PD kann anschließend als einfacher Durchschnitt der individuellen PD berechnet werden.

<sup>803</sup> Vgl. Blochwitz/Eigermann (2000), S. 71.

<sup>804</sup> Vgl. Grunert/Weber (2004), S. 30, sowie Altman/Saunders (1997), S. 1723.

<sup>805</sup> Vgl. Füsler/Gleißner (2001), S. 323.

<sup>806</sup> Vgl. Merkl/Stäblein (2004), S. 165.

<sup>807</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 461 f., sowie Liebig et al. (2005), S. 18.



Analog zu diesen Erläuterungen gliedern sich die folgenden Abschnitte. Im Vorfeld der eigentlichen Kalibrierung wird zunächst in Abschnitt 4.2.3.3.1 die Bestimmung der optimalen Anzahl von Ratingklassen diskutiert. Die darauf folgenden Abschnitte behandeln mit der Kalibrierung bei Score-Werte und statistischen Ausfallmodellen (Abschnitt 4.2.3.3.2) sowie mit der Kalibrierung mittels Mapping von internen auf externen Ratingklassen (Abschnitt 4.2.3.3.3) die drei vom Baseler Ausschuss vorgegebenen Ansätze. Ergänzend werden zum Abschluss dieses Unterkapitels Schätzverfahren für die Migrationswahrscheinlichkeiten (Abschnitt 4.2.3.3.4) sowie für die Risikoparameter LGD und EAD dargestellt (Abschnitt 4.2.3.3.5).

#### 4.2.3.3.1 Bestimmung der optimalen Anzahl von Ratingklassen

Unabhängig davon, welches Ratingverfahren im vorherigen Schritt gewählt worden ist, muss bei der weiteren Entwicklung des Ratingsystems zunächst entschieden werden, über wie viele Rating- bzw. Risikoklassen das System verfügen sollte. Die Bankenaufsicht gibt in diesem Punkt eine Nebenbedingung vor, indem sie fordert, dass ein Basel II-konformes Ratingsystem mindestens sieben Klassen für nicht ausgefallene und eine Klasse für ausgefallene Kreditnehmer aufweisen muss.<sup>808</sup> Bei der Berücksichtigung dieser Nebenbedingung stellt sich für Banken daher die Frage, ob diese mindestens vorzunehmende Kreditnehmerdifferenzierung in acht Ratingklassen ausreichend ist, oder ob die Banken eine stärkere Differenzierung durch eine größere Anzahl an Risikoklassen anstreben sollten.

Grundsätzlich ist diese Frage nicht einfach zu beantworten, da sich in diesem Punkt zwei konkurrierende Zielsetzungen bei der Bestimmung bzw. Zuordnung von Ausfallwahrscheinlichkeiten zu Ratingklassen ergeben. Im Rahmen der Ratingkonzeption wird von der Annahme ausgegangen, dass innerhalb einer Ratingklasse alle Kreditnehmer identisch sind und somit das gleiche Kreditrisiko aufweisen, so dass allen Unternehmen einer Klasse dieselbe (durchschnittliche) Ausfallwahrscheinlichkeit zugeordnet wird. Diese Homogenitätsannahme der Kreditnehmer einer Klasse kann offensichtlich jedoch nur als eine Approximation verstanden werden, da die Kreditqualitäten der Unternehmen in der Realität eher stetig verteilt sind und nicht von einer Ratingklasse zur nächsten einen unvermittelten Sprung aufweisen. Um dem Idealbild einer stetigen Verteilung der Kreditqualitäten näher zu kommen, sollte ein Ratingsystem über möglichst viele Risikoklassen verfügen, um so eine stärkere Risikodifferenzierung und somit eine größere Homogenität der Kreditnehmer innerhalb einer Klasse zu gewährleisten. Je weniger Risikoklassen verwendet werden, umso größer ist das Intervall der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten in einer einzelnen Klasse. Ein großes Intervall von Ausfallwahrscheinlichkeiten und einer anschließenden Zuordnung einer durchschnittlichen PD für alle Kreditnehmer einer Ratingklasse führt dazu, dass die Unternehmen einer Klasse mit einer relativ besseren Bonität durch die Homogenitätsannahme unterbewertet und ihr Kreditrisiko somit überschätzt wird. Analog werden die relativ bonitätschwächeren Unternehmen der Klasse aufgewertet und ihr Kreditrisiko konstant unterschätzt.<sup>809</sup> Aufgrund der hohen Bedeutung der Ausfallwahrscheinlichkeit als (Input-)Parameter im gesamten Kreditrisikomanagement hat die Anzahl der Ratingklassen und somit die Stärke der Risikodifferenzierung unter

<sup>808</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 404.

<sup>809</sup> Vgl. Wehrspohn (2005b), S. 88 f.

anderem auch Auswirkungen auf das Pricing und die Kreditrisikoquantifizierung auf Portfolioebene sowie auf die Höhe der regulatorischen Eigenkapitalanforderung. Grundsätzlich kann an ein internes Ratingsystem somit die Anforderung einer möglichst großen Anzahl an Risikoklassen gestellt werden.

Diese Anforderung steht jedoch im Konflikt mit der Anforderung nach einer möglichst konsistenten empirischen Schätzung der durchschnittlichen Ausfallwahrscheinlichkeit pro Ratingklasse. Für die bankinterne Kalkulation von Ausfallwahrscheinlichkeiten ist eine große Datenbasis die Voraussetzung. D. h., es wird eine hinreichend große Kreditnehmerstichprobe benötigt, um einen niedrigen Standardfehler bei der empirischen Schätzung der PD zu erhalten.<sup>810</sup> Implizit bedeutet dies, dass für eine konsistente Schätzung eine Vielzahl von Kreditnehmern in einer Risikoklasse enthalten sein muss. Je größer diese Anzahl, umso besser ist die PD-Schätzung, da unter der Unabhängigkeitsannahme der Kreditnehmer die mittlere Ausfallrate bei steigender Anzahl von Kreditnehmern in der Ratingklasse gegen die reale Ausfallrate konvergiert.<sup>811</sup> Um der Anforderung einer großen Anzahl von Kreditnehmern in einer Risikoklasse bei einer feststehenden Stichprobe gerecht zu werden, müsste das Ratingsystem jedoch über relativ wenige Risikoklassen verfügen.

In der geforderten Anzahl der Risikoklassen lässt sich somit der Konflikt zwischen einer konsistenten PD-Schätzung und einer starken Risikodifferenzierung erkennen. Je mehr Risikoklassen verwendet werden, umso kleiner ist das jeweilige PD-Intervall einer Risikoklasse und umso besser wird die individuelle Bonität der Kreditnehmer berücksichtigt. Demgegenüber führt jedoch eine zunehmende Anzahl an Risikoklassen zu einem größeren Schätzfehler der PD. Es muss somit die Anzahl von Ratingklassen gebildet werden, durch die sowohl das PD-Intervall und auch der Schätzfehler pro Ratingklasse minimiert wird. Anders ausgedrückt kann eine Ratingstruktur als optimal angesehen werden, wenn die Summe der Ungleichheiten zwischen geschätzter PD pro Ratingklasse und der jeweils individuellen PD der Kreditnehmer minimiert wird.<sup>812</sup>

#### 4.2.3.3.2 Kalibrierung bei Score-Werten und statistischen Ausfallmodellen

Die Bestimmung der zu verwendenden Anzahl von Ratingklassen ist jedoch nur der erste Schritt bei der Kalibrierung des Systems. Für den Fall, dass Ratingverfahren eingesetzt werden, die als Ergebnis einen **Score-Wert** ausweisen, muss zunächst für jedes Unternehmen des gesamten Portfolios bzw. der gesamten Stichprobe der Score-Wert ermittelt werden. Aus diesen Score-Werten kann anschließend eine Verteilung der Score-Werte des Portfolios bzw. der Stichprobe bestimmt werden. Die Verteilung kann nun in aus Score-Intervallen bestehende Teilbereiche eingeteilt werden, die den Ratingklassen entsprechen.<sup>813</sup> Eine weitere Vorgehensweise bei der Festlegung der Teilbereiche bzw. Ratingklassen besteht darin, für jeden Abschnitt eine festgelegte Anzahl bzw. einen festgelegten Anteil von Kreditnehmern zu definieren. Die Kreditnehmer werden dann nach auf- oder absteigenden Score-Werten

<sup>810</sup> Vgl. Jansen (2001b), S. 71.

<sup>811</sup> Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 106 f., sowie Wehrspohn (2005b), S. 94.

<sup>812</sup> Vgl. Bank of Japan (2005), S. 10 f.

<sup>813</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 121.

sortiert und entsprechend der festgelegten Anteile auf die Ratingklassen verteilt.<sup>814</sup> Die folgende Abbildung verdeutlicht die erstgenannte Vorgehensweise, wobei von der Annahme ausgegangen wird, dass höhere Score-Werte eine bessere Bonität anzeigen.

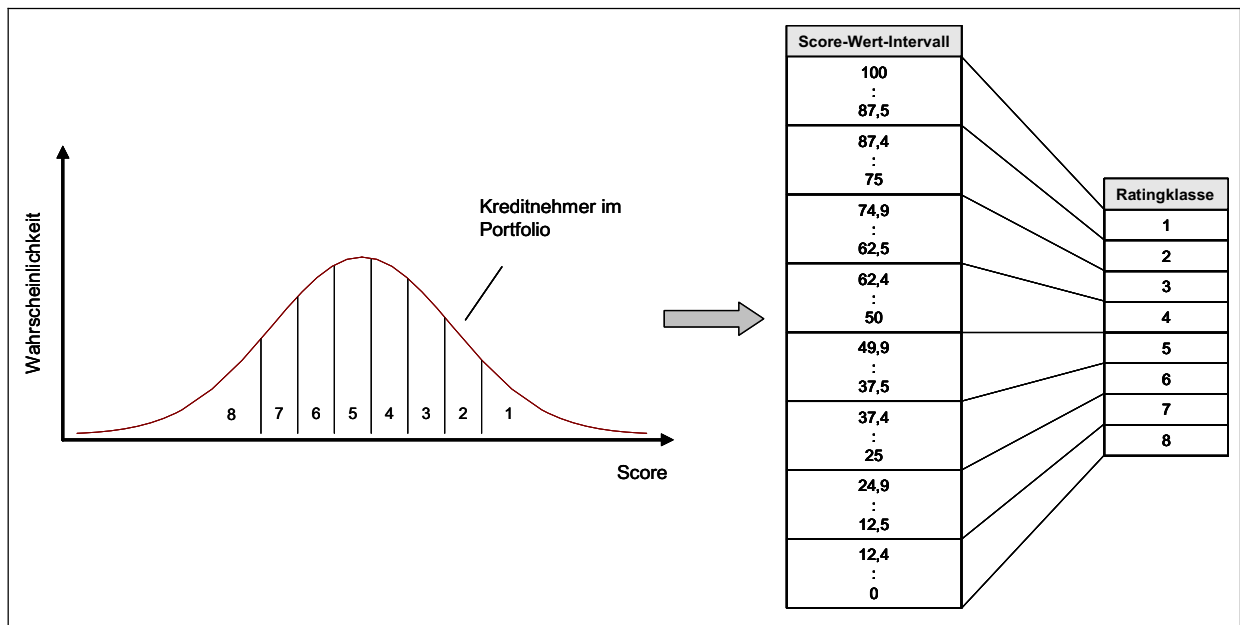


Abbildung 4.2-12: Einteilung in Ratingklassen<sup>815</sup>

I. d. R. verfügen Banken über verschiedene Ratingverfahren für unterschiedliche Geschäfts- bzw. Kundensegmente, um damit deren jeweiligen Besonderheiten Rechnung zu tragen. Aus diesem Grund verwenden Banken häufig eine so genannte Masterskala, die eine bankweit einheitliche Ratingskala darstellt, auf der die Ratingergebnisse der jeweiligen segmentspezifischen Ratingverfahren abgebildet werden. Durch die Verwendung einer Masterskala sind Banken somit in der Lage, die segmentspezifischen Ratingergebnisse untereinander vergleichbar zu machen. Aufgrund der individuellen Besonderheiten der jeweiligen Segmente muss die Kalibrierung daher gesondert für jedes segmentspezifische Ratingverfahren vorgenommen werden. D. h., es muss für jedes segmentspezifische Verfahren festgelegt werden, welche Bandbreite der Ratingergebnisse den jeweiligen Klassen der Masterskala zugeordnet werden sollen.<sup>816</sup>

Nachdem die Anzahl der Ratingklassen und die Bandbreite der Score-Werte festgelegt worden sind, wird im Rahmen der Kalibrierung des Systems in einem weiteren Schritt die i. d. R. einjährige Ausfallwahrscheinlichkeit pro Ratingklasse bestimmt. Für die Bestimmung der PD pro Ratingklasse (bei vorliegenden Score-Werten) können entweder bankinterne historische Daten oder Daten von externen Ratingagenturen<sup>817</sup> verwendet werden. Verfügt eine Bank nicht über eine ausreichend große interne Datenbasis, so wird sie sich entweder für die zweitgenannte Alternative entscheiden oder sie wird sich mit weiteren Banken zusammenschließen und einen so genannten Datenpool bilden, um so Zugriff auf

<sup>814</sup> Vgl. Fritz/Luxenburger/Miehe (2004), S. 113.

<sup>815</sup> In Anlehnung an Behr/Güttler (2004), S. 122.

<sup>816</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 88 f.

<sup>817</sup> Siehe zur Problematik der Verwendung von Daten externer Ratingagenturen Abschnitt 4.2.3.3.3.

eine ausreichend große Datenbasis zu erhalten.<sup>818</sup> Bei der Verwendung von bankinternen oder gepoolten Daten wird zunächst pro Risikoklasse die einjährige beobachtete Ausfallrate (Default Frequency, DF) berechnet. Hierzu wird pro Klasse ermittelt, wie viele Unternehmen zu Beginn des betrachteten Jahres  $t$  in der Ratingklasse  $k$  eingeordnet wurden und wie viele von diesen in dem Jahr insolvent wurden:<sup>819</sup>

$$DF_{k,t} = \frac{D_{k,t}}{N_{k,t}} \quad (4-4)$$

$D_{k,t}$  ist die Anzahl der Ausfälle, die in dem Jahr  $t$  innerhalb der Ratingklasse  $k$  beobachtet werden konnte und  $N_{k,t}$  ist die Gesamtzahl aller Unternehmen, die zu Beginn des Jahres  $t$  der Risikoklasse  $k$  zugeordnet wurden.

Unter der Annahme, dass alle Unternehmen in einer Klasse als stochastisch unabhängig angesehen werden, kann die beobachtete (relative) Ausfallrate als Schätzer für die einjährige Ausfallwahrscheinlichkeit der Ratingklasse  $k$  ( $PD_k$ ) angesehen und somit gleichgesetzt werden.

$$DF_{k,t} = PD_k \quad (4-5)$$

Die Unabhängigkeitsannahme entspricht jedoch nicht der Realität, da Ausfallereignisse gewöhnlich korreliert sind und somit für jedes betrachtete Jahr die ex ante geschätzte PD für eine Risikoklasse i. d. R. nicht mit der ex post beobachtbaren Ausfallrate übereinstimmen wird. Vielmehr wird eine Schwankung der geschätzten PD um die beobachtbaren Ausfallraten in Abhängigkeit der Konjunkturlage zu beobachten sein.<sup>820</sup> Um diese Schwankungen zu vermindern, sollte daher nicht die Ausfallrate in  $t$  als Schätzer für die PD, sondern ein langfristiger Durchschnitt der auf ein Jahr bezogenen Ausfallrate (Long-run Default Frequency, LRDF) verwendet werden. Die Schätzung eines langfristigen Durchschnitts der PD für ein Jahr entspricht zudem auch der Anforderung des Basler Ausschusses für ein Basel II-konformes Ratingsystem.<sup>821</sup> Formal lässt sich die langfristige, mittlere Ausfallrate pro Ratingklasse  $k$  wie folgt darstellen:<sup>822</sup>

$$LRDF_k = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T DF_{k,t} \quad (4-6)$$

Aufgrund der mehrjährigen Betrachtung sollte sich die ex ante geschätzte PD pro Risikoklasse der ex post beobachtbaren tatsächlichen Ausfallrate annähern. Die geschätzte langfristige PD ist über die Zeit relativ konstant, so dass die  $LRDF_k$  als gute Approximation der PD innerhalb einer Point-in-Time-Philosophie angesehen werden kann, insofern eine ausreichend große Datenhistorie vorhanden ist.

<sup>818</sup> Ein Datenpooling zwischen Banken ist jedoch nicht problemlos möglich, da die jeweils verwendeten Ratingsysteme der Banken kompatibel sein müssen, damit eine valide Schätzung der PD auf Basis des Datenpools erzielt werden kann. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 462. Siehe für eine detaillierte Betrachtung dieser Problematik Oehler/Volmar/Schark (2003); Frerichs (2005) sowie Wahrenburg (2005).

<sup>819</sup> Vgl. Huschens/Vogl/Wania (2005), S. 241.

<sup>820</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 18.

<sup>821</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 447.

<sup>822</sup> Vgl. Rösch (2001), S. 7.

Verfolgt eine Bank eine Through-the-Cycle-Philosophie, so stellt die Verwendung der  $LRDF_k$  keine optimale Approximation für die PD einer Ratingklasse dar, da im Rahmen der TtC-Philosophie Ausfallwahrscheinlichkeiten unter einem Stress-Szenario geschätzt werden. Dieser „Sicherheitsaufschlag“ wird in der  $LRDF_k$  jedoch nicht berücksichtigt.<sup>823</sup>

Einen kleinen Einblick in die Qualität der PD-Schätzung bietet die Bestimmung der Standardabweichung der einzelnen Messergebnisse. Die Standardabweichung zeigt die Volatilität und damit in gewissem Umfang auch den Schätzfehler an, der bei der Annahme einer langfristigen mittleren Ausfallrate als Schätzer für die PD einer Ratingklasse auftreten kann.<sup>824</sup>

Ist die langfristige mittlere Ausfallrate ( $LRDF_k$ ) einer Risikoklasse bereits ermittelt, so ergibt sich die Standardabweichung für jede Ratingklasse gemäß der folgenden Gleichung:

$$\sigma(LRDF_k) = \sqrt{\frac{1}{T-1} \cdot \sum_{t=1}^T (DF_{k,t} - LRDF_k)^2} \quad (4-7)$$

Für den Fall, dass die Standardabweichung ohne vorherige Berechnung von  $LRDF_k$  bestimmt werden soll, kann Gleichung (4-8) verwendet werden:

$$\sigma(LRDF_k) = \sqrt{\frac{\left( T \cdot \sum_{t=1}^T (DF_{k,t})^2 \right) - \left( \sum_{t=1}^T DF_{k,t} \right)^2}{T \cdot (T-1)}} \quad (4-8)$$

Tabelle 4.2-5 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer Zuordnung von langfristigen empirischen Ausfallraten zu den entsprechenden Ratingklassen. Da es sich bei dem Beispiel um veröffentlichte Daten der Ratingagentur Standard & Poor's handelt, sind die Bezeichnungen der Ratingklassen von S&P mit angegeben.<sup>825</sup>

Prinzipiell wird davon ausgegangen, dass sich die geschätzten PD der Ratingklassen unterscheiden, wobei die PD, ausgehend von der besten Ratingklasse, in absteigender Reihenfolge der Risikoklassen zunehmen sollten. D. h., die PD einer relativ besseren Klasse sollte zwingend kleiner sein als die einer relativ schlechteren Klasse. Die Verwendung von bankinternen, historischen Ausfallraten zur Bestimmung einer langfristigen mittleren Ausfallrate bzw. PD pro Ratingklasse kann hierbei jedoch zu ungewollten Effekten führen.<sup>826</sup> Wie in der Tabelle 4.2-5 zu sehen ist, steigen die empirischen Ausfallraten bei schlechteren Ratingklassen nicht in jedem Fall stetig an. In dem obigen Beispiel ist die PD der Klasse 5 z. B. größer als die der Klassen 6 und 7, obwohl das Kreditrisiko der Unternehmen in den beiden letztgenannten Klassen grundsätzlich höher sein sollte. Des Weiteren ist die empirische Ausfallrate in den Klassen 1 bis 3 sowie 6 und 7 mit 0,00% bzw. 0,04% identisch anstatt monoton steigend. Diese beispielhafte Situation zeigt, dass durch die Schätzung einer PD pro Ratingklasse anhand von bankin-

<sup>823</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 19.

<sup>824</sup> Vgl. Bluhm/Overbeck/Wagner (2003), S. 23.

<sup>825</sup> Daten stammen aus Vazza/Aurora/Schneck (2006), S. 18.

<sup>826</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 127.

ternen, historischen Daten die in Abschnitt 4.2.1 aufgezeigte Anforderung der Monotonie des Rating-systems nicht immer als erfüllt angesehen werden kann.

Rating S&P	interne Ratingklasse	empirische Ausfallrate (LRDF <sub>k</sub> = PD)
AAA	1	0,00%
AA+	2	0,00%
AA	3	0,00%
AA-	4	0,02%
A+	5	0,05%
A	6	0,04%
A-	7	0,04%
BBB+	8	0,20%
BBB	9	0,28%
BBB-	10	0,36%
BB+	11	0,59%
BB	12	0,87%
BB-	13	1,62%
B+	14	2,86%
B	15	7,78%
B-	16	11,22%
CCC/C	17	27,02%

Tabelle 4.2-5: Empirische Ausfallraten von Ratingklassen

Zudem ergibt sich neben der Einheitlichkeit der PD der Klassen 1 bis 3 noch ein weiteres Problem bezogen auf ihren Wert von 0,00%. Dieser Wert bedeutet nichts anderes, als dass in den für die PD-Schätzung verwendeten vergangenen Jahren für die ersten drei Ratingklassen keinerlei Ausfälle beobachtet werden konnten.<sup>827</sup> Diese fehlenden Beobachtungsfälle überraschen nicht, wenn berücksichtigt wird, dass die besten Ratingklassen häufig mit sehr niedrigen PD kalibriert sind, was dazu führt, dass durchschnittlich mit sehr wenigen Ausfällen in mehreren tausend Jahren in den besten Ratingklassen zu rechnen ist. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass die besten Ratingklassen häufig keine Ausfallhistorie aufweisen können. Allerdings erscheint es wenig sinnvoll, Ratingklassen eine PD von 0,00 % zuzuweisen, da eine solche PD den Anschein suggeriert, dass es sich hierbei um eine risikofreie Anlagemöglichkeit handeln würde. In Abschnitt 2.2.1 wurde jedoch bereits darauf hingewiesen, dass auch Kredite, die der besten Ratingklasse zugeordnet werden, nicht als risikofrei zu betrachten sind, sondern grundsätzlich einem, wenn auch kleinen, Ausfallrisiko unterliegen. Dieser Sachverhalt wird zudem vom Basler Ausschuss bestätigt, indem für ein Basel II-konformes Ratingsystem gefordert wird, dass die beste Ratingklasse mindestens eine PD in Höhe von 0,03% aufweisen muss.<sup>828</sup>

<sup>827</sup> Vgl. auch im Folgenden Bluhm/Overbeck/Wagner (2003), S. 21.

<sup>828</sup> Siehe Abschnitt 3.2.2.2.1.1.

Das Ziel der Kalibrierung des Ratingsystems muss dementsprechend darin liegen, eine PD-Zuordnung zu den Ratingklassen vorzunehmen, bei der sowohl die PD in Richtung schlechterer Risikoklassen monoton ansteigen als auch die besten Ratingklassen mit einer geringen, aber positiven PD versehen sind. Dieses Ziel kann durch eine Glättung der empirischen Ausfallraten erreicht werden, wobei Glättung in diesem Kontext bedeutet, dass die empirischen Ausfallraten so angepasst werden, dass ein monotoner Anstieg der PD sowie eine positive PD bereits in der besten Ratingklasse gewährleistet ist. Ein recht einfaches Verfahren zur Ausfallraten-Glättung wird durch das so genannte exponentielle Fitting dargestellt. Die Verwendung einer exponentiellen Funktion bewirkt dabei den gewünschten Effekt, dass die PD bei schlechteren Klassen zunehmen.<sup>829</sup>

Zunächst werden im Rahmen dieses Fittings die  $LRDF_k$  in ein Koordinatensystem eingezeichnet, wobei auf der Abszisse die Ratingklassen abgetragen werden. Aus der Abbildung 4.2-13 ist ersichtlich, dass die langfristige mittlere Ausfallrate ( $LRDF_k$ ) bei einer logarithmierten Skala durch eine Regressionsgerade angepasst werden kann. An dieser Stelle handelt es sich also um eine exponentielle Regression, was auch mit den Ergebnissen verschiedener empirischer Studien übereinstimmt, die einen exponentiellen Zusammenhang zwischen steigenden Ausfallraten und abnehmender Bonität beobachtet haben. Zur Bestimmung des funktionalen Zusammenhangs der Regressionsfunktion können prinzipiell Statistikprogramme verwendet werden.

Die in der Abbildung 4.2-13 eingezeichnete Funktion ist allgemein von folgender Gestalt, wobei  $y_k$  die zu berechnenden (unbekannten) geglätteten Ausfallraten je Ratingklasse,  $a$  und  $n$  konstante Zahlen,  $e$  die Eulersche Zahl und  $k$  die jeweilige Nummer der Ratingklasse bezeichnet.

$$y_k = a \cdot e^{n \cdot k} \quad (4-9)$$

Bezogen auf die Daten aus Tabelle 4.2-5 ergibt sich somit als spezielle Funktionsgleichung:

$$y_k = 2 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,5383 \cdot k} \quad (4-10)$$

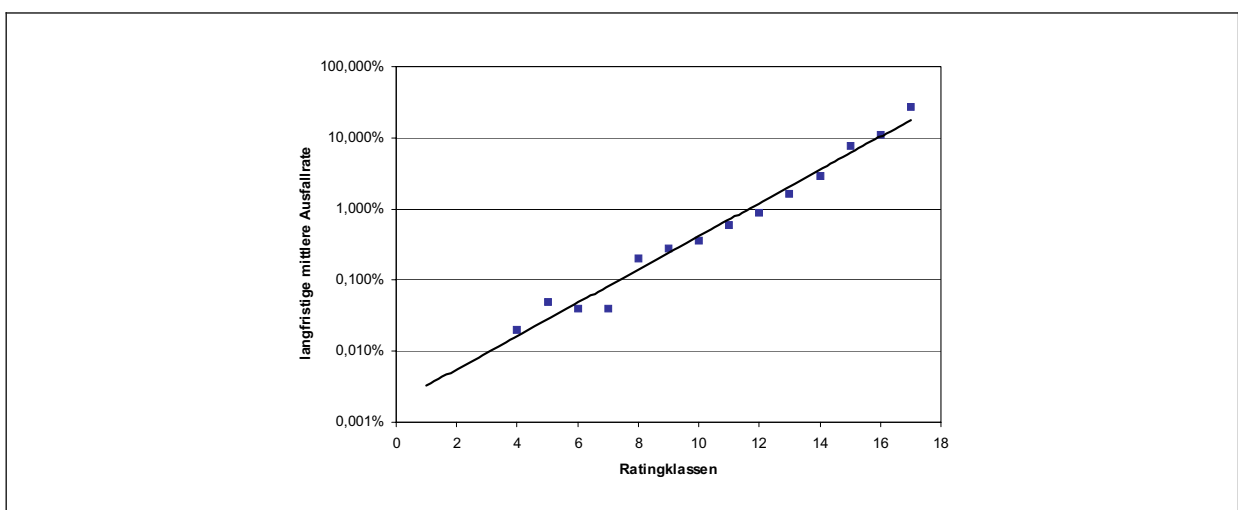


Abbildung 4.2-13: Exponentielles Fitting der langfristigen mittleren Ausfallrate ( $LRDF_k$ )

<sup>829</sup> Vgl. auch im Folgenden Behr/Güttler (2004), S. 128 f., sowie Bluhm/Overbeck/Wagner (2003), S. 23 f.

Alternativ kann die exponentielle Glättung der empirischen Ausfallraten auch ohne vorherige Bestimmung der Funktionsgleichung (4-10) direkt über die folgende Gleichung vorgenommen werden. Formal handelt es sich hierbei jedoch lediglich um eine andere Darstellungsform einer exponentiellen Regression, so dass beide Varianten zu einem identischen Ergebnis führen.<sup>830</sup>

$$y_k = \text{intercept}_{\text{exp}} \cdot (\text{slope}_{\text{exp}})^k \quad \forall k \in \{1, \dots, n\}$$

$$\text{mit} \quad \text{slope}_{\text{exp}} = \exp \left( \frac{n \cdot \sum_{k=1}^n (k \cdot \ln(LRDF_k)) - \sum_{k=1}^n k \cdot \sum_{k=1}^n \ln(LRDF_k)}{\left( n \cdot \sum_{k=1}^n k^2 \right) - \left( \sum_{k=1}^n k \right)^2} \right) \quad (4-11)$$

$$\text{und} \quad \text{intercept}_{\text{exp}} = \exp \left( \frac{\sum_{k=1}^n \ln(LRDF_k) - \left( \ln(\text{slope}_{\text{exp}}) \cdot \sum_{k=1}^n k \right)}{n} \right)$$

Die gemäß Gleichung (4-9) bzw. (4-11) berechneten geglätteten Ausfallraten werden nun als Schätzer für die PD je Ratingklasse verwendet.

$$y_k = PD_k \quad (4-12)$$

Im Rahmen der Kalibrierung eines Ratingsystems bei vorliegenden Score-Werten wurde zwar bereits für jede Klasse ein Intervall von Score-Werten festgelegt, allerdings ist vor allem für die Validierung des Systems<sup>831</sup> die Bandbreite der Ausfallwahrscheinlichkeiten pro Ratingklasse von Interesse. Daher werden in einem abschließenden Schritt die Ober- und Untergrenzen der Risikoklassen bestimmt. Für die Bestimmung der Klassengrenzen kann wiederum die für die Glättung aufgezeigte Gleichung (4-9) bzw. (4-10) verwendet werden. Für die Variable  $k$  wird jetzt jedoch nicht mehr die Nummer der Ratingklasse, sondern die jeweilige Klassenmitte zwischen zwei Ratingklassen eingesetzt, die sich als Mittelwert der beiden Klassennummern darstellt. Für die Klassenobergrenze der Klasse 1 wird somit der Mittelwert der beiden ersten Ratingklassen in Höhe von 1,5 in die Funktion eingesetzt und die Untergrenze der ersten Risikoklasse beträgt Null.<sup>832</sup> Die folgende Tabelle zeigt abschließend das Ergebnis eines Rating-systems, bei dem den über Score-Werte gebildeten Ratingklassen zunächst empirische Ausfallraten und anschließend geglättete PD zugeordnet wurden. In den Spalten 4 und 6 sind zudem die Klassenober- und -untergrenzen angegeben. Anhand der geglätteten PD ( $y_k$ ) lässt sich sehr gut erkennen, dass das exponentielle Fitting dazu geführt hat, dass die PD bei absteigenden Ratingklassen monoton ansteigen und auch die beste Ratingklasse eine kleine, aber positive Ausfallwahrscheinlichkeit aufweist.

<sup>830</sup> Vgl. im Folgenden Fritz/Luxenburger/Miehe (2004), S. 113.

<sup>831</sup> Siehe zur Thematik der Validierung Abschnitt 4.2.3.4.

<sup>832</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 129.



Rating S&P	interne Ratingklasse	emp. Ausfallrate (LRDF <sub>k</sub> )	Untergrenze	geglättete PD (y <sub>k</sub> )	Obergrenze
AAA	1	0,00%	0,0000%	<b>0,0034%</b>	0,0045%
AA+	2	0,00%	0,0046%	<b>0,0059%</b>	0,0077%
AA	3	0,00%	0,0078%	<b>0,0101%</b>	0,0132%
AA-	4	0,02%	0,0133%	<b>0,0172%</b>	0,0225%
A+	5	0,05%	0,0226%	<b>0,0295%</b>	0,0386%
A	6	0,04%	0,0387%	<b>0,0505%</b>	0,0662%
A-	7	0,04%	0,0663%	<b>0,0866%</b>	0,1133%
BBB+	8	0,20%	0,1134%	<b>0,1483%</b>	0,1942%
BBB	9	0,28%	0,1943%	<b>0,2541%</b>	0,3326%
BBB-	10	0,36%	0,3327%	<b>0,4353%</b>	0,5698%
BB+	11	0,59%	0,5699%	<b>0,7458%</b>	0,9761%
BB	12	0,87%	0,9762%	<b>1,2776%</b>	1,6722%
BB-	13	1,62%	1,6723%	<b>2,1887%</b>	2,8646%
B+	14	2,86%	2,8647%	<b>3,7494%</b>	4,9074%
B	15	7,78%	4,9075%	<b>6,4230%</b>	8,4068%
B-	16	11,22%	8,4069%	<b>11,0033%</b>	14,4016%
CCC/C	17	27,02%	14,4017%	<b>18,8496%</b>	100%

Tabelle 4.2-6: Geglättete Ausfallraten sowie Klassenober- und -untergrenzen eines Ratingsystems

Die Bestimmung und Zuordnung der PD zu Risikoklassen unterscheidet sich in Teilen von den bisherigen Erläuterungen, falls das Ratingsystem auf einem **statistischen Ausfallmodell** basiert und das Ergebnis des Ratingverfahrens somit direkt durch eine Ausfallwahrscheinlichkeit ausgedrückt wird. Zunächst werden für alle Unternehmen des Portfolios bzw. einer Stichprobe die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten anhand des Ratingverfahrens bestimmt. In einem weiteren Schritt werden die Klassen gebildet bzw. pro Klasse die PD-Intervalle festgelegt und die Kreditnehmer entsprechend ihrer individuellen PD den Ratingklassen zugeordnet. Die mittlere PD pro Ratingklasse kann nun bestimmt werden, indem der Durchschnitt der durch das Ratingverfahren ermittelten kreditnehmerindividuellen PD der jeweiligen Risikoklasse berechnet wird.<sup>833</sup> Der Vorteil der Verwendung der über ein statistisches Ausfallmodell bestimmten PD gegenüber der Verwendung von bankinternen, historischen Ausfallraten liegt vor allem darin, dass die PD der Ratingklassen mit absteigender Bonität monoton ansteigen und somit keine Glättung vorgenommen werden muss. Des Weiteren können mit diesem Ansatz PD sowohl im Rahmen einer PiT- als auch einer TtC-Philosophie geschätzt werden.<sup>834</sup>

Alternativ kann jedoch auch bei auf statistischen Ausfallmodellen basierenden Ratingsystemen das anfangs erläuterte Vorgehen bei der Kalibrierung über Score-Werte angewendet werden, indem die individuellen PD analog zu Score-Werten nur für die Einteilung und Zuordnung der Klassen eingesetzt werden, die abschließende Schätzung der PD allerdings wieder über interne, historische Ausfallraten

<sup>833</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 19.

<sup>834</sup> Vgl. Breinlinger/Glogova/Höger (2003), S. 91, sowie Liebig et al. (2005), S. 19.

vorgenommen wird.<sup>835</sup> Der aufgezeigte Vorteil der monoton steigenden PD wäre hier allerdings nicht mehr zwingend gegeben, so dass ggf. eine Glättung der empirischen Ausfallraten notwendig ist.

Ungeachtet des gewählten Ratingverfahrens und damit der gewählten Kalibrierungsmethode muss jedoch berücksichtigt werden, dass die durchschnittliche Ausfallrate bzw. der Durchschnitt der kreditnehmerindividuellen PD einer Ratingklasse nur einen geeigneten Schätzer darstellt, wenn entweder eine Vollerhebung der Kreditnehmer vorgenommen wurde, oder die gewählte Stichprobe die Grundgesamtheit repräsentiert, d. h. falls die Stichprobe die gleiche Ausfallstruktur aufweist, wie das zu betrachtende (Teil-)Portfolio. Ist dies nicht der Fall, so müssen die geschätzten PD pro Risikoklasse auf eine mittlere Portfolio-Ausfallwahrscheinlichkeit umskaliert werden, um Stichprobeneffekte zu vermeiden bzw. zu bereinigen.<sup>836</sup>

#### 4.2.3.3 Kalibrierung mittels Mapping von internen auf externe Ratings

Banken, die über keine ausreichende Datenbasis verfügen und kein Datenpooling mit anderen Banken vornehmen, um die PD der jeweiligen Ratingklassen über interne historische Ausfallraten zu schätzen, können für die Kalibrierung des internen Ratingsystems auf die historischen Ausfalldaten von externen Ratingagenturen zurückgreifen.

Im einfachsten, aber wenig realistischen Fall verfügt die Bank über die gleiche Risikoklasseneinteilung und Kreditnehmerstruktur wie die Ratingagentur, hat zudem zur Bonitätseinschätzung die gleichen Ratingkriterien verwendet und verfolgt mit einem TtC-Rating die gleiche Rating-Philosophie. Bei dieser Konstellation könnte die Bank die von den Agenturen veröffentlichten empirischen Ausfallraten direkt benutzen und den eigenen Ratingklassen zuordnen. In den meisten Fällen entspricht die Anzahl der bankinternen Risikoklassen jedoch nicht der Klassenanzahl der Ratingagenturen und auch die Kundenstruktur wird nur in den wenigsten Fällen übereinstimmen. Unterschiede lassen sich zudem bei der Verwendung der Ratingkriterien erkennen, da Banken ihr Ratingurteil überwiegend anhand quantitativer Kriterien fällen, während Ratingagenturen ihre Urteile zu einem Großteil auf qualitativen Kriterien abstellen. Des Weiteren verfolgen Banken i. d. R. eine PIT-Philosophie, während Ratingagenturen überwiegend einer TtC-Philosophie nachgehen, was grundsätzlich zu unterschiedlichen Auswirkungen auf die PD-Schätzungen bzw. zu Schätzfehlern führt.<sup>837</sup>

Da im Regelfall die Ratingsysteme der Banken und der Agenturen nicht identisch sind, ist ein direkter Vergleich bzw. eine direkte Zuordnung der empirischen Ausfallraten der Ratingagenturen zu den internen Risikoklassen nicht möglich. Um die Ausfalldaten der Agenturen nutzen zu können, müssen daher spezielle Mapping-Verfahren eingesetzt werden, um die internen Risikoklassen auf die der externen Agenturen abzubilden.<sup>838</sup> Das Hauptproblem beim Mapping liegt in der unterschiedlichen Rating-Philosophie von Banken und Ratingagenturen. Abweichungen bei der PD-Schätzung treten beim Map-

<sup>835</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 130 f.

<sup>836</sup> Siehe zur Thematik der Umskalierung Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 89-92.

<sup>837</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 914. Für eine detaillierte Betrachtung der Auswirkungen von verschiedenen Rating-Philosophien auf die Schätzung der PD siehe exemplarisch Heitfield (2004).

<sup>838</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 11.

ping zum Großteil dadurch auf, dass sich das interne PiT-Rating eines Kreditnehmers im Konjunkturverlauf ändert und somit ein Klassenwechsel auftritt, wenn sich der Bonitätszustand des Kreditnehmers aufgrund konjunktureller Umstände verändert, während die mit einer Ratingklasse verbundene PD jedoch stabil bleibt. Im Gegensatz dazu verbleibt beim TtC-Rating der Agenturen der Kreditnehmer i. d. R. unabhängig vom Stand der Konjunktur in derselben Ratingklasse. Dafür variiert jedoch die PD im Konjunkturverlauf. Aufgrund dieser Unterschiede im Bereich Rating- und PD-Stabilität sollte der momentane Zustand der Konjunktur beim Mapping berücksichtigt werden, indem nicht zwingend die aktuellsten Ausfalldaten der Agenturen verwendet werden. Stattdessen wird aus den historischen Studien der Agenturen ein Zeitpunkt aus den vergangenen Konjunkturzyklen herausgesucht, der dem momentanen Zustand des ökonomischen Umfeldes am besten entspricht. Die für diesen Zeitpunkt vorhandenen Ausfalldaten werden nun verwendet, um den internen Ratingklassen empirische Ausfallraten zuzuordnen.<sup>839</sup>

Grundsätzlich kann ein Mapping nur durchgeführt werden, wenn sowohl die bankinternen als auch die Agenturratings das gleiche messen. Im Vorfeld des Mappings müssen daher die folgenden zentralen Fragen geklärt werden:<sup>840</sup>

- Welche Rating-Philosophie wird verwendet?
- Handelt es sich um ein- oder zweidimensionale Ratingsysteme? Messen beide Ratings entweder die PD von Kreditnehmern oder die LGD einer speziellen Transaktion alleine oder wird dem Rating der erwartete Verlust zugeordnet?
- Verwenden beide Ratingsysteme die gleiche Ausfalldefinition?
- Kann die Ratingbestimmung jeweils als konsistent über alle Kunden- bzw. Geschäftssegmente angesehen werden?

Wenn die aufgezeigten Punkte zu systematischen Unterschieden bei den internen und externen Ratings führen, müssen die Mappingergebnisse entsprechend der Unterschiede adjustiert werden.

Ein grundlegender Ansatz zum Mapping der internen auf externe Ratingklassen besteht in einem Vergleich von einer ausreichend großen Menge von Kreditnehmern, die sowohl über ein internes als auch über ein externes Rating verfügen. In den meisten Fällen werden jedoch nicht genügend extern bewertete Kreditnehmer im bankinternen Portfolio vorhanden sein oder deren Verteilung erstreckt sich nicht gleichmäßig über alle Klassen, so dass ein Mapping nicht zwingend zu validen Ergebnissen führen würde. In solchen Fällen kann entweder versucht werden, eine repräsentative Stichprobe von Unternehmen des Portfolios mit internem und externem Rating zu generieren, oder die Anzahl der Unternehmen mit beiden Bonitätseinschätzungen wird dadurch erhöht, dass für nicht extern beurteilte Unternehmen des Bankportfolios so genannte Shadow-Ratings durch externe Agenturen oder alternativ durch ein weiteres anerkanntes, automatisches Ratingsystem intern bei der Bank erstellt werden.

<sup>839</sup> Vgl. Treacy/Carey (1998), S. 914.

<sup>840</sup> Vgl. auch im Folgenden Harris (2003), S. 345-348, sowie Romer/McCambley (2003), S. 473 und S. 477.

Bei diesem Mapping-Verfahren wird in einem ersten Schritt die Anzahl der jeweiligen Ratingkombinationen in einer Matrix eingetragen. Im einfachsten Fall wird die interne Ratingklasse dann der externen zugeordnet, der sie mit der größten Wahrscheinlichkeit angehört. Die größte Wahrscheinlichkeit wird hierbei durch die größte Anzahl von Unternehmen der Stichprobe für die entsprechende Ratingkombination angezeigt. Nach der Zuordnung der internen zu den externen Risikoklassen können die empirischen Ausfallraten der Agentur auf die internen Klassen übertragen werden. Erwähnt sei hier nochmals, dass ggf. eine Anpassung der Ausfallraten entsprechend der Unterschiede der beiden Ratingssysteme vorgenommen werden muss. Für diese Anpassung gibt es jedoch keine allgemeine Regelung, da die Anpassung immer in Anbetracht der spezifischen Ausgestaltung des internen und externen Ratingystems und der Kundenstruktur des Bankportfolios vorgenommen werden muss. Abbildung 4.2-14 veranschaulicht das Vorgehen der erläuterten Mapping-Methode unter Verwendung der Ratingklassen von S&P.

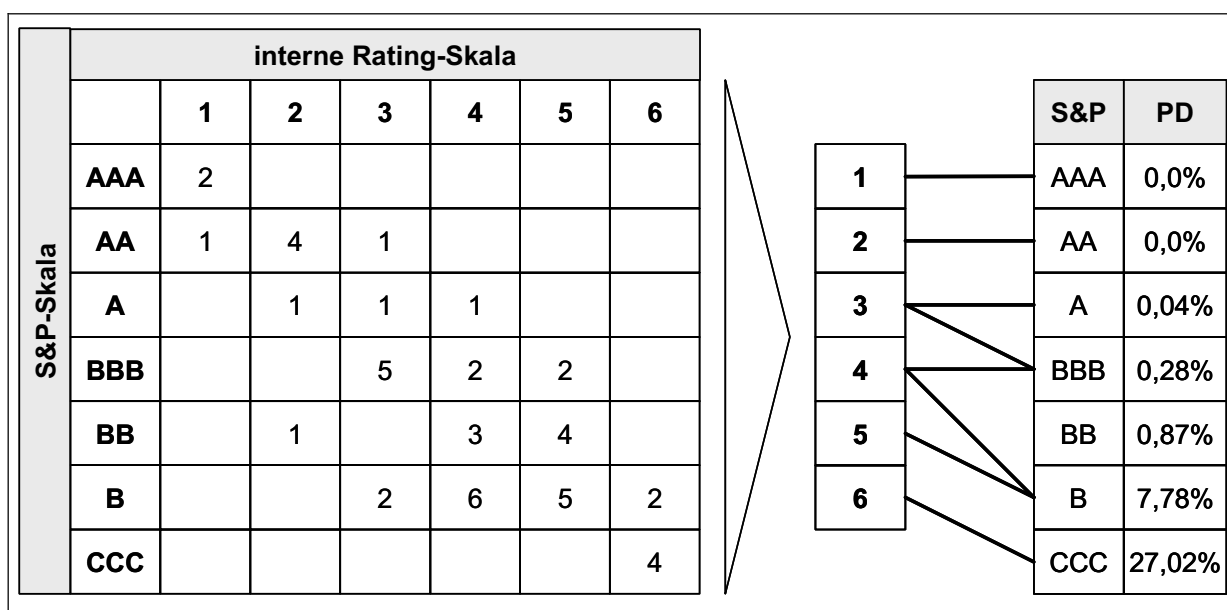


Abbildung 4.2-14: Mapping interner auf externe Ratings<sup>841</sup>

Nach der Zuordnung der empirischen Ausfallraten der Agentur zu den internen Klassen ergibt sich für das Ratingsystem ein ähnliches Bild, wie es bereits in Tabelle 4.2-5 aufgezeigt wurde. Analog kann es zu den dort angegebenen Problemen kommen, indem die Ausfallraten nicht monoton ansteigen und die besten Ratingklassen eine PD von 0,00% aufweisen. In solchen Fällen könnten die Ausfallraten genau wie in Abschnitt 4.2.3.3.2 über ein exponentielles Fitting geglättet werden.

Aus der obigen Abbildung ist ersichtlich, dass dieses Mapping-Verfahren in der praktischen Anwendung einige Schwächen bzw. Probleme aufweist. Ein Problempunkt kann darin gesehen werden, dass die korrespondierenden S&P-Ratings stark um eine spezielle interne Ratingklasse streuen können. Bei dem aufgezeigten Beispiel verfügt beispielsweise bei der internen Ratingklasse 4 die Mehrzahl der Unternehmen über die externe Risikoklasse B. Allerdings weist die gleiche Anzahl von Unternehmen eine Zugehörigkeit zu den Klasse A, BBB und BB auf. An dieser Stelle lässt sich erkennen, dass die

<sup>841</sup> In Anlehnung an Harris (2003), S. 347.

Ergebnisse bei diesem Verfahren schwer zu interpretieren sind, da für die interne Ratingklasse 4 keine eindeutige Zuordnung zu einer externen Klasse vorgenommen werden kann. Dieses Problem ließe sich ggf. durch eine Erhöhung der „doppelt“ bewerteten Unternehmen vermindern, was jedoch nur durch die Bestimmung von Shadow-Ratings möglich ist. Die Ermittlung von Shadow-Ratings ist allerdings mit einigem Aufwand verbunden und kann somit nicht in beliebiger Höhe vorgenommen werden. Zudem basieren Shadow-Ratings ausschließlich auf öffentlich verfügbaren Informationen über die Kreditnehmer, so dass fraglich ist, ob die Ratingeinschätzung die tatsächliche Bonität eines Unternehmens widerspiegelt. Verzerrungen bei den Ergebnissen der Shadow-Ratings wirken sich dann folglich auch negativ auf die Mappingergebnisse aus. Dieses Verfahren eignet sich daher nur für ausreichend große Vergleichsstichproben mit internem und externem Rating.

Eine weitere Möglichkeit des Mappings stellt die Nachbildung eines externen Ratingsystems dar. Bei diesem Vorgehen verwendet die Bank die gleiche Anzahl von Ratingklassen wie die externe Agentur. Des Weiteren muss die Bank versuchen, Ratingkriterien in ihrem System zu verwenden, die konsistent zu denen der Agentur bzw. zur Ratingskala sind.<sup>842</sup> In solchen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass die externen historischen Ausfallraten eine geeignete Approximation für die durchschnittlichen PD der internen Ratingklassen darstellen.<sup>843</sup>

Ein Mapping kann jedoch auch dann sinnvoll sein, wenn eine Bank über eine ausreichend große interne Datenbasis verfügt und somit eigene PD-Schätzungen vornehmen kann. Durch die Abbildung der internen auf die externen Klassen sind Banken in der Lage, weitere Daten, wie beispielsweise Migrationswahrscheinlichkeiten sowie Credit-Spread- und ratingklassenabhängige Zinsstrukturkurven, von den Ratingagenturen zu verwenden. In einem solchen Fall, bei vorliegenden internen PD-Schätzungen, kann das Mapping über die jeweiligen empirischen Ausfallraten der internen und externen Ratingklassen vorgenommen werden, wobei zwei Vorgehensweisen unterschieden werden können. Eine Möglichkeit besteht darin, der internen Risikokategorie die externe Ratingklasse zuzuordnen, in deren Intervall die durchschnittliche interne PD fallen würde, wobei das PD-Intervall dabei durch die Klassengrenzen der Agentur<sup>844</sup> festgelegt wird (siehe Abbildung 4.2-15 a)). Auf diese Weise wird jeder internen Klasse genau ein externes Rating zugeordnet. Eine Alternative zu diesem Vorgehen stellt der direkte Vergleich der jeweiligen PD-Intervalle bzw. PD-Klassengrenzen von internem und externem Ratingssystem dar, bei der den internen Klassen die externen Ratings zugeordnet werden, deren PD-Intervalle denen der internen (teilweise) entsprechen (siehe Abbildung 4.2-15 b)).

<sup>842</sup> I. d. R. sind den Banken die in den Ratingagenturen verwendeten Kriterien zum Großteil unbekannt, so dass die Identifizierung dieser Kriterien eher intuitiv von erfahrenen Kreditsachbearbeitern vorgenommen wird und die Qualität der Ergebnisse somit nicht überprüfbar ist. Die Eignung dieses Mapping-Verfahrens kann daher insgesamt in Frage gestellt werden. Vgl. Carey/Hrycay (2001), S. 208.

<sup>843</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2000), S. 25.

<sup>844</sup> Insofern die Klassengrenzen nicht von den Ratingagenturen veröffentlicht werden, kann die in Abschnitt 4.2.3.3.2 aufgezeigte Methode zur Bestimmung von Klassenober- und -untergrenzen verwendet werden.

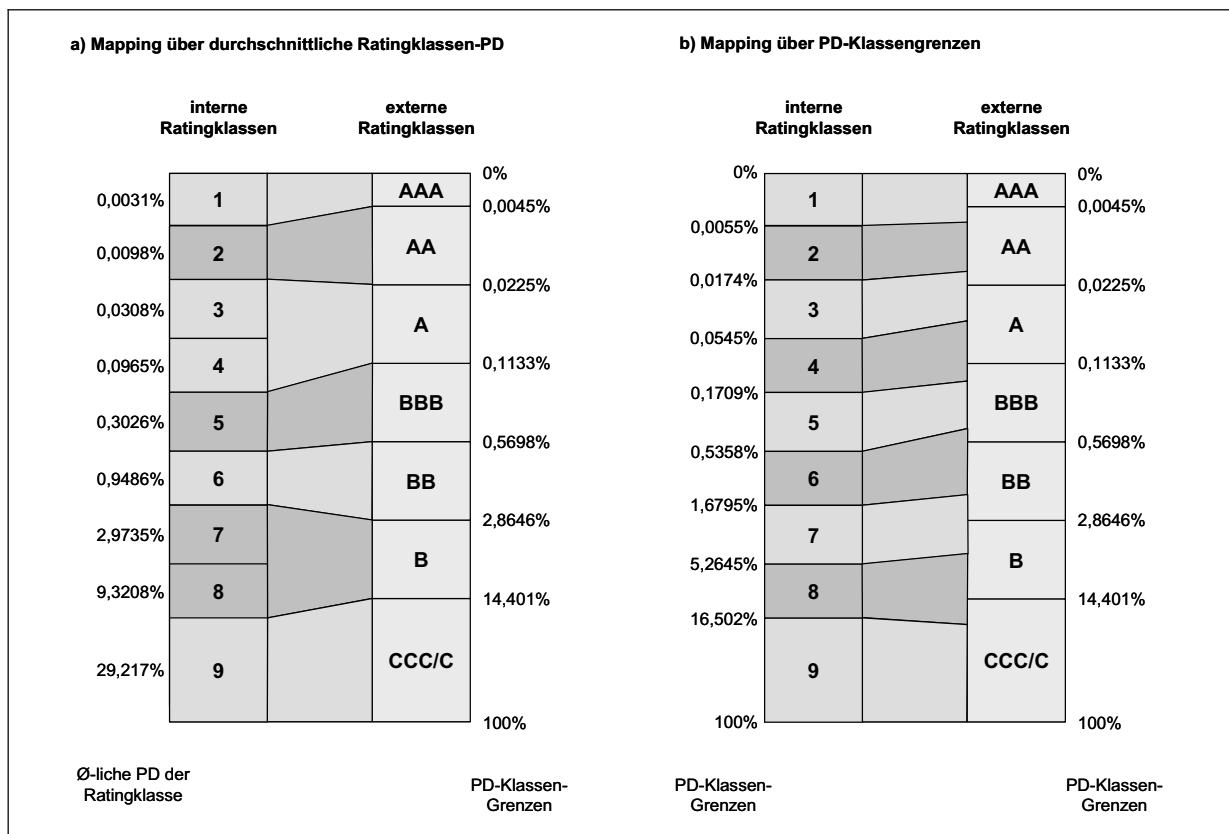


Abbildung 4.2-15: Mapping über empirische Ausfallraten

Die erstgenannte Vorgehensweise weist den Vorteil auf, dass jeder internen Ratingklasse genau ein externes Rating zugeordnet werden kann, so dass für alle Kreditnehmer der internen Risikoklasse die Agenturdaten der jeweils korrespondierenden externen Klasse verwendet werden können. In der Abbildung 4.2-15 a) ist jedoch auch ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens zu erkennen. Verfügt das interne Ratingsystem (wie in dem Beispiel) über mehr Klassen als das externe System, so lässt es sich nicht vermeiden, dass mehrere interne Klassen (Klassen 3 und 4 sowie Klassen 7 und 8) das gleiche externe Rating zugeordnet bekommen, was prinzipiell zu einer Verringerung der Risikodifferenzierung führt. Im gegensätzlichen Fall, der geringeren Anzahl von internen Ratingklassen, tritt dagegen die Problematik auf, dass nicht alle externen Klassen zugeordnet werden können, was als ungünstige Verteilung der Kreditnehmer über die Risikoklassen interpretiert werden kann.

Das zweitgenannte Verfahren ordnet die externen Ratings zwar gemäß der internen PD-Intervalle zu, allerdings bedeutet diese Vorgehensweise, dass jedem internen Rating nicht mehr genau ein, sondern i. d. R. mehrere externe Ratings zugeordnet werden. In dem Beispiel in Abbildung 4.2-15 b) verfügt ausschließlich die Klasse 2 über eine eindeutige Zuordnung. Für die Verwendung von Agenturdaten bedeutet dies, dass beispielsweise bei der internen Risikoklasse 1 nicht eindeutig ist, ob die entsprechenden Daten der externen Ratingklasse AAA oder AA verwendet werden sollen. Dieses Mapping-Verfahren lässt sich daher nur praktikabel einsetzen, wenn das interne Ratingsystem auf einem statistischen Ausfallmodell basiert und somit für alle Kreditnehmer individuelle Ausfallwahrscheinlichkeiten berechnet werden. Es wird folglich nicht den internen Ratingklassen, sondern direkt den einzelnen Kreditnehmern ein externes Rating zugeordnet, so dass der bei der ersten Variante aufgezeigte Nachteil

der Verringerung der Risikodifferenzierung an dieser Stelle nicht auftritt, sondern die von der Bank gewünschte Risikodifferenzierung grundsätzlich beibehalten wird.

Anzumerken sei an dieser Stelle, dass Mapping-Ansätze über Ausfallraten nicht zwingend als Basel II-konform anzusehen sind, da der Baseler Ausschuss explizit fordert, dass eine Zuordnung der internen zu den externen Ratingklassen über den Vergleich der internen und externen Ratingkriterien sowie dem Vergleich der jeweiligen Ratings bei gemeinsam beurteilten Kreditnehmern zu erfolgen hat.<sup>845</sup> Die Möglichkeit des Mappings über empirische Ausfallraten wird in Basel II jedoch nicht erwähnt, was zu kritisieren ist, da der Baseler Ausschuss ausdrücklich daraufhin weist, dass Banken die Erfahrungswerte der Agenturen über Migrationen zwischen den Ratingklassen berücksichtigen sollen.<sup>846</sup> Eine solche Berücksichtigung bzw. Verwendung von Migrationswahrscheinlichkeiten der externen Ratingagenturen kann jedoch nur geschehen, wenn im Vorfeld ein Mapping vorgenommen wurde. Wie bereits erläutert, stellt ein Mapping über Ratingkriterien eine eher intuitive und subjektiv bewertende Vorgehensweise dar, die nicht zwingend zu akzeptablen Ergebnissen führt. Ähnlich verhält es sich beim Mapping durch Vergleich der Ratingergebnisse bei Kreditnehmern mit internem und externem Rating, da bei zu kleiner Stichprobe die Ergebnisse ggf. nicht interpretierbar sind bzw. eine eindeutige Zuordnung der Klassen nicht möglich ist. Insofern die empirischen Ausfallraten des internen Ratingsystems gemäß den obigen Erläuterungen an die Besonderheiten des externen Systems angepasst werden, kann davon ausgegangen werden, dass ein Mapping über die Ausfallraten zu relativ besseren Ergebnissen führt als bei der vom Baseler Ausschuss vorgegebenen Vorgehensweise. Aus diesem Grund ist es nicht nachvollziehbar, warum das Mapping über Ausfallraten im Rahmen von Basel II bislang keine Berücksichtigung gefunden hat.

#### 4.2.3.3.4 Schätzung von Migrationswahrscheinlichkeiten

Bei den bisherigen Erläuterungen zur Schätzung der PD wurde implizit davon ausgegangen, dass ein Kreditnehmer nur einen der beiden Zustände „solvent“ oder „insolvent“ annehmen kann, wobei die PD ausschließlich die Wahrscheinlichkeit für einen auftretenden Kreditterausfall anzeigt. In der Realität folgt die Entwicklung der Bonität eines Kreditnehmers bis zum Ausfall i. d. R. jedoch keinem binomialen Prozess, sondern vielmehr lässt sich in den meisten Fällen ein (mehrstufiger) Prozess einer stetigen Verschlechterung der Bonität bis zum Ausfallzeitpunkt feststellen.<sup>847</sup> Im Bereich der ratingbasierten Kreditrisikomessung können die Veränderungen der Bonität eines Kreditnehmers durch so genannte Migrations- bzw. Übergangswahrscheinlichkeiten abgebildet werden. Ausgehend von dem Rating des Schuldners zum Zeitpunkt  $t = 0$  geben die Migrationswahrscheinlichkeiten die Wahrscheinlichkeiten an, mit denen sich der Kreditnehmer nach einem im Voraus festgelegten Betrachtungszeitraum (i. d. R. ein Jahr) in der gleichen oder in einer anderen Ratingklasse befindet. Die Übergangswahrscheinlichkeiten werden dabei in Form von Migrations- bzw. Transitionsmatrizen abgebildet.

<sup>845</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 462.

<sup>846</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 436.

<sup>847</sup> Vgl. Ong (2000), S. 74.

Eine einperiodige Migrationsmatrix (MM) kann bei allgemeiner Betrachtung gemäß Gleichung (4-13) dargestellt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kreditnehmer vom Zustand  $i$  nach einer Zeitperiode in den Zustand  $j$  übergeht, wird dabei mit  $p_{ij}$  angegeben. Hierbei handelt es sich um eine bedingte Wahrscheinlichkeit für den Eintritt des Zustands  $j$  unter der Bedingung, dass der Kreditnehmer zum vorherigen Betrachtungszeitpunkt den Zustand  $i$  aufweist. Der Zustände  $i$  bzw.  $j$  gleich Eins bezeichnen die höchste und die Zustände  $i$  bzw.  $j$  gleich  $K$  die niedrigste Ratingklasse (Default-Klasse). Die letzte Zeile der Matrix resultiert aus der Annahme, dass ein einmal ausgefallener Kreditnehmer in der schlechtesten Ratingklasse verbleibt und nicht zurück in höhere Ratingkategorien migrieren kann.<sup>848</sup>

$$MM = \begin{pmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & \dots & p_{1,K} \\ p_{2,1} & p_{2,2} & \dots & p_{2,K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{K-1,1} & p_{K-1,2} & \dots & p_{K-1,K} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4-13)$$

Dabei gilt:

$$p_{i,j} \geq 0 \quad \text{und} \quad \sum_{j=1}^K p_{i,j} = 1, \forall i$$

Die Tabelle 4.2-7 zeigt beispielhaft eine Ein-Jahres-Migrationsmatrix von S&P.

Rating in $t = 0$	Rating in $t = 1$								
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default	N.R.
AAA	<b>88,38%</b>	7,45%	0,47%	0,09%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	3,55%
AA	0,60%	<b>86,67%</b>	7,79%	0,58%	0,06%	0,11%	0,02%	0,01%	4,18%
A	0,05%	2,05%	<b>86,94%</b>	5,51%	0,43%	0,16%	0,03%	0,04%	4,79%
BBB	0,02%	0,21%	3,85%	<b>84,13%</b>	4,39%	0,77%	0,19%	0,29%	6,15%
BB	0,04%	0,08%	0,33%	5,26%	<b>75,69%</b>	7,37%	0,95%	1,21%	9,08%
B	0,00%	0,07%	0,20%	0,28%	5,21%	<b>72,94%</b>	4,23%	5,72%	11,36%
CCC/C	0,08%	0,00%	0,30%	0,38%	1,30%	9,60%	<b>46,80%</b>	28,96%	12,58%

Tabelle 4.2-7: Durchschnittliche Ein-Jahres-Migrationsmatrix von S&P<sup>849</sup>

Jede Zeile der Matrix beinhaltet die Wahrscheinlichkeiten, dass ein Kreditnehmer mit einem bestimmten Rating zum Zeitpunkt  $t = 0$  nach einem Jahr entweder in seiner Ratingklasse verbleibt (Wahrscheinlichkeiten der Diagonalen der Matrix) oder in eine andere Risikoklasse wechselt. Die Wahrscheinlichkeiten der Default-Spalte entsprechen dabei den Ausfallwahrscheinlichkeiten der jeweiligen Ratingkategorie. Alle Werte oberhalb der Hauptdiagonalen stellen dabei Ratingverschlechterungen (Downgrade) und alle Werte unterhalb der Hauptdiagonalen Ratingverbesserungen (Upgrade) dar. Ein Unternehmen mit einem Anfangsrating in  $t = 0$  von A wird somit beispielsweise nach Ablauf eines Jahres mit einer Wahrscheinlichkeit von 86,94% in seiner Ratingklasse verbleiben, zu 5,51% in die niedrigere Klasse BBB

<sup>848</sup> Vgl. Jarrow/Lando/Turnbull (1997), S. 487; Wei (2003), S. 712, sowie Kaiser/Szczesny (2001), S. 185.

<sup>849</sup> Quelle: Vazza/Aurora/Schneck (2005a), S. 12. Die Matrix basiert auf Daten von 1981-2004.



und zu 2,05% in die höhere Klasse AA wechseln. Zudem besteht eine Wahrscheinlichkeit in Höhe von 0,04% für den Ausfall des Schuldners.

Prinzipiell addieren sich die Wahrscheinlichkeiten einer Zeile zum Wert 100%. Bei der Betrachtung der Tabelle 4.2-7 fällt auf, dass die Summe der Wahrscheinlichkeiten der Klassen AAA bis Default in keinem Fall 100% ergibt. Erst durch die Addition der Wahrscheinlichkeiten mit dem entsprechenden Wert der Spalte „N.R.“ (not rated anymore) werden die 100% erreicht. Die Begründung hierzu liegt darin, dass die Bestimmung der Migrationsmatrix auf einer Kohortenbetrachtung basiert. Die Spalte „N.R.“ gibt den Anteil der betrachteten Unternehmen der Kohorte mit einem jeweiligen Anfangsrating wieder, deren Ratings, z. B. von dem Unternehmen selbst bzw. aufgrund einer Fusion mit einem anderen Unternehmen, zurückgezogen wurden. Da diese Unternehmen über keine Ratingeinstufung mehr verfügen, werden sie nicht mehr bzw. nicht mehr direkt bei der Schätzung der Migrationsmatrix berücksichtigt.<sup>850</sup>

BANGIA ET AL. zeigen drei verschiedene Vorgehensweisen auf, wie die Migrationsmatrix modifiziert werden kann, wenn nicht mehr vergebene Ratings bei Unternehmen der betrachteten Kohorte vorhanden sind.<sup>851</sup> Die erste Methode stellt eine eher konservative Vorgehensweise dar, indem die fehlenden Ratings als negative Information in Bezug auf die Bonitätsentwicklung der Schuldner interpretiert werden. Die Wahrscheinlichkeitsmasse für den Eintritt des Zustands „N.R.“ wird daher proportional zu den entsprechenden Werten auf die herabgestuften und ausgefallenen Zustände<sup>852</sup> verteilt. D.h. die Verteilung des N.R.-Wertes erfolgt pro Ratingklasse auf alle Zustände, die rechts von der Diagonalen liegen. Die zweite Methode ist im Verhältnis liberaler, indem die N.R.-Werte ebenfalls proportional zu den jeweiligen Werten auf alle Zustände mit Ausnahme der Default-Klasse verteilt werden. Die dritte Vorgehensweise stellt das Standardverfahren dar, bei der die Wahrscheinlichkeit für den Wechsel in die N.R.-Klasse als „informationslos“ interpretiert wird, so dass die Wahrscheinlichkeitsmasse proportional auf alle Zustände verteilt wird. Die Modifizierung bzw. Normierung der Migrationsmatrix gemäß der dritten Vorgehensweise erfolgt dabei durch die Division der einzelnen Migrationswahrscheinlichkeiten durch die jeweiligen Summen der Werte einer Zeile der Matrix.<sup>853</sup>

$$p_{i,j}^{normiert} = \frac{p_{i,j}}{\sum_{j=1}^K p_{i,j}} \quad (4-14)$$

Durch die Modifikation der Tabelle 4.2-7 gemäß dem aufgezeigten Standardverfahren ergibt sich die folgende Migrationsmatrix, bei der die Summe aller Übergangswahrscheinlichkeiten einer Ratingklasse wieder Eins ergibt.

<sup>850</sup> Vgl. Vazza/Aurora/Schneck (2005b), S. 31. Die N.R.-Spalte beinhaltet ausschließlich Unternehmen, die ihr Rating zurückgezogen haben, aber noch nicht ausgefallen sind. Vgl. Bachmann (2004), S. 19.

<sup>851</sup> Vgl. auch im Folgenden Bangia et al. (2002), S. 455.

<sup>852</sup> Als Zustände werden die Ratings in  $t = 1$  bezeichnet und die Werte entsprechen deren jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten.

<sup>853</sup> Vgl. Bachmann (2004), S. 75.

Rating in t = 0	Rating in t = 1							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default
AAA	91,63%	7,72%	0,49%	0,09%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%
AA	0,63%	90,43%	8,13%	0,61%	0,06%	0,11%	0,02%	0,01%
A	0,05%	2,15%	91,31%	5,79%	0,45%	0,17%	0,03%	0,04%
BBB	0,02%	0,22%	4,10%	89,64%	4,68%	0,82%	0,20%	0,31%
BB	0,04%	0,09%	0,36%	5,78%	83,24%	8,11%	1,04%	1,33%
B	0,00%	0,08%	0,23%	0,32%	5,88%	82,28%	4,77%	6,45%
CCC/C	0,09%	0,00%	0,34%	0,43%	1,49%	10,98%	53,53%	33,13%

Tabelle 4.2-8: Modifizierte Ein-Jahres-Migrationsmatrix

Bereits aus den einjährigen Migrationsmatrizen der Tabelle 4.2-7 und Tabelle 4.2-8 ist ersichtlich, dass sich die durchschnittliche Bonität der Unternehmen der betrachteten Kohorte tendenziell im Zeitverlauf verschlechtert. Eine Begründung kann darin gesehen werden, dass es sich bei den Ausfallwahrscheinlichkeiten um kumulierte Wahrscheinlichkeiten handelt, die somit in jeder Ratingklasse über die Zeit kontinuierlich ansteigen.<sup>854</sup> Aufgrund der Kohortenbetrachtung sowie der Annahme, dass ein in die Default-Klasse migriertes Unternehmen in dieser Klasse verbleibt und nicht wieder in eine bessere wechseln kann, verschlechtert sich die durchschnittliche Bonität der Unternehmen daher ceteris paribus. Die tendenzielle Verschlechterung der durchschnittlichen Bonität der Unternehmen kann jedoch ergänzend dadurch begründet werden, dass das Kreditrisiko, und somit auch die Wahrscheinlichkeit für ein Downgrade, mit zunehmender (Rest-)Laufzeit steigt.<sup>855</sup>

Werden die ausgefallenen Unternehmen bei der weitergehenden Migrationsbetrachtung nicht berücksichtigt und aus der Kohortenbetrachtung herausgenommen, so kann nicht zwingend auf eine tendenzielle Verschlechterung der durchschnittlichen Bonität geschlossen werden. Bei der Differenzierung nach einzelnen Ratingklassen kann konstatiert werden, dass zumindest für die Unternehmen der besten Ratingklasse eine prinzipielle Verschlechterung sehr wahrscheinlich ist, da hier nur die Möglichkeiten bestehen, in der Klasse zu bleiben oder herabgestuft zu werden. Für Unternehmen der schlechtesten Ratingklasse (die Default-Klasse ausgenommen) kann argumentiert werden, dass aufgrund der bereits schlechten Bonität der Verbleib in der aktuellen Klasse sowie ein Wechsel in die Default-Klasse wahrscheinlicher sind als ein Upgrade, so dass hier ebenfalls mit einer tendenziellen Verschlechterung zu rechnen ist. Für die weiteren Klassen ergeben sich jedoch die grundsätzlichen Möglichkeiten von Up- und Downgrade sowie die Beibehaltung des momentanen Ratings, weshalb an dieser Stelle keine Aussage in Bezug auf die Tendenz der Bonitätsveränderung getroffen werden kann.<sup>856</sup>

Die einfachste Möglichkeit der Schätzung der einzelnen Migrationswahrscheinlichkeiten liegt in der Verwendung historischer Daten über Kreditausfälle und Ratingwechsel. Die jeweiligen Migrationswahrscheinlichkeiten werden dabei durch die relativen Häufigkeiten der beobachtbaren Ratingklassenwech-

<sup>854</sup> Siehe zur Verdeutlichung dieses Sachverhaltes die Zwei- bzw. Fünf-Jahres-Migrationsmatrix in Tabelle 4.3-6 bzw. Tabelle 4.3-7.

<sup>855</sup> Vgl. Schulte/Horsch (2002), S. 98.

<sup>856</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 280.

sel geschätzt.<sup>857</sup> Diese Vorgehensweise entspricht vom Prinzip der Schätzung der PD über historische Ausfallraten, wobei für die Schätzung der Migrationswahrscheinlichkeiten ebenfalls häufig ein langfristiger Durchschnittswert als Schätzer verwendet wird. Sollte eine Bank nicht über eine ausreichende interne Datenbasis verfügen, um die Wahrscheinlichkeiten von Ratingklassenänderungen zu schätzen, so können sie ihre Daten mit denen anderer Banken zu einem Datenpool zusammenfügen oder Migrationsdaten von externen Ratingagenturen verwenden.<sup>858</sup> Für die letztgenannte Alternative muss jedoch vorausgesetzt werden, dass das interne Ratingsystem entsprechend auf die Ratingklassen der externen Agentur abgebildet wurde.<sup>859</sup> Bei der Ermittlung von Migrationswahrscheinlichkeiten mittels Mapping ist jedoch darauf zu achten, dass sowohl das interne als auch das externe Portfolio eine vergleichbare Schuldnerstruktur aufweisen, da es ansonsten zu Verzerrungen der Ergebnisse kommen kann. MACHAUER und WEBER haben in einer Untersuchung beispielsweise eine Migrationsmatrix für eine Stichprobe von KMU geschätzt. Sie konnten dabei aufzeigen, dass die Wechselwahrscheinlichkeiten bei den Bankkunden wesentlich größer waren als bei einer Vergleichsmatrix von Anleihen großer Unternehmen, die von einer externen Ratingagentur geschätzt wurde. Des Weiteren verbleiben die KMU mit einer wesentlich geringeren Wahrscheinlichkeit in ihrer bisherigen Ratingklasse als es bei den großen Unternehmen der Fall ist.<sup>860</sup> An diesem Beispiel lässt sich daher erkennen, dass es bei einer unreflektierten Übernahme von Migrationsmatrizen der externen Ratingagenturen zu starken Fehleinschätzungen des Kreditrisikos im Bankportfolio kommen kann.

Genügen die Ratings bzw. das Ratingverfahren der in Abschnitt 4.2.1 gestellten Anforderung der Informationseffizienz und wird zudem von der Annahme ausgegangen, dass die Migrationswahrscheinlichkeiten zeithomogen und unkorreliert sind, so können die (mehrjährigen) Migrationen zukünftiger Betrachtungszeiträume als absorbierende Markov-Ketten modelliert werden. Markov-Ketten stellen dabei diskrete stochastische Prozesse dar, deren Prognose über die zukünftige Entwicklung ausschließlich vom aktuellen Ausgangspunkt abhängt und unabhängig von der vorangegangenen Historie ist. Der Prozess besitzt somit quasi kein Gedächtnis („Markov-Eigenschaft“).<sup>861</sup> Auf Ratingveränderungen bezogen bedeutet dies, dass die vergangene Entwicklung eines Ratings keinen Einfluss, sondern ausschließlich das aktuelle Rating Auswirkungen auf die zukünftige Veränderung des Ratings hat. Diese Markov-Ketten werden „absorbierend“ genannt, da der Prozess unumkehrbar ist, d. h., es wird von der Annahme ausgegangen, dass einmal ausgefallene Unternehmen nicht weitergeführt werden und somit keine Möglichkeit besteht nach einem Default wieder in eine höhere Ratingklasse zu gelangen.<sup>862</sup> Diese getroffenen Annahmen lassen sich jedoch in der Realität nur selten antreffen. Zum einen ist es nicht realitätsnah, dass ein Unternehmen nach einem Ausfall keine bessere Ratingklasse in der nächsten Periode erreichen kann. In einigen Fällen wird das Unternehmen nach der Insolvenz weitergeführt und kann somit prinzipiell auch wieder in bessere Ratingkategorien migrieren. Obwohl Ratings und Rating-

<sup>857</sup> Vgl. Schmid (2004), S. 14.

<sup>858</sup> Bei der Verwendung eines Datenpools bleibt zu beachten, dass die Banken ihre Daten jeweils anonymisieren, um so dem Datenschutz sowie dem Bankgeheimnis zu entsprechen.

<sup>859</sup> Siehe zur Problematik des Mapping Abschnitt 4.2.3.3.3.

<sup>860</sup> Vgl. Machauer (1998), S. 1374-1376.

<sup>861</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 262 f.

<sup>862</sup> Vgl. Bachmann (2004), S. 18.

systeme der Anforderung der Informationseffizienz genügen sollen, haben empirische Untersuchungen aufgezeigt, dass die historische Ratingentwicklung durchaus Einfluss auf die zukünftige Ratingeinstufung aufweist. ALTMAN und KAO<sup>863</sup> kommen beispielsweise zu dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit für ein zukünftiges Downgrade bei vorangegangener Herabstufung größer ist als für ein Upgrade. Dieses Ergebnis einer größeren Wahrscheinlichkeit für einen gleichgerichteten Entwicklungspfad konnten die Autoren ebenfalls im Zuge von vorangegangenen Upgrades entdecken. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass die Annahme der unkorrelierten Migrationswahrscheinlichkeiten in der Realität nicht zu halten ist. In den meisten Fällen sind die Migrationswahrscheinlichkeiten nicht statisch, sondern schwanken aufgrund konjunktureller Veränderungen, wobei in Expansionsphasen häufig steigende Wahrscheinlichkeiten für Upgrades und in Rezessionsphasen steigende Wahrscheinlichkeiten für Downgrades zu beobachten sind, so dass daraus geschlossen werden kann, dass die Wahrscheinlichkeiten korreliert sind.<sup>864</sup>

#### 4.2.3.3.5 Schätzung der Risikoparameter Loss Given Default und Exposure at Default

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten die Schätzung der PD und MW erläutert wurden, befasst sich der folgende Abschnitt mit der Bestimmung der Risikoparameter Loss Given Default (LGD) und Exposure at Default (EAD), die als zusätzliche Inputparameter für das integrierte Kreditrisikomodell benötigt werden.

Die grundsätzlichen Vorgehensweisen zur Ermittlung des **Loss Given Default** pro Ratingklasse ähneln denen der Bestimmung der PD für jede Klasse. Analog zur PD-Kalibrierung ist eine Möglichkeit der LGD-Schätzung, dass ein (Transaktions-)Ratingverfahren verwendet wird, welches für jeden Kredit einen Score-Wert als Ergebnis ausweist. Über festgelegte Score-Wert-Intervalle werden die Kredite entsprechend in die Ratingklassen eingeordnet und anhand von historischen Verlustdaten kann die LGD einer Ratingklasse im einfachsten Fall als Durchschnittswert der historisch realisierten LGD in dieser Klasse bestimmt werden.<sup>865</sup> Voraussetzung hierfür ist, dass sich die historischen Kredite in Bezug auf Geschäfts- und Kundenart sowie Besicherung stark ähneln.

Eine weitere Vorgehensweise, die LGD einer Ratingklasse zu bestimmen, stellen direkte Schätzverfahren dar, bei denen als Ergebnis für jede Fazilität eine individuelle LGD berechnet wird, anhand derer die Kredite anschließend über die festgelegten LGD-Intervalle den entsprechenden (Transaktions-)Ratingklassen zugeordnet werden. Die klassenspezifische LGD berechnet sich dann als Durchschnitt der individuellen LGD einer Klasse. Bei dieser direkten Schätzung der individuellen LGD kann zwischen verschiedenen Methoden differenziert werden.

Eine Möglichkeit besteht in der Ermittlung einer so genannten **Market LGD**, die sich über beobachtete Marktpreise von ausgefallenen Anleihen oder von ausgefallenen marktfähigen Krediten kurz nach dem Ausfallereignis ergibt.<sup>866</sup> Die Marktpreise reflektieren dabei die von den Marktteilnehmern erwarteten

<sup>863</sup> Vgl. Altman/Kao (1992a).

<sup>864</sup> Vgl. Bachmann (2004), S. 19.

<sup>865</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 61.

<sup>866</sup> Vgl. auch im Folgenden Schuermann (2004), S. 6-8.

(diskontierten) Rückzahlungen, wobei sich die Erwartungen sowohl auf das noch ausstehende Kapital als auch auf fehlende Zinszahlungen und Abwicklungskosten für den ausgefallenen Kredit beziehen.<sup>867</sup>

Anstatt der Market LGD kann alternativ die so genannte **Workout LGD** berechnet werden, die auf der Diskontierung aller erwarteten (geschätzten) Cash Flows aus dem ausgefallenen Kredit basieren. Die wichtigsten Komponenten zur Bestimmung der Workout LGD sind dabei die Rückzahlungsbeträge, die im Rahmen der Kreditabwicklung auftretenden Kosten für die Bank sowie ein geeigneter Diskontierungszinssatz. Für den Fall, dass alle Cash Flows vom Ausfallzeitpunkt bis zum Abschluss des Kreditabwicklungsprozesses bekannt sind, kann die Workout LGD als Prozentsatz des EAD, wie in der nachfolgenden Gleichung aufgezeigt, berechnet werden.  $R_i$  bezeichnet dabei jede der  $i$  diskontierten Rückzahlungen,  $Q_j$  jede von der Bank zu leistenden diskontierten Zahlungen für den entsprechenden Kredit und  $r$  den Diskontierungszinssatz.<sup>868</sup>

$$\text{Workout LGD} = \left[ 1 - \frac{\sum_i R_i(r) - \sum_j Q_j(r)}{EAD} \right] \quad (4-15)$$

Als Problempunkte bei dieser Methode lassen sich jedoch die Ungewissheit über den zeitlichen Eingang von Rückzahlungen sowie die Wahl eines geeigneten Diskontierungszinssatzes festhalten.

Ein vom Prinzip der Market und Workout LGD abweichendes Verfahren stellt die **Implied Market LGD** Methode dar. Bei dieser Methode wird die LGD von risikobehafteten Anleihepreisen über ein theoretisches Asset Pricing Modell abgeleitet, wobei die betrachteten Anleihen noch nicht ausgefallen sind. Die Idee dieses Modells liegt darin, die LGD bzw. die Recovery Rate aus den Credit Spreads der noch nicht ausgefallenen Anleihen zu bestimmen. Der Credit Spread bezeichnet dabei den Teil des Zinssatzes, der über dem risikofreien Kapitalmarktzinssatz liegt. Er kann dabei als Indikator für die Risikoprämie interpretiert werden, die von den Investoren für die Risikoübernahme gefordert wird. Der Credit Spread bezieht sich im Allgemeinen auf den erwarteten Verlust, so dass seine Höhe sowohl durch die PD als auch durch die LGD und Liquiditätsprämien determiniert wird. In den letzten Jahren sind hierzu Modelle entwickelt worden, mit denen die beiden Risikoparameter PD und LGD aus Credit Spreads von Anleihen separiert werden können.<sup>869</sup>

Mit Ausnahme des Verfahrens der Implied Market LGD müssen für die LGD-Schätzung Referenzdaten von Kreditausfällen vorhanden sein. Grundsätzlich gilt dabei für die LGD-Schätzung, ebenso wie für die PD-Kalibrierung, dass Banken externe Datenquellen (Pooling oder Daten externer Ratingagenturen) verwenden können, falls die interne Datenbasis nicht ausreichend ist.<sup>870</sup>

Bei der Schätzung des **Exposure at Default** wird prinzipiell zwischen bilanziellen und außerbilanziellen Geschäften unterschieden.<sup>871</sup> Die Ermittlung des EAD für bilanzielle Aktiva stellt hierbei den einfachsten Fall dar, bei dem als Untergrenze des EAD der bilanzielle Wert der Forderung festgelegt wird, der

<sup>867</sup> Siehe für die Methode der Market LGD beispielsweise Gupton (2000).

<sup>868</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 66.

<sup>869</sup> Siehe hierzu stellvertretend Bakshi/Madan/Zhang (2001) sowie Unal/Madan/Güntay (2003).

<sup>870</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 66.

<sup>871</sup> Vgl. auch im Folgenden Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 48.

grundsätzlich auch als geeigneter Schätzer für den EAD angesehen werden kann. Der EAD bei klassischen außerbilanziellen Geschäften (z. B. Kreditzusagen und Avale) errechnet sich allgemein aus der Summe der aktuellen Inanspruchnahme und der mit einem Credit Conversion Factor (CCF) multiplizierten noch offenen Kreditzusage. Der CCF gibt den Prozentanteil einer offenen Kreditzusage an, der vor einem Ausfall erfahrungsgemäß ausgenutzt wird.

$$EAD = \text{Inanspruchnahme}_{\text{aktuell}} + CCF \cdot \text{Offene Zusage}_{\text{aktuell}} \quad (4-16)$$

Der CCF wird dabei aus historischen Daten als langfristiger Durchschnitt der in einem bestimmten Kundensegment realisierten CCF geschätzt.<sup>872</sup>

#### 4.2.3.4 Validierung des Ratingsystems und der Risikoparameter

In den vorangegangenen Abschnitten wurde aufgezeigt, wie ein internes Ratingsystem entwickelt werden kann. Im Anschluss an die Entwicklung muss jedoch überprüft werden, ob die Ergebnisse des Ratingsystems auch eine hohe Qualität aufweisen bzw. die Realität korrekt abbilden, so dass die Bonität der Kreditnehmer richtig eingeschätzt und durch eine PD adäquat ausgedrückt wird sowie die fazilitätsspezifischen Kriterien in Form einer konsistenten LGD-Schätzung Berücksichtigung finden. Das Ratingsystem muss also validiert werden, wobei Validierung den gesamten Prozess der Überprüfung der Prognosegüte bezeichnet und grundsätzlich zwischen qualitativer und quantitativer Validierung differenziert werden kann.<sup>873</sup>

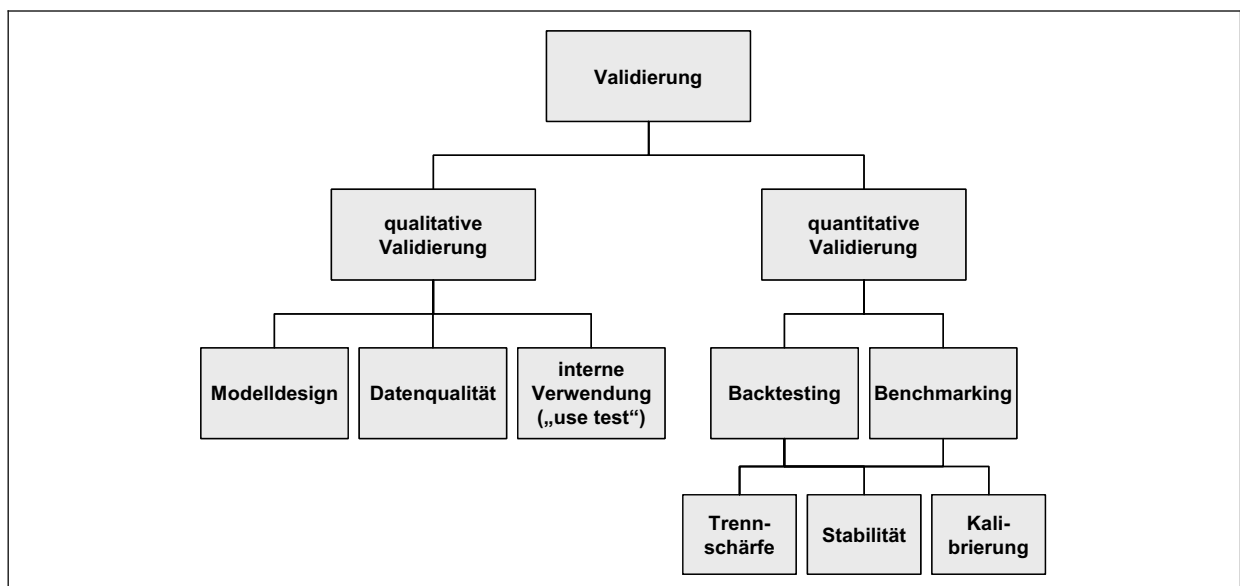


Abbildung 4.2-16: Teilaspekte der Validierung von internen Ratingsystemen<sup>874</sup>

Die **qualitative** ist der quantitativen **Validierung** i. d. R. vorgeschaltet und hat als vorrangiges Ziel, die grundsätzliche Anwendbarkeit sowie die korrekte Anwendung der quantitativen Verfahren sicherzustellen.

<sup>872</sup> Siehe für eine detaillierte Betrachtung der CCF-Schätzung im Rahmen der EAD-Bestimmung Abschnitt 3.2.2.2.1.1 sowie Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005).

<sup>873</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 139.

<sup>874</sup> In Anlehnung an Deutsche Bundesbank (2003b), S. 62.

len.<sup>875</sup> Die qualitativen Analysen überprüfen dabei vor allem die drei Kernbereiche Modelldesign, Datenqualität sowie interne Verwendung des Ratingsystems im Kreditrisikomanagement (siehe Abbildung 4.2-16).

Die Validierung des **Modelldesigns** wird durch die Dokumentation des gesamten Ratingsystems vorgenommen, wobei der Umfang, die Transparenz sowie die Vollständigkeit die wesentlichen Validierungskriterien darstellen. Die Dokumentation muss somit den gesamten Ratingprozess transparent widerspiegeln und zudem den Einfluss sowie die ökonomische Plausibilität der Risikofaktoren deutlich aufzeigen. Die **Datenqualität** stellt bereits bei der Entwicklung des Ratingsystems (bzw. des Ratingverfahrens) ein wichtiges Gütekriterium dar und ist zudem die Grundvoraussetzung für die quantitative Validierung. Bei der Validierung der Datenqualität muss untersucht werden, ob die Daten vollständig vorliegen, um überhaupt eine Nachvollziehbarkeit des Ratingurteils gewährleisten zu können. Weitere zu analysierende Punkte sind der Umfang der verfügbaren Daten in Bezug auf zeitliche Historien, die Repräsentativität der für die Entwicklung und Validierung des Ratingverfahrens gebildeten Stichproben sowie die Vorgehensweise der Bank zur Qualitätssicherung und Bereinigung der Rohdaten. Ein weiterer maßgeblicher Analysepunkt bei der qualitativen Validierung ist der so genannte „**use test**“. Beim „use test“ wird überprüft, ob eine Bank ihr entwickeltes Ratingsystem in das bankinterne Kreditrisikomanagement und Reporting eingebunden hat. Eine fehlende Einbindung und somit eine ausschließliche Verwendung des Systems zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals kann als mangelndes Vertrauen in die eigene Systemqualität interpretiert werden.

Eine **quantitative Validierung** kann zwar prinzipiell für alle Ratingsysteme vorgenommen werden, allerdings muss hierfür eine ausreichende Anzahl von Kreditnehmerausfällen als Grundvoraussetzung vorliegen. Die Trennschärfe, Stabilität und Kalibrierung des Ratingsystems stellen die grundsätzlichen Kriterien im Rahmen der quantitativen Validierung dar.<sup>876</sup> Bei der quantitativen Validierung kann allgemein zwischen dem Backtesting und dem Benchmarking unterschieden werden. Während beim Backtesting eine Überprüfung des Ratingsystems basierend auf bankinternen Daten vorgenommen wird, bezeichnet das Benchmarking eine Validierungsmethode, bei der ein Ratingsystem auf Basis eines Vergleichsdatenbestandes (Benchmark-Datenbestand) überprüft wird.<sup>877</sup>

### Überprüfung der Trennschärfe

Als Trennschärfe bzw. Klassifikationsgüte wird die Fähigkeit eines Ratingsystems bezeichnet, ex ante zwischen guten und schlechten Kreditnehmern zu differenzieren. Ein perfekt trennscharfes Ratingssystem würde demnach bereits im Vorfeld alle ausfallenden Kreditnehmer korrekt identifizieren. Eine Überprüfung der Trennschärfe kann jedoch grundsätzlich nur ex post anhand von vorliegenden Daten solventer und insolventer Kreditnehmer vorgenommen werden.<sup>878</sup> Für die Validierung der Klassifikati-

<sup>875</sup> Vgl. auch im Folgenden Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 99-103, sowie Deutsche Bundesbank (2003b), S. 68 f.

<sup>876</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 139.

<sup>877</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 136.

<sup>878</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 104.

ongüte muss daher zunächst eine Stichprobe von Unternehmen gebildet werden, bei denen sowohl das durch das Ratingsystem generierte Urteil als auch der jeweilige Status der Unternehmen (solvent bzw. insolvent) bekannt sind. In den meisten Fällen wird hier auf die bei der Systementwicklung verwendete Stichprobe (In-Sample-Validierung) zurückgegriffen. Des Weiteren wird eine von der Entwicklungsstichprobe unabhängige Teststichprobe (Out-of-Sample-Validierung) gebildet, die jedoch denselben funktionalen Zusammenhang aufweisen sollte. Anhand der Teststichprobe soll überprüft werden, ob das Ratingverfahren bzw. die Ratingfunktion ggf. an zufällige Ausprägungen der Entwicklungsstichprobe angepasst wurde und somit das Problem des Overfitting auftritt.<sup>879</sup> Die Trennschärfe kann anhand von verschiedenen Methoden bzw. Kennzahlen quantifiziert werden. Im Folgenden wird die Messung der Trennschärfe beispielhaft anhand der Cumulative Accuracy Profile (CAP-) Kurve sowie der Receiver Operating Characteristic (ROC-) Kurve kurz erläutert.

Die **CAP-Kurve** ist eine graphische Darstellung der Trennschärfe eines Ratingsystems und kann konstruiert werden, indem zunächst alle Kreditnehmer entsprechend ihrer Ratingklasse bzw. Bonität aufsteigend sortiert (ansteigender Score-Wert = ansteigende Bonität) und anschließend der kumulative Anteil aller Schuldner auf der Abszisse eines Koordinatensystems abgetragen wird. Dem kumulativen Anteil aller Kreditnehmer wird auf der Ordinate der kumulative Anteil aller ausgefallenen Schuldner gegenübergestellt.<sup>880</sup> Auf diese Weise entsteht die in der folgenden Abbildung dargestellte CAP-Kurve des internen Ratingsystems. Beispielhaft wird davon ausgegangen, dass insgesamt 5% aller Kreditnehmer der Stichprobe insolvent geworden sind.

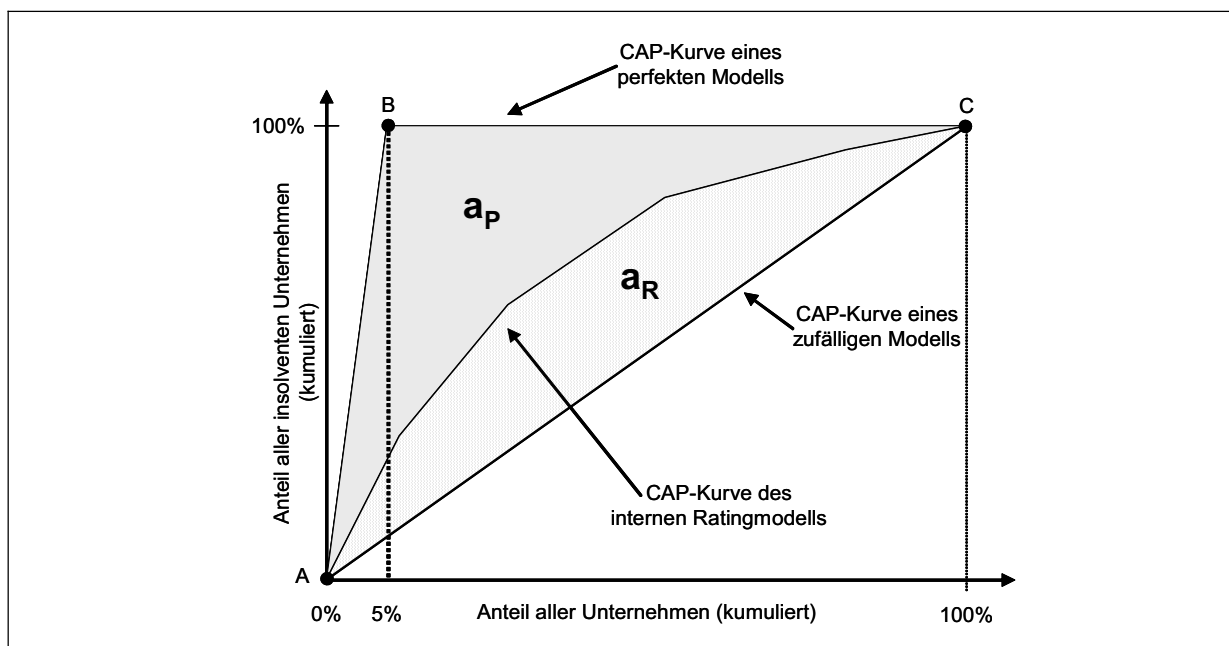


Abbildung 4.2-17: Cumulative Accuracy Profile Kurve<sup>881</sup>

<sup>879</sup> Vgl. Müller-Masiá et al. (2005), S. 61.

<sup>880</sup> Vgl. Sobehart/Keenan/Stein (2000), S. 11, sowie Sobehart/Keenan/Stein (2003), S. 201.

<sup>881</sup> In Anlehnung an Angstenberger/Nöthel (2005), S. 231, sowie Engelmann/Tasche (2004), S. 309.



Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass ein Ratingsystem umso trennschärfer ist, je steiler die CAP-Kurve zu Beginn ansteigt.<sup>882</sup> Im Optimalfall eines perfekten Ratingmodells würden alle insolventen Kreditnehmer mit den niedrigsten Score-Werten bzw. den niedrigsten Ratingklassen versehen, so dass die CAP-Kurve bis zum kumulierten Anteil aller Unternehmen von 5% steil ansteigen und ab diesem Punkt horizontal verlaufen würde. D. h. alle insolvent gewordenen Unternehmen wurden durch das Ratingssystem ex ante korrekt identifiziert. In der Abbildung 4.2-17 ist diese CAP-Kurve durch die Linie dargestellt, die die Punkte A, B und C verbindet. Der gegensätzliche Extremfall zum perfekten Modell stellt ein zufälliges Ratingsystem dar, welches eine zufällige Rängeinstufung vornimmt und somit über keinerlei Trennfähigkeit verfügt. Grafisch wird eine diesem zufälligen System entsprechende CAP-Kurve durch die in der Abbildung eingezeichnete Diagonale durch die Punkte A und C angezeigt. Die aufgezeigten extremen Ausprägungen der CAP-Kurve spiegeln jedoch nicht die Realität wider, in der Ratingurteile weder perfekt, noch zufällig vorgenommen werden. Die für ein internes Ratingsystem zu erwartende CAP-Kurve liegt i. d. R. zwischen den beiden Extremformen und nimmt dabei, wie in der Abbildung zu sehen ist, einen konkaven Verlauf an.

Die durch die CAP-Kurve aufgezeigte Trennschärfe eines Ratingsystems kann durch den so genannten Gini-Koeffizienten (G) (oder auch Accuracy Ratio (AR)) in einer einzigen Zahl ausgedrückt werden.<sup>883</sup>

$$G = \frac{a_R}{a_R + a_P} \quad (4-17)$$

Die Fläche zwischen dem perfekten und dem internen Ratingsystem entspricht dabei  $a_P$  und  $a_R$  bezeichnet die Fläche zwischen dem internen und dem zufälligen System. Der Gini-Koeffizient kann grundsätzlich Werte zwischen minus Eins und Eins annehmen. Je näher der Wert an Eins liegt, umso trennschärfer ist das Ratingsystem und desto näher liegt die CAP-Kurve des internen Ratingsystems an der Kurve des perfekten Modells.

Eine weitere grafische Methode zur Bestimmung der Trennschärfe von Ratingsystemen ist die **ROC-Kurve**, die mit dem Konzept der CAP-Kurve eng verwandt ist. Analog zur CAP-Kurve wird die ROC-Kurve konstruiert, indem auf der Ordinate der kumulierte Anteil der insolventen Kreditnehmer abgetragen wird. Der Unterschied besteht allerdings darin, dass auf der Abszisse nun nicht der kumulierte Anteil aller Unternehmen, sondern nur der kumulierte Anteil der solventen Unternehmen abgetragen wird (siehe Abbildung 4.2-18).<sup>884</sup>

Für den Fall, dass die Klassifikation der Unternehmen über Ratingklassen vorgenommen wird, setzt sich die ROC-Kurve aus jeweils linearen Teilstücken pro Ratingklasse zusammen. Das Verhältnis von insolventen zu solventen Kreditnehmern in jeder Ratingklasse determiniert dabei die Steigung der ROC-Kurve in jedem Teilabschnitt. Je steiler die ROC-Kurve zu Beginn ansteigt, umso trennschärfer ist das Ratingsystem. Ein perfektes System würde alle insolventen Unternehmen in die schlechteste Ratingklasse einordnen, so dass die ROC-Kurve demnach zunächst senkrecht von Punkt A zu Punkt B und anschließend horizontal von B zu C verlaufen würde. Im Gegensatz dazu würde die ROC-Kurve

<sup>882</sup> Vgl. auch im Folgenden Deutsche Bundesbank (2003b), S. 71, sowie Fischer (2004), S. 158.

<sup>883</sup> Vgl. Sobehart et al. (2000), S. 16.

<sup>884</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 108 f.

eines zufälligen Modells analog zur CAP-Kurve die Diagonale abbilden. Der realistische Verlauf der ROC-Kurve liegt i. d. R. zwischen den beiden Extremformen und weist ebenfalls einen konkaven Verlauf auf.<sup>885</sup>

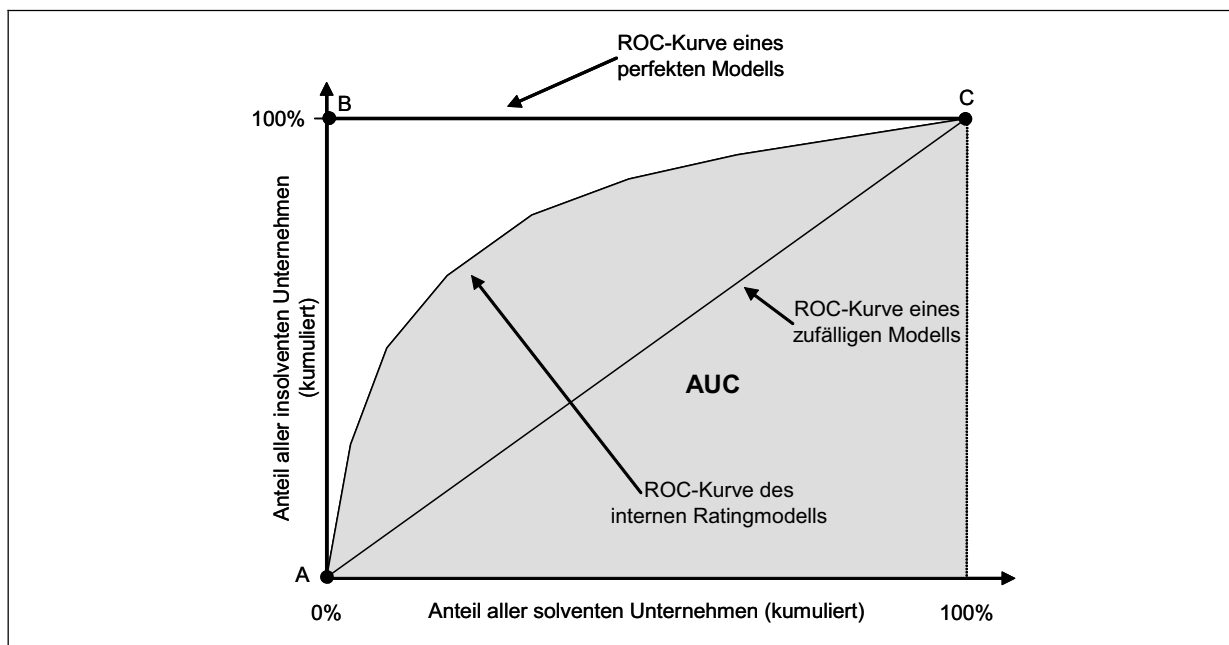


Abbildung 4.2-18: Receiver Operating Characteristic Kurve<sup>886</sup>

Ähnlich wie bei der CAP-Kurve kann auch für die durch die ROC-Kurve aufgezeigte Trennschärfe von Ratingsystemen eine aggregierte Kennzahl berechnet werden. Die Kennzahl wird als Area under Curve (AUC) bezeichnet und ergibt sich aus der Fläche unterhalb der ROC-Kurve. Die AUC kann ausschließlich Werte zwischen Null und Eins annehmen, wobei Ratingsysteme, deren AUC den Wert Eins annehmen dem perfekten Modell entsprechen und Werte von 0,5 auf das zufällige Modell hinweisen. Theoretisch sind für die AUC auch Werte möglich, die kleiner als 0,5 sind. Ein solches Ergebnis weist jedoch daraufhin, dass das Ratingsystem die Unternehmen zumindest teilweise in der falschen Reihenfolge klassifiziert.<sup>887</sup>

Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass die aufgezeigten Kennzahlen zur Bestimmung der Trennschärfe alleine nicht zwingend für die Überprüfung der Qualität eines Ratingsystems geeignet sind. Der Gini-Koeffizient sowie die AUC kommen nur beim Vergleich verschiedener Systeme zu zwingend guten Ergebnissen, bei dem verschiedene Ratingsysteme betrachtet werden, die sich jedoch alle auf das gleiche Portfolio und die gleiche Zeitperiode beziehen. Sobald Ratingsysteme anhand von Trennschärfemaßen verglichen werden, die sich entweder auf unterschiedliche Portfolios und/oder unterschiedliche Zeitperioden beziehen, kann es zu irreführenden Ergebnissen bzw. zu nicht eindeutig interpretierbaren Ergebnissen kommen, bei denen hohe Werte des Gütemaßes nicht zwangsläufig auf ein gutes

<sup>885</sup> Vgl. Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 109.

<sup>886</sup> In Anlehnung an Engemann/Hayden/Tasche (2003), S. 7.

<sup>887</sup> Vgl. Sobehart/Keenan (2001), S. 532; Behr/Güttler (2004), S. 142, sowie Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 111.

und niedrige Werte nicht zwingend auf ein schlechtes Ratingsystem hinweisen.<sup>888</sup> Die Überprüfung der Qualität eines Ratingsystems sollte daher nicht ausschließlich auf den beschriebenen Trennschärfemaßen, sondern auf weiteren quantitativen und den bereits erläuterten qualitativen Kriterien basieren. Des Weiteren ist es an dieser Stelle empfehlenswert, neben dem Backtesting auch ein Benchmarking durchzuführen.

### **Überprüfung der Stabilität**

Bei der quantitativen Validierung gilt es ergänzend die Stabilität des Ratingsystems zu überprüfen. Unter Stabilität wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass ein Ratingsystem eine gewisse Robustheit gegenüber längeren Prognosehorizonten sowie gegenüber Änderungen der Rahmenbedingungen aufweist. I. d. R. werden Ratingsysteme auf einen bestimmten Prognosezeitraum (meistens ein Jahr) optimiert, so dass sich die Trennschärfe bei Verlängerung des Prognosehorizonts zwar prinzipiell verschlechtert, allerdings sollte diese Verschlechterung bei einem stabilen Ratingsystem stetig erfolgen und nicht abrupt auftreten. Ein gutes Ratingsystem sollte jedoch auch für Prognosehorizonte von mehreren Jahren noch eine ausreichende Trennschärfe aufweisen. Des Weiteren zeichnet sich ein stabiles System dadurch aus, dass es die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen den Risikofaktoren und der Bonität der Kreditnehmer adäquat abbildet bzw. dass der Kausalzusammenhang zwischen beobachtbaren Merkmalsausprägungen und der Bonität im Zeitverlauf robust bleibt.<sup>889</sup>

### **Überprüfung der Kalibrierung / Validierung der Risikoparameter**

Neben der Trennschärfe und der Stabilität muss als weiteres Kriterium die Kalibrierung des Ratingsystems überprüft werden. Prinzipiell wird unter der Überprüfung der Kalibrierung eines Ratingsystems der Vergleich von prognostizierten und tatsächlich eingetretenen Ausfallraten verstanden. Bei einem gut kalibrierten Ratingsystem weichen die ex ante geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten einer Ratingklasse nicht signifikant von den ex post tatsächlich eingetretenen Ausfallraten derselben Ratingklasse ab. In einer weitergehenden Betrachtung sollte sich die Überprüfung der Kalibrierung allerdings nicht nur auf die PD, sondern zusätzlich auf die Migrationswahrscheinlichkeiten (MW) sowie auf die Risikoparameter LGD und EAD beziehen, deren jeweiligen ex ante Schätzungen ebenfalls nahe an den realisierten Werten liegen sollten.<sup>890</sup> Es kann in der Realität jedoch davon ausgegangen werden, dass im Zeitablauf regelmäßig Abweichungen zwischen den prognostizierten und realisierten Werten auftreten. Im Rahmen der Validierung muss daher analysiert werden, ob diese Abweichungen aufgrund zufälliger Ereignisse oder aufgrund systematischer Fehler des Ratingsystems aufgetreten sind.<sup>891</sup> Nur im letztgenannten Fall müssten Änderungen am Ratingsystem bzw. eine Neukalibrierung vorge-

<sup>888</sup> Vgl. auch im Folgenden Blochwitz et al. (2004), S. 1276-1278.

<sup>889</sup> Vgl. Löwe/Tiebing (2005), S. 15 f.; Deutsche Bundesbank (2003b), S. 64, sowie Norden/Weber (2005), S. 41.

<sup>890</sup> Vgl. Norden/Weber (2005), S. 40 f.

<sup>891</sup> Vgl. Müller-Masiá et al. (2005), S. 62 f.

nommen werden. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die zu validierenden Risikoparameter und zeigt für diese ergänzend mögliche Backtestingverfahren auf.

	zu validierende Risikoparameter			
	PD	MW	LGD	EAD/CCF
mögliche Validierungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Binomialtest</li> <li>• Brier-Score</li> <li>• Benchmarking über Referenzportfolio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Binomialtest</li> <li>• Brier-Score</li> <li>• Benchmarking über Referenzportfolio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backtesting über interne Daten</li> <li>• Benchmarking über Ausfalldaten externer Anbieter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reliability-Diagramm</li> <li>• Bootstrapping</li> </ul>

Tabelle 4.2-9: Validierungsverfahren für die Risikoparameter PD, MW, LGD und EAD

Der Tabelle kann entnommen werden, dass für die Validierung der PD und MW grundsätzlich dieselben Methoden verwendet werden können. Zunächst werden der Binomialtest, der Brier-Score sowie das Benchmarking über ein Referenzportfolio am Beispiel der PD-Validierung dargestellt. Im Anschluss werden ergänzende Sachverhalte in Bezug auf die MW-Validierung anhand dieser Verfahren erläutert.

Bei der Überprüfung der Schätzqualität der PD anhand des **Binomialtests** wird der Test für jede Ratingklasse separat durchgeführt und geht von der Annahme aus, dass alle Ausfälle einer Ratingklasse voneinander unabhängig sind und alle  $n$  Kreditnehmer einer Klasse dieselbe PD aufweisen.<sup>892</sup> Unter diesen Annahmen folgen die Ausfälle innerhalb einer Ratingklasse einer Binomialverteilung. Beim Binomialtest wird jedem Kreditnehmer eine Indikatorvariable  $I_i$  zugeordnet, wobei  $I_i$  den Wert Eins bei einem Ausfall des Schuldners und sonst den Wert Null annimmt. Die Anzahl der Ausfälle in der betrachteten Ratingklasse  $D_n$  berechnet sich wie folgt:

$$D_n = \sum_{i=1}^n I_i \quad (4-18)$$

Die zu Beginn aufzustellende Null-Hypothese, dass die geschätzte PD korrekt ist, kann zu einem Konfidenzniveau  $\alpha$  (z. B. 99%) in dem Fall abgelehnt werden, wenn die tatsächlich eingetretene Ausfallrate eine bestimmte kritische Schwelle  $d_{n,\alpha}$  überschreitet, die folgendermaßen bestimmt wird.

$$p[D_n \geq d_{n,\alpha}] \leq 1 - \alpha \quad (4-19)$$

Unter Berücksichtigung der Binomialverteilung errechnet sich der kritische Schwellenwert gemäß der folgenden Gleichung, wobei  $n$  die Anzahl aller Unternehmen einer Ratingklasse bezeichnet.<sup>893</sup>

$$d_{n,\alpha} = \min \left\{ d : \sum_{i=d}^n \binom{n}{i} \cdot PD^i \cdot (1-PD)^{n-i} \leq 1 - \alpha \right\} \quad (4-20)$$

<sup>892</sup> Vgl. auch im Folgenden Deutsche Bundesbank (2003b), S. 74.

<sup>893</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 47.

Eine Überschreitung des kritischen Schwellenwerts durch die tatsächliche Ausfallrate weist somit auf eine schlechte Kalibrierung des Ratingsystems hin, so dass in diesem Fall eine Neukalibrierung des Ratingsystems vorgenommen werden sollte.

Der **Brier-Score** (BS) stellt eine weitere Alternative zur Bestimmung der Kalibrierungsgüte im Rahmen des Backtesting dar. Der BS bezeichnet dabei die mittlere quadratische Abweichung zwischen der für jedes Unternehmen der Stichprobe prognostizierten PD und der Realisation für diesen Fall (1 für Ausfall, 0 für keinen Ausfall).<sup>894</sup> Formal lässt sich der BS folgendermaßen darstellen, wobei  $n$  die Anzahl der Kreditnehmer,  $PD_i^{\text{Prognose}}$  die geschätzte PD pro Kreditnehmer und  $y_i$  eine Dummy-Variable (1 für Ausfall, 0 für Nicht-Ausfall) bezeichnet.

$$BS = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( PD_i^{\text{Prognose}} - y_i \right)^2 \quad \text{mit} \quad y_i = \begin{cases} 1 & \text{für Ausfall} \\ 0 & \text{für kein Ausfall} \end{cases} \quad (4-21)$$

Für den Fall von  $K$  Ratingklassen ergibt sich der BS als Summe über alle Ratingklassen.  $N_k$  bezeichnet hierbei die Anzahl der Kreditnehmer in der Klasse  $k$ ,  $PD_k^{\text{Prognose}}$  die geschätzte PD und  $PD_k^{\text{Beobachtung}}$  die tatsächliche Ausfallrate der jeweiligen Ratingklasse  $k$ .

$$BS = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^K N_k \cdot \left[ PD_k^{\text{Beobachtung}} \cdot \left( 1 - PD_k^{\text{Prognose}} \right)^2 + \left( 1 - PD_k^{\text{Beobachtung}} \right) \cdot \left( PD_k^{\text{Prognose}} \right)^2 \right] \quad (4-22)$$

Ein niedriger BS-Wert weist darauf hin, dass die Prognose der PD und die tatsächlich eingetretenen Ausfallraten dicht beieinander liegen, so dass daraus auf eine gute Kalibrierung des Ratingsystems geschlossen werden kann. Mithilfe des BS können unterschiedliche Ratingsysteme anhand ihrer Prognosequalität verglichen werden, wenn beide Ratingsysteme den gleichen Datenbestand bewerten. Ein kleinerer BS weist in solchen Fällen auf eine in Bezug auf das zu vergleichende System relativ höhere Prognosegüte hin.<sup>895</sup>

Eine Alternative bzw. Ergänzung zum Backtesting von geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten stellt das **Benchmarking über ein Referenzportfolio** dar. Als Beispiel können Daten von externen Ratingagenturen für den Vergleich verwendet werden, wobei systematische Abweichungen der internen Schätzungen von den Ergebnissen für das Referenzportfolio überprüft werden müssen. Die Schwierigkeit bei dieser Methode liegt jedoch in der Festlegung eines geeigneten Referenzportfolios.<sup>896</sup>

Bei der Validierung der Migrationswahrscheinlichkeiten anhand der aufgezeigten Verfahren ist eine Besonderheit, dass eine größere Anzahl von Wahrscheinlichkeiten simultan überprüft werden muss, was zu einer erhöhten Anforderung an die Datengrundlage der Stichprobe führt.<sup>897</sup> Die Datenanforderungen für jede Spalte der Migrationsmatrix entsprechen dabei der Datenanforderung für die Validierung der PD für alle Ratingklassen. Insbesondere die Überprüfung der Default-Spalte der Matrix ist dabei exakt identisch mit der PD-Validierung. Bei der Verwendung eines einfachen Ansatzes kann bei der Validierung der einzelnen Migrationswahrscheinlichkeiten eine Zerlegung der Migrationsmatrix vor-

<sup>894</sup> Vgl. auch im Folgenden Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 123.

<sup>895</sup> Vgl. Behr/Güttler (2004), S. 147.

<sup>896</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2003b), S. 66.

<sup>897</sup> Vgl. auch im Folgenden Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 132 f.

genommen werden, so dass jeweils der dichotome Test „Migration von Ratingklasse x führt zur Klasse y“ oder „Migration von x führt nicht zu y“ durchgeführt werden kann. Die geschätzten Migrationswahrscheinlichkeiten für den Wechsel von Klasse x zu Klasse y müssen anschließend mit den tatsächlich eingetretenen Migrationen zwischen den Klassen abgeglichen werden. Um für jede Migration zu analysieren, ob dessen Eintrittshäufigkeit signifikant von der geschätzten Matrix abweicht, kann der Binomialtest verwendet werden. Ergeben sich signifikante Abweichungen, so ist die Migrationsmatrix anzupassen, was im einfachsten Fall durch den Austausch der fehlerhaften alten, geschätzten Daten gegen die neuen empirisch beobachteten Werte erfolgt. Durch diese einfache Vorgehensweise kann es jedoch zu Inkonsistenzen in der Migrationsmatrix kommen, die durch eine anschließende Glättung der Matrix aufgehoben werden müssen.

Wie der Tabelle 4.2-9 zu entnehmen ist, kann die Validierung der **LGD-Schätzungen** grundsätzlich in Form eines Benchmarking und/oder in Form eines Backtesting erfolgen. Beim Benchmarking werden dabei die geschätzten LGD mit Ausfalldaten externer Anbieter (z. B. Ratingagenturen) verglichen während beim Backtesting die geschätzten LGD für neu-ausgefallene Kredite anhand deren realisierten LGD überprüft werden.<sup>898</sup>

Den kritischen Aspekt bei der **EAD-Ermittlung** stellt die Schätzung des Credit Conversion Factors (CCF) dar. Aus diesem Grund wird bei der EAD-Validierung nicht primär eine direkte Überprüfung der EAD, sondern eine Validierung der CCF vorgenommen. Als Validierungsmethoden können dabei beispielsweise das Reliability-Diagramm sowie Konfidenzintervalle, die im Rahmen eines Bootstrapping<sup>899</sup> bestimmt werden, Verwendung finden.<sup>900</sup> Das Reliability-Diagramm stellt eine relativ einfache Vorgehensweise dar, bei der die beobachteten bzw. realisierten CCF über den prognostizierten CCF in einem Koordinatensystem abgetragen werden. Bei einer perfekten Schätzung aller CCF würden die im Diagramm eingetragenen Punkte entsprechend auf einer Diagonalen liegen. Das Bootstrapping stellt eine Resampling-Technik für die Konstruktion von empirischen Verteilungen und von Konfidenzintervallen von Kennzahlen (z. B. Mittelwert) dar. Hierbei werden aus beobachteten Realisationen von CCF (z. B. 30 CCF in einem bestimmten Betrachtungszeitraum) mit Zurücklegen in sehr vielen Simulationsläufen (z. B. 10.000) neue CCF-Realisationen (z. B. jeweils wieder 30) gezogen. Für jede dieser gezogenen Realisationen kann beispielsweise der Mittelwert berechnet werden, so dass sich anschließend eine empirische Verteilung der Mittelwerte und damit der CCF-Schätzer bestimmen lässt. Die Bootstrapping-Methode beschreibt bei dieser Vorgehensweise, wie stark der Mittelwert von den jeweils 30 Realisationen schwanken kann. Aus den Ergebnissen der Simulationsläufe kann nun ein A-priori-Konfidenzintervall bestimmt werden, über das ein bestimmter CCF-Wert aus der empirischen Verteilung bestimmt werden kann. Der über das Konfidenzintervall ermittelte CCF-Wert kann abschließend als Schwelle für ein Backtesting verwendet werden.

<sup>898</sup> Vgl. Liebig et al. (2005), S. 72.

<sup>899</sup> Für eine detaillierte und formale Betrachtung der Bootstrap-Methode siehe Efron (1979).

<sup>900</sup> Vgl. auch im Folgenden Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005), S. 52, sowie Thonabauer/Nösslinger (2004), S. 125.

### 4.3 Ratingbasierte Kreditrisikoquantifizierung

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten auf die Ausgestaltung von Ratingsystemen und die Schätzung von Risikoparametern eingegangen wurde, befasst sich das folgende Kapitel mit der ratingbasierten Kreditrisikoquantifizierung und beschreibt somit die in Abbildung 4.1-1 aufgezeigte Kreditrisikokomponente für Einzelengagements. Zunächst wird die grundlegende Vorgehensweise der ratingbasierten Kreditrisikomessung unter der vereinfachten Annahme statischer Ratingklassenzuordnung aufgezeigt (Abschnitt 4.3.1). Im weiteren Verlauf des Kapitels wird diese Vereinfachung abgelegt, indem Bonitätsmigrationen über eine (Abschnitt 4.3.2) bzw. mehrere Perioden (Abschnitt 4.3.3) berücksichtigt werden, wobei von zeithomogenen Migrationsmatrizen ausgegangen wird. Ergänzend wird im Rahmen der Abschnitte 4.3.2 und 4.3.3 ein grundlegender Ansatz zur Quantifizierung des Portfoliorisikos aufgezeigt, wobei jedoch vereinfacht von unkorrelierten Kreditnehmern ausgegangen wird. Das Kapitel schließt mit einer kritischen Würdigung des Migrationsansatzes ab (Abschnitt 4.3.4).

#### 4.3.1 Statische Ratingklassenzuordnung

Bei der statischen Ratingklassenzuordnung wird unterstellt, dass sich die Zuordnung der Schuldner zu den einzelnen Ratingklassen während der Betrachtungsperiode nicht verändert. Es wird also davon ausgegangen, dass sich die Bonität der Kreditnehmer nicht verändert, so dass ausschließlich das Ausfallrisiko betrachtet wird. Für jeden Kredit gibt es damit nur die beiden Zustände „Ausfall“ und „Nicht-Ausfall“, so dass sich der erwartete Verlust (EL) eines jeden Kredites bei der getroffenen Annahme durch das Produkt der Risikoparameter EAD, PD und LGD ergibt.

Zur Vereinfachung wird von einem Portfolio, bestehend aus drei Krediten mit einem identischen EAD von 5.000.000 € ausgegangen. Die drei Kreditnehmer sind den verschiedenen Ratingklassen BB, B und CCC zugeordnet und weisen unterschiedliche LGD auf. Die Ausfallwahrscheinlichkeiten der jeweiligen Ratingklassen sind der Migrationsmatrix aus Tabelle 4.2-8 entnommen. Für das Beispielfportfolio ergibt sich somit die folgende Berechnung des erwarteten Verlustes und der Überlebenswahrscheinlichkeiten (1-PD) für die einzelnen Kredite.

Ratingklasse	EAD (€)	PD (%)	LGD (%)	1-PD (%)	erwarteter Verlust (€)
BB	5.000.000	1,33	50	98,67	33.250
B	5.000.000	6,45	70	93,55	225.750
CCC	5.000.000	33,13	90	66,87	1.490.850
erwarteter Verlust des Portfolios:					1.749.850

Tabelle 4.3-1: Erwarteter Verlust einzelner Kredite bei statischer Ratingklassenzuordnung

Zusätzlich zur Bestimmung des erwarteten Verlustes kann auch die Verlustverteilung für einen einzelnen Kredit bestimmt werden. Wie bereits erläutert wurde, existieren bei der statischen Ratingklassenzuordnung nur zwei Zustände eines Kredites. Am Beispiel der Ratingklasse BB fällt der Kredit entweder mit einer Wahrscheinlichkeit von 1,33% aus, woraus bei einer angenommenen LGD von 50% ein Verlust in Höhe von 2.500.000 € resultieren würde oder mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit (1-PD) von

98,67% (100%-1,33%) fällt der Kredit nicht aus, so dass die Bank in diesem Fall keinen Verlust erleiden würde. Die folgende Abbildung zeigt die Verlustverteilung für den Kredit mit einem BB-Rating.

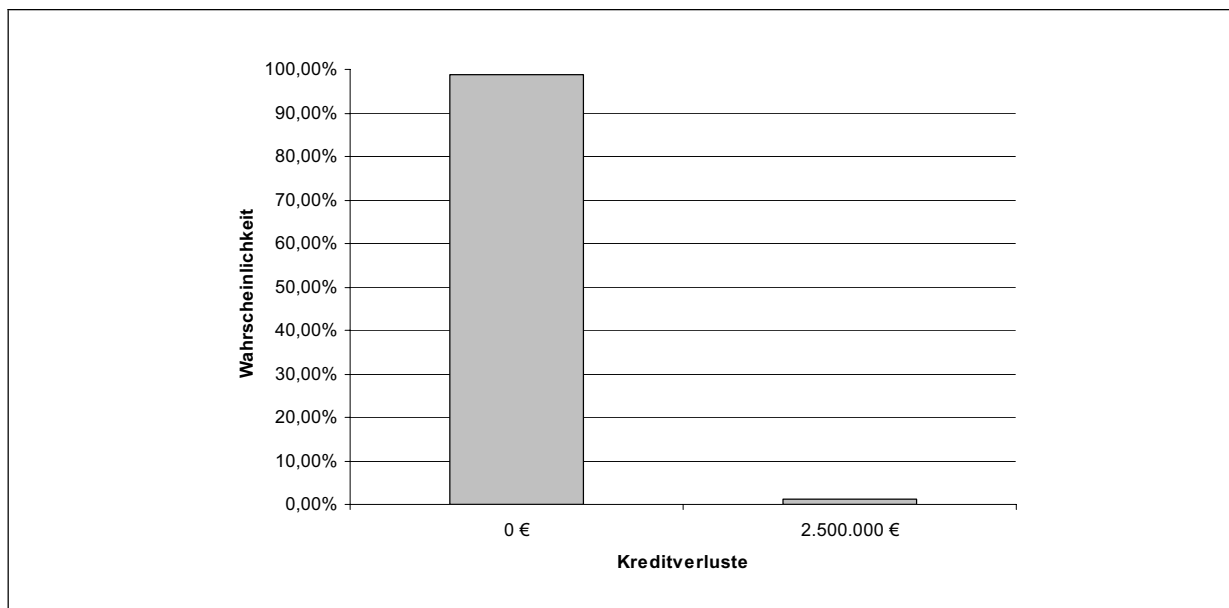


Abbildung 4.3-1: Verlustverteilung eines einzelnen Kredites

Anhand der aufgezeigten Verlustverteilung kann ergänzend zum erwarteten auch der unerwartete Verlust (UL) für den Kredit in Form des Value at Risk (VaR) oder des Expected Shortfall (ES) berechnet werden.<sup>901</sup> Die Aussagekraft des unerwarteten Verlustes bei der ausschließlichen Betrachtung des Ausfallrisikos eines einzelnen Kredites kann allerdings als begrenzt angesehen werden. Bei Annahme eines Konfidenzniveaus von 95% ergibt sich der VaR aus der Differenz des maximalen Verlustes, welcher mit 5%iger Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird und dem erwarteten Verlust. Der maximale Verlust bei einem Konfidenzniveau von 95% beträgt in diesem Beispiel 2.500.000 € und der erwartete Verlust 33.250 €, so dass sich ein VaR als unerwarteter Verlust in Höhe von 2.466.750 € ergibt. Aufgrund der statischen Betrachtung eines einzelnen Kredites stimmt der ES, der den wahrscheinlichkeitsgewichteten Durchschnitt aller den VaR überschreitenden Verluste bezeichnet, mit dem VaR überein.

Wird die Risikobetrachtung auf das gesamte Beispielfortfolio erweitert, so gilt es für die Ermittlung der Verlustverteilung des Gesamtportfolios zunächst die gemeinsamen (Eintritts-)Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Unter der Annahme, dass die Kredite unabhängig voneinander sind, können die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten durch die Multiplikation der jeweiligen Einzelwahrscheinlichkeiten berechnet werden.<sup>902</sup> Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Kredit BB beispielsweise ausfällt, während die beiden anderen Kredite überleben, berechnet sich demnach als Produkt der Ausfallwahrscheinlichkeit von BB und den beiden Überlebenswahrscheinlichkeiten von B und CCC:

$$p(\text{Ausfall BB} \mid \text{kein Ausfall B und CCC}) = 1,33\% \cdot 93,55\% \cdot 66,87\% = 0,832\% \quad (4-23)$$

<sup>901</sup> Siehe für die Berechnung des Value at Risk sowie des Expected Shortfall Abschnitt 2.3.

<sup>902</sup> Vgl. Wiedemann (2004), S. 146.



Bei Eintritt dieses Szenarios würde folglich ein Verlust in Höhe von 2.500.000 € eintreten. Die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten müssen nun analog für alle möglichen Ausfall-/Nicht-Ausfall-Kombinationen ermittelt werden. Die folgende Tabelle zeigt für alle möglichen Szenarien die entsprechenden Werte für die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten sowie für die jeweils auftretenden Verluste.

Nr.	Mögliche Szenarien		gemeinsame Wahrscheinlichkeit für das Szenario (%)	Verlust bei Eintritt des Szenarios (€)
	Ausfall	Nicht-Ausfall		
1	-----	BB, B, CCC	61,7249	0
2	BB	B, CCC	0,8320	2.500.000
3	B	BB, CCC	4,2558	3.500.000
4	CCC	BB, B	30,5809	4.500.000
5	BB, B	CCC	0,0574	6.000.000
6	BB, CCC	B	0,4122	7.000.000
7	B, CCC	BB	2,1085	8.000.000
8	BB, B, CCC	-----	0,02842	10.500.000

Tabelle 4.3-2: Gemeinsame Wahrscheinlichkeiten bei Portfoliobetrachtung

Anhand der gemeinsamen (Eintritts-)Wahrscheinlichkeiten und der jeweils eintretenden Verluste ergibt sich die in der folgenden Abbildung dargestellte Verlustverteilung für das Portfolio.

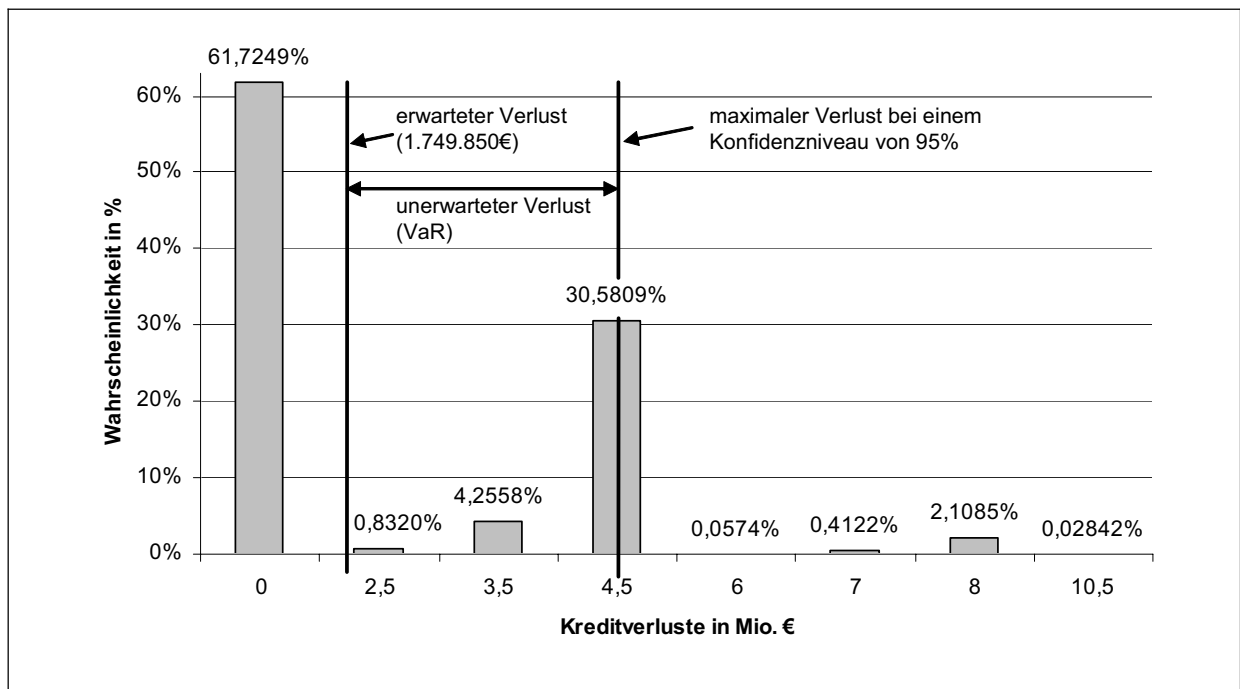


Abbildung 4.3-2: Verlustverteilung des Portfolios

Für die Bestimmung des unerwarteten Verlustes in Form des VaR bei einem Konfidenzniveau von 95% müssen die Wahrscheinlichkeiten aus Tabelle 4.3-2 bzw. Abbildung 4.3-2 beginnend bei Szenario 1 mit dem kleinsten Verlust so lange addiert werden, bis der Wert von 95% überschritten wird. Diese 95%-Schranke wird bei Szenario 4 mit einem kumulierten Wahrscheinlichkeitswert von 97,3936% überschrit-

ten. Bei diesem Szenario ergäbe sich ein Verlust von 4.500.000 €, so dass sich der VaR als Differenz aus diesem Wert und dem erwarteten Verlust des Portfolios ergibt:

$$VaR_{Portfolio}^{95\%} = 4,5 \text{ Mio. €} - 1,74985 \text{ Mio. €} = 2,75015 \text{ Mio. €} \quad (4-24)$$

Alternativ kann der unerwartete Verlust des Portfolios auch als Expected Shortfall (ES) berechnet werden. Der ES stellt dabei den wahrscheinlichkeitsgewichteten Durchschnitt der Portfolioverluste abzüglich des EL dar, die den VaR überschreiten. Bei der Betrachtung des Beispielportfolios und einem Konfidenzniveau von 95% bei der VaR-Berechnung beinhalten die Szenarien 5-8 aus Tabelle 4.3-2 Verluste, die den VaR überschreiten. Der ES berechnet sich somit als arithmetisches Mittel der Verluste aus diesen Szenarien abzüglich des erwarteten Verlustes des Portfolios:

$$ES_{Portfolio}^{95\%} = \left( \frac{0,0574\% \cdot 6 \text{ Mio.}}{2,60652\%} + \frac{0,4122\% \cdot 7 \text{ Mio.}}{2,60652\%} + \frac{2,1085 \cdot 8 \text{ Mio.}}{2,60652\%} + \frac{0,02842\% \cdot 10,5 \text{ Mio.}}{2,60652\%} \right) \quad (4-25)$$

$$-1,749850 \text{ Mio.} = 7,825 \text{ Mio.} - 1,749850 \text{ Mio.} = 6,07515 \text{ Mio. €}$$

#### 4.3.2 Bonitätsmigrationen über eine Periode

Bei der statischen Ratingklassenzuordnung wurde ausschließlich auf das Ausfallrisiko abgestellt, so dass Veränderungen der Bonität der Kreditnehmer nicht berücksichtigt wurden. In der Realität lassen sich jedoch durchaus sowohl positive als auch negative Veränderungen der Kreditwürdigkeit einzelner Schuldner beobachten, weshalb diese Schwankungen der Bonität in die Kreditrisikomessung integriert werden sollte. Diese Integration ist vor allem dadurch von Bedeutung, da mit Bonitätsverschlechterungen (Bonitätsverbesserungen) i. d. R. auch eine höhere (niedrigere) Ausfallwahrscheinlichkeit für den jeweiligen Kreditnehmer aufgrund der Ratingmigration einhergeht.<sup>903</sup> Durch die Betrachtung der Bonitätsschwankungen wird nicht mehr ausschließlich auf das Ausfall-, sondern auf das umfassendere Bonitätsrisiko abgestellt. Bei einer ratingbasierten Kreditrisikoquantifizierung werden die Bonitätsveränderungen durch Ratingklassenwechsel angezeigt und durch die Migrationswahrscheinlichkeiten bzw. -matrix (siehe Abschnitt 4.2.3.3.4) abgebildet.

Im Gegensatz zur statischen Betrachtung kann bei der Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen auch für einen einzelnen Kredit ein differenzierterer unerwarteter Verlust in Form eines VaR oder eines ES bestimmt werden. In einem ersten Schritt muss hierfür der erwartete Verlust des Kredites für alle möglichen Ratingklassenwechsel bzw. für den Verbleib in der bisherigen Klasse in  $t = 1$  bestimmt werden. Die Ermittlung des erwarteten Verlustes wird zunächst beispielhaft für zwei mögliche Ratingwechsel aufgezeigt. Das Beispiel basiert dabei auf der modifizierten Ein-Jahres-Migrationsmatrix aus Tabelle 4.2-8 sowie auf dem Kredit aus dem vorherigen Abschnitt mit einem Anfangsrating von BB. Die erwarteten Verluste des Kredites bei einem möglichen Wechsel in die Ratingklassen A und BBB ergeben sich wie folgt.<sup>904</sup>

<sup>903</sup> Vgl. Börner (1999), S. 6.

<sup>904</sup> In den folgenden Beispielen werden die Verlustwerte auf volle Euro-Beträge gerundet.

$$EL_{\text{Rating}=A}^{t=1} = EAD \cdot PD_{\text{Rating}=A} \cdot LGD_{\text{Rating}=A} = 5 \text{ Mio. €} \cdot 0,04\% \cdot 30\% = 600\text{€} \quad (4-26)$$

$$EL_{\text{Rating}=BBB}^{t=1} = EAD \cdot PD_{\text{Rating}=BBB} \cdot LGD_{\text{Rating}=BBB} = 5 \text{ Mio. €} \cdot 0,31\% \cdot 40\% = 6.200\text{€} \quad (4-27)$$

Die Berechnung des EL für alle weiteren möglichen Ratingklassen in  $t = 1$  ergeben sich analog zum gezeigten Vorgehen. Die Ergebnisse für das Beispiel können der folgenden Abbildung entnommen werden.

Aktuelles Rating (t = 0)	BB							
Potenzielle Ratingklassen (t = 1)	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default
Ausfallwahrscheinlichkeit der Ratingklasse ( $PD_K$ )	0,00%	0,01%	0,04%	0,31%	1,33%	6,45%	33,13%	100%
Verlustquote der Ratingklasse ( $LGD_K$ )	10%	20%	30%	40%	50%	70%	90%	95%
erwarteter Verlust am Jahresende	0€	100€	600€	6.200€	33.250€	225.750€	1.490.850€	4.750.000€
Migrationswahrscheinlichkeiten	0,04%	0,09%	0,36%	5,78%	83,24%	8,11%	1,04%	1,33%
					Σ			
erwarteter Verlust (EL)					125.026 €			
unerwarteter Verlust (VaR)	225.750 €	-	125.026 €	=	100.690 €			
unerwarteter Verlust (ES)	3.319.824 €	-	125.026 €	=	3.194.764 €			

Abbildung 4.3-3: Verlustverteilung sowie erwarteter und unerwarteter Verlust einer Kreditposition

Nachdem die einzelnen erwarteten Verluste für alle möglichen Ratingklassen in  $t = 1$  berechnet worden sind, kann die Verlustverteilung für die einzelne Kreditposition ermittelt werden, indem die erwarteten Verluste pro Ratingkategorie den entsprechenden Migrationswahrscheinlichkeiten gegenübergestellt werden. Der erwartete Verlust für die Kreditposition unter der Berücksichtigung möglicher Bonitätsveränderungen ergibt sich nun im dritten Schritt durch die Summe der mit den jeweiligen Migrationswahrscheinlichkeiten gewichteten erwarteten Verluste der potenziell möglichen Ratingklassen in  $t = 1$ .

Der unerwartete Verlust der Position in Form des VaR bei einem unterstellten Konfidenzniveau von 95% bestimmt sich, indem die Migrationswahrscheinlichkeiten, beginnend mit dem besten Rating, aufsummiert werden, bis 95% überschritten werden. In dem Beispiel der Abbildung 4.3-3 ist die schlechteste Ratingeinstufung (in  $t = 1$ ) mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,62% die Klasse B. Damit ergäbe sich mit derselben Wahrscheinlichkeit ein maximaler Verlust in Höhe von 225.750 €. Nach Abzug des

erwarteten Verlustes ergibt sich der VaR in Höhe von 100.690 €. Alternativ kann der unerwartete Verlust auch in diesem Beispiel als ES berechnet werden, indem der wahrscheinlichkeitsgewichtete Durchschnitt der den VaR überschreitenden Verluste (Ratingklassen CCC/C und Default) um den erwarteten Verlust verringert wird. Beim Vergleich der beiden Werte des unerwarteten Verlustes wird ein prinzipieller Nachteil des VaR deutlich. Der VaR betrachtet nur einen Punkt der Verteilung und gibt damit zwar die maximale Verlusthöhe an, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, allerdings gibt die Kennzahl keinerlei Angaben über eine mögliche Verlusthöhe im Fall der VaR-Überschreitung.<sup>905</sup> Beim Vergleich der beiden Werte wird daher die konzeptionelle Überlegenheit des ES deutlich, da dieser auch die hohen Verluste am Verteilungsende berücksichtigt.

Nachdem die Quantifizierung des Kreditrisikos einer einzelnen Kreditposition unter Berücksichtigung möglicher Ratingmigrationen aufgezeigt wurde, wird nun die Vorgehensweise für ein Portfolio dargestellt. Zur Vereinfachung wird von einem Portfolio mit zwei Krediten ausgegangen, für die eine paarweise Unkorreliertheit unterstellt wird. Die beiden Kredite sind folgendermaßen ausgestattet und die zugrunde liegende Migrationsmatrix<sup>906</sup> entspricht Tabelle 4.2-8.<sup>907</sup>

Kredit 1:            Rating B, 5.000.000€, PD = 6,45%, LGD = 70%, erwarteter Verlust = 225.750 €  
 Kredit 2:            Rating CCC, 5.000.000€, PD = 33,13%, LGD = 90%, erwarteter Verlust = 1.490.850 €

Erwarteter Verlust des Portfolios bei Bonitätsmigrationen:  $565.212 + 2.397.038 = 2.962.250$  €

Bei der Portfoliobetrachtung müssen zunächst die gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten der beiden Kredite berechnet werden. Aufgrund der unterstellten Unabhängigkeit können die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten durch die Multiplikation der jeweiligen Migrationswahrscheinlichkeiten der einzelnen Kredite bestimmt werden.<sup>908</sup> Für den Fall von zwei Krediten existieren bei acht möglichen Ratingklassen 64 Kombinationen mit entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeiten. Um für das Portfolio die Verlustverteilung bestimmen zu können, muss für jede der 64 Kombinationen der erwartete Verlust des Portfolios berechnet werden, der sich aus der Summe der erwarteten Verluste der Einzelpositionen bestimmt. Die Bestimmung der gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeit und des erwarteten Verlustes wird im Folgenden anhand einer Ratingklassenkombination beispielhaft dargestellt. Berechnet werden soll die Wahrscheinlichkeit, dass sowohl Kredit 1 als auch Kredit 2 nach einem Jahr weiterhin derselben Ratingkategorie zugeordnet sind. Die Wahrscheinlichkeit, dass Kredit 1 in  $t = 1$  weiterhin das Rating B aufweist beträgt 82,28% und die Wahrscheinlichkeit für Kredit 2 auch nach einem Jahr ein Rating von CCC aufzuweisen 53,53%. Durch Multiplikation der beiden Werte ergibt sich somit eine Eintrittswahrscheinlichkeit für dieses Szenario von 44,04%. Der erwartete Verlust der einzelnen Kredite ergibt sich als Produkt der Risikoparameter EAD, PD und LGD, so dass sich die oben angegebenen EL ergeben. Der EL für das Portfolio für den Fall, dass sich die Bonität beider Kreditnehmer nicht verän-

<sup>905</sup> Vgl. Daldrop/Gehrke/Schumann (2006), S. 240 f.

<sup>906</sup> Die Migrationsmatrix basiert hierbei auf Daten von (Unternehmens-)Anleihen. Die angegebenen Ausfallwahrscheinlichkeiten liegen daher über den Werten, die i. d. R. bei Unternehmenskrediten festzustellen sind.

<sup>907</sup> Beispiel in Anlehnung an Wiedemann (2004), S. 165-170.

<sup>908</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 36.

dert, ergibt sich durch Addition der beiden Werte, so dass sich ein erwarteter Portfolioverlust bei dieser Kombination in Höhe von 1.716.600 € ergeben würde. Die beiden folgenden Tabellen zeigen für alle 64 Kombinationen die gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten (Tabelle 4.3-3) und die jeweiligen erwarteten Verluste (Tabelle 4.3-4) auf.

Kredit 1 (B)		Kredit 2 (CCC)							
		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
		0,09	0,00	0,34	0,43	1,49	10,98	53,53	33,13
AAA	0,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
AA	0,08	0,00007	0,00000	0,00027	0,00034	0,00119	0,00878	0,04282	0,02650
A	0,23	0,00021	0,00000	0,00078	0,00099	0,00343	0,02525	0,12312	0,07620
BBB	0,32	0,00029	0,00000	0,00109	0,00138	0,00477	0,03514	0,17130	0,10602
BB	5,88	0,00529	0,00000	0,01999	0,02528	0,08761	0,64562	3,14756	1,94804
B	82,28	0,07405	0,00000	0,27975	0,35380	1,22597	9,03434	44,04448	27,25936
CCC	4,77	0,00429	0,00000	0,01622	0,02051	0,07107	0,52375	2,55338	1,58030
Default	6,45	0,00581	0,00000	0,02193	0,02774	0,09611	0,70821	3,45269	2,13689

Tabelle 4.3-3: Gemeinsame Migrationswahrscheinlichkeiten in %

Kredit 1 (B)		Kredit 2 (CCC)							
		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
		0	60	500	6.200	33.250	225.750	1.490.850	4.750.000
AAA	0	0	60	500	6.200	33.250	225.750	1.490.850	4.750.000
AA	60	60	120	560	6.260	33.310	225.810	1.490.910	4.750.060
A	500	500	560	1.000	6.700	33.750	226.250	1.491.350	4.750.500
BBB	6.200	6.200	6.260	6.700	12.400	39.450	231.950	1.497.050	4.756.200
BB	33.250	33.250	33.310	33.750	39.450	66.500	259.000	1.524.100	4.783.250
B	225.750	225.750	225.810	226.250	231.950	259.000	451.500	1.716.600	4.975.750
CCC	1.490.850	1.490.850	1.490.910	1.491.350	1.497.050	1.524.100	1.716.600	2.981.700	6.240.850
Default	4.750.000	4.750.000	4.750.060	4.750.500	4.756.200	4.783.250	4.975.750	6.240.850	9.500.000

Tabelle 4.3-4: Erwartete Verluste des Portfolios in €

Durch Gegenüberstellung der gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten (MW) und den ratingabhängigen Erwartungswerten der Portfolioverluste ergibt sich die Verlustverteilung (siehe Abbildung 4.3-4) durch die abschließend der unerwartete Verlust in Form des VaR und des ES bestimmt werden kann. Zur Verdeutlichung der Ermittlung des unerwarteten Verlustes zeigt die folgende Tabelle alle 64 möglichen Ratingkombinationen der beiden Kredite mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten und den korrespondierenden EL.

	Kredit1	Kredit2	erwarteter Verlust	MW	MW kumuliert
1	AAA	AAA	0 €	0,00000%	0,00000%
2	AAA	AA	60 €	0,00000%	0,00000%
3	AA	AAA	60 €	0,00007%	0,00007%
4	AA	AA	120 €	0,00000%	0,00007%
5	AAA	A	500 €	0,00000%	0,00007%
6	A	AAA	500 €	0,00021%	0,00028%
7	AA	A	560 €	0,00027%	0,00055%
8	A	AA	560 €	0,00000%	0,00055%
9	A	A	1.000 €	0,00078%	0,00133%
10	AAA	BBB	6.200 €	0,00000%	0,00133%
11	BBB	AAA	6.200 €	0,00029%	0,00162%
12	AA	BBB	6.260 €	0,00034%	0,00196%
13	BBB	AA	6.260 €	0,00000%	0,00196%
14	A	BBB	6.700 €	0,00099%	0,00295%
15	BBB	A	6.700 €	0,00109%	0,00404%
16	BBB	BBB	12.400 €	0,00138%	0,00542%
17	AAA	BB	33.250 €	0,00000%	0,00542%
18	BB	AAA	33.250 €	0,00529%	0,01071%
19	AA	BB	33.310 €	0,00119%	0,01190%
20	BB	AA	33.310 €	0,00000%	0,01190%
21	A	BB	33.750 €	0,00343%	0,01533%
22	BB	A	33.750 €	0,01999%	0,03532%
23	BBB	BB	39.450 €	0,00477%	0,04009%
24	BB	BBB	39.450 €	0,02528%	0,06537%
25	BB	BB	66.500 €	0,08761%	0,15298%
26	AAA	B	225.750 €	0,00000%	0,15298%
27	B	AAA	225.750 €	0,07405%	0,22703%
28	AA	B	225.810 €	0,00878%	0,23581%
29	B	AA	225.810 €	0,00000%	0,23581%
30	A	B	226.250 €	0,02525%	0,26106%
31	B	A	226.250 €	0,27975%	0,54081%
32	BBB	B	231.950 €	0,03514%	0,57595%
33	B	BBB	231.950 €	0,35380%	0,92975%
34	BB	B	259.000 €	0,64562%	1,57537%
35	B	BB	259.000 €	1,22597%	2,80134%
36	B	B	451.500 €	9,03434%	11,83568%
37	AAA	CCC	1.490.850 €	0,00000%	11,83568%
38	CCC	AAA	1.490.850 €	0,00429%	11,83997%
39	AA	CCC	1.490.910 €	0,04282%	11,88279%
40	CCC	AA	1.490.910 €	0,00000%	11,88279%
41	A	CCC	1.491.350 €	0,12312%	12,00591%
42	CCC	A	1.491.350 €	0,01622%	12,02213%
43	BBB	CCC	1.497.050 €	0,17130%	12,19343%
44	CCC	BBB	1.497.050 €	0,02051%	12,21394%
45	BB	CCC	1.524.100 €	3,14756%	15,36150%
46	CCC	BB	1.524.100 €	0,07107%	15,43257%
47	B	CCC	1.716.600 €	44,04448%	59,47705%
48	CCC	B	1.716.600 €	0,52375%	60,00080%
49	CCC	CCC	2.981.700 €	2,55338%	62,55418%
50	AAA	Default	4.750.000 €	0,00000%	62,55418%
51	Default	AAA	4.750.000 €	0,00581%	62,55999%
52	AA	Default	4.750.060 €	0,02650%	62,58649%
53	Default	AA	4.750.060 €	0,00000%	62,58649%
54	A	Default	4.750.500 €	0,07620%	62,66269%
55	Default	A	4.750.500 €	0,02193%	62,68462%
56	BBB	Default	4.756.200 €	0,10602%	62,79064%
57	Default	BBB	4.756.200 €	0,02774%	62,81838%
58	BB	Default	4.783.250 €	1,94804%	64,76642%
59	Default	BB	4.783.250 €	0,09611%	64,86253%
60	B	Default	4.975.750 €	27,25936%	92,12189%
61	Default	B	4.975.750 €	0,70821%	92,83010%
62	CCC	Default	6.240.850 €	1,58030%	94,41040%
63	Default	CCC	6.240.850 €	3,45269%	97,86309%
64	Default	Default	9.500.000 €	2,13689%	99,99998%

Tabelle 4.3-5: Erwartete Portfolioverluste und gemeinsame Migrationswahrscheinlichkeiten

Der VaR bei einem Konfidenzniveau von 95% berechnet sich analog zu dem Beispiel der einzelnen Kreditposition, indem die Wahrscheinlichkeiten aufsummiert werden, bis der Wert von 95% über-

schritten wird. In dem aufgezeigten Beispiel ist das bei der Kombination 63 der Fall, so dass der mit 95%iger Wahrscheinlichkeit maximale Verlust 6.240.850 € beträgt. Durch Subtraktion des erwarteten Portfolioverlustes in Höhe von 2.962.250 € ergibt sich ein VaR von 3.278.600 € für das Portfolio. Der wahrscheinlichkeitsgewichtete Durchschnitt der den VaR überschreitenden Verluste wird hier nur durch den Verlust der Kombination 64 dargestellt, so dass ein ES in Höhe von (9.500.000 € - 2.962.500 €) 6.537.750 € resultiert.

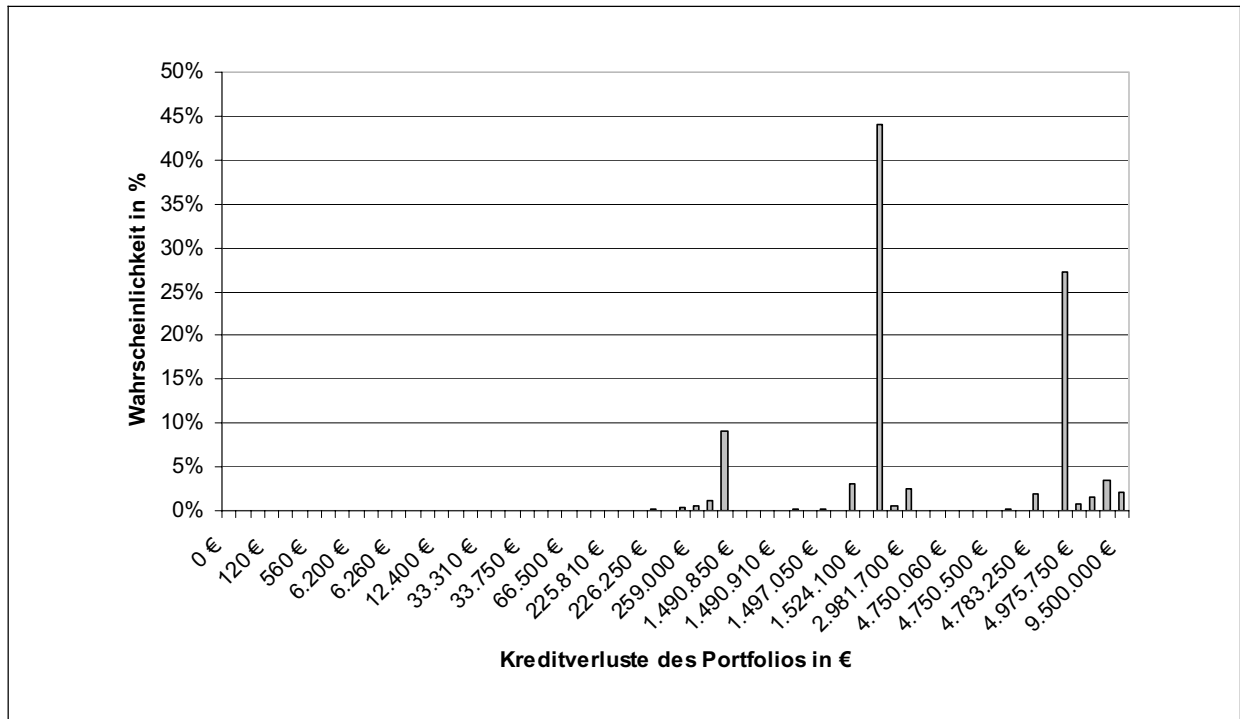


Abbildung 4.3-4: Verteilung der Portfolioverluste bei Bonitätsmigrationen über eine Periode

Aus den bisherigen Betrachtungen kann entnommen werden, dass es bei der aufgezeigten Vorgehensweise bei größeren Portfolios zu Problemen in Bezug auf den Rechenaufwand kommen kann. Mit steigender Portfoliogröße sowie steigender Anzahl von Ratingklassen erhöht sich die Anzahl der zu berücksichtigenden Kombinationen. Während in dem betrachteten Beispiel bei einer Kreditposition nur acht Ratingklassen zu betrachten waren, lag die Anzahl bei zwei Krediten bereits bei 64 und steigt bei einem Portfolio mit drei Positionen auf 512 Kombinationen. Für den praktischen Einsatz wird daher bei großen Portfolios häufig auf eine Monte-Carlo-Simulation zurückgegriffen.

### 4.3.3 Bonitätsmigrationen über mehrere Perioden

Im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung wird in den meisten Fällen ein Betrachtungszeitraum von einem Jahr unterstellt, so dass Ratingsysteme i. d. R. einjährige Ausfallwahrscheinlichkeiten als Ergebnisse aufweisen. Bei dieser Vorgehensweise wird jedoch nicht berücksichtigt, dass Ausfallwahrscheinlichkeiten zum Teil von der Laufzeit der Kredite abhängen, wobei längere Laufzeiten häufig mit steigenden Ausfallraten verbunden sind. Für bestimmte Anwendungsbereiche im Kreditrisikomanagement, wie z. B. der risikoadäquaten Kreditbepreisung, kann es daher erforderlich sein, eine Differenzierung der

Ausfall- sowie Migrationswahrscheinlichkeiten für jede Ratingklasse entsprechend der Laufzeit vorzunehmen.<sup>909</sup>

Bei der Betrachtung mehrerer Perioden muss für jeden einzelnen Zeitabschnitt eine separate Migrationsmatrix verwendet werden. Im einfachsten Fall, bei Annahme von zeithomogenen, d. h. im Zeitverlauf stabilen Übergangswahrscheinlichkeiten (zeithomogene Markov-Kette), wird für jede Periode eine (nahezu) identische Matrix unterstellt. Der relevante Unterschied zu dem bisher aufgezeigten Verfahren über eine Betrachtungsperiode besteht nun darin, dass die Migrationen in den Zwischenzeitpunkten berücksichtigt werden müssen, da sich im Zeitverlauf die Zusammensetzung der Ratingklassen anahmegemäß entsprechend der Matrix verändert. Die folgende Abbildung zeigt die Vorgehensweise für zwei Perioden schematisch auf.

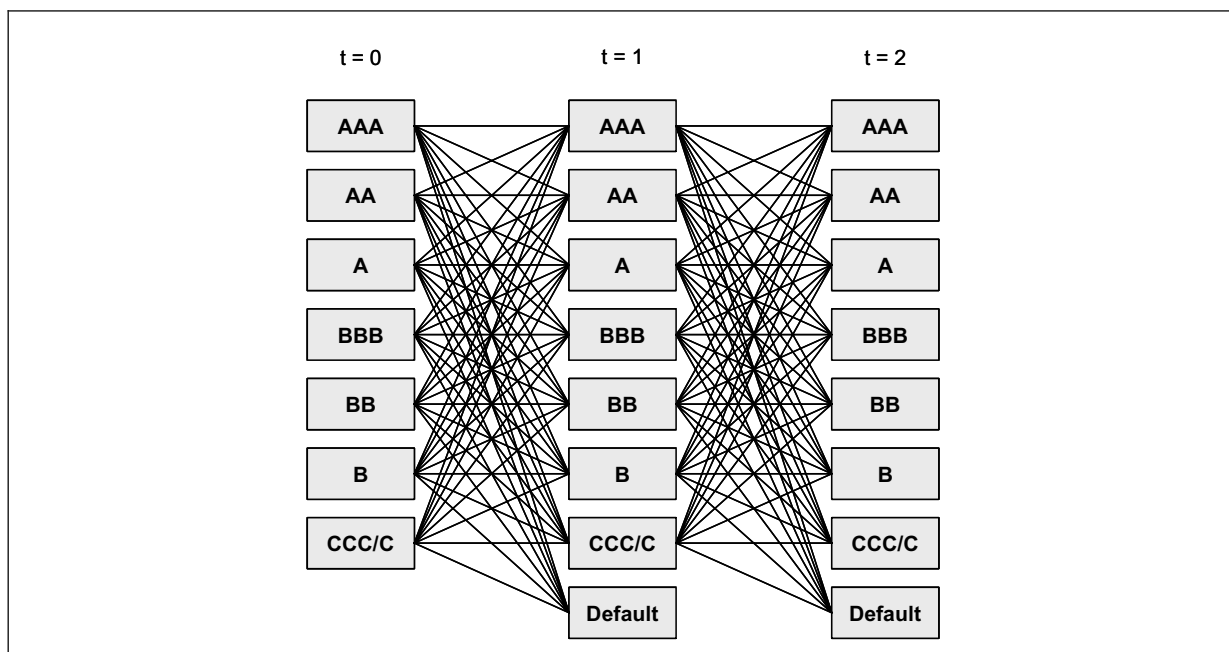


Abbildung 4.3-5: Bonitätsmigrationen über zwei Perioden<sup>910</sup>

Grundsätzlich können die mehrjährigen Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten auf zwei Arten bestimmt werden. Bei der direkten Vorgehensweise werden zu einem bestimmten Zeitpunkt zunächst alle Unternehmen einer Ratingklasse in einer Kohorte fixiert. Für diese Schuldner wird deren Bonitätsentwicklung verfolgt, so dass anhand der tatsächlich eingetretenen Ausfälle und Ratingmigrationen die jeweiligen Wahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Zeitfenster als relative Ausfall- bzw. Übergangsraten bestimmt werden können. Diese Vorgehensweise weist jedoch den gravierenden Nachteil auf, dass in den meisten Fällen die Datenbasis einer Kohorte nicht ausreichend ist, um valide Migrationswahrscheinlichkeiten zu schätzen.<sup>911</sup>

Eine weitere, indirekte Vorgehensweise zur Ermittlung mehrjähriger Migrationswahrscheinlichkeiten besteht in der Verwendung der einjährigen Übergangsmatrix. Unter der Annahme, dass die mehrjähri-

<sup>909</sup> Vgl. Schierenbeck (2003a), S. 319 f.

<sup>910</sup> In Anlehnung an Börner (1999), S. 10.

<sup>911</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 261.



gen Migrationen als Markov-Ketten modelliert werden können, ergibt sich bei dieser Vorgehensweise die Migrationsmatrix für den Zeitpunkt  $t = T$  durch die Multiplikation der einzelnen einstufigen (einjährigen) Übergangsmatrizen. Wird zudem von zeithomogenen Übergangswahrscheinlichkeiten ausgegangen, so kann die zugrunde liegende Migrationsmatrix einfach potenziert werden, wobei die Potenz der Anzahl der zu betrachtenden Jahre entspricht.<sup>912</sup> Es wird also davon ausgegangen, dass die Übergangsmatrizen der einzelnen Jahre konstant bzw. identisch sind. Die beiden folgenden Tabellen zeigen beispielhaft die Matrizen für zwei und fünf Jahre, die auf der in den bisherigen Beispielen verwendeten Matrix aus Tabelle 4.2-8 basieren.

Rating in $t = 0$	Rating in $t = 2$							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default
AAA	84,01%	14,07%	1,53%	0,24%	0,12%	0,01%	0,00%	0,00%
AA	1,15%	82,00%	14,80%	1,57%	0,18%	0,22%	0,04%	0,04%
A	0,11%	3,92%	83,79%	10,52%	1,07%	0,38%	0,07%	0,12%
BBB	0,04%	0,49%	7,46%	80,87%	8,16%	1,82%	0,38%	0,77%
BB	0,07%	0,19%	0,90%	10,04%	70,05%	13,59%	1,82%	3,32%
B	0,01%	0,15%	0,46%	0,92%	9,82%	68,70%	6,54%	13,42%
CCC/C	0,13%	0,03%	0,54%	0,76%	2,71%	15,04%	29,19%	51,59%

Tabelle 4.3-6: Zwei-Jahres-Migrationsmatrix

Rating in $t = 0$	Rating in $t = 5$							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default
AAA	64,97%	26,73%	6,54%	1,20%	0,32%	0,13%	0,02%	0,04%
AA	2,21%	62,18%	28,25%	5,59%	0,86%	0,57%	0,10%	0,25%
A	0,29%	7,54%	66,63%	20,01%	3,32%	1,27%	0,22%	0,66%
BBB	0,11%	1,45%	14,25%	61,55%	13,91%	4,89%	0,82%	2,97%
BB	0,14%	0,51%	2,94%	16,97%	44,60%	20,48%	2,95%	11,37%
B	0,04%	0,32%	1,14%	3,26%	14,69%	42,63%	6,04%	31,91%
CCC/C	0,15%	0,14%	0,84%	1,55%	4,62%	13,83%	5,88%	72,97%

Tabelle 4.3-7: Fünf-Jahres-Migrationsmatrix

Die mehrjährigen Migrationswahrscheinlichkeiten geben dabei die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Unternehmen in  $t = 0$  das Rating X aufweist und nach T Jahren der Ratingklasse Y zugeordnet wird. Bei den Werten für die Migration in die Default-Klasse handelt es sich um kumulierte Ausfallwahrscheinlichkeiten, die die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der ein Unternehmen mit einem bestimmten Anfangsrating innerhalb der T Jahre ausfällt. Die Berechnungen des erwarteten und unerwarteten Verlustes können anhand der mehrjährigen Transitionsmatrizen analog zu den Ausführungen in Abschnitt 4.3.2 vorgenommen werden.

<sup>912</sup> Vgl. Pfeiffer (1999), S. 240; Oehler/Unser (2002), S. 263; Duffie/Singleton (2003), S. 86, sowie Schwaiger/Thym (1999), S. 255 f.

#### 4.3.4 Diskussion des Migrationsansatzes

Das aufgezeigte rating- bzw. migrationsbasierte Verfahren zur Kreditrisikoquantifizierung zeichnet sich besonders durch die Berücksichtigung möglicher Bonitätsveränderungen und damit implizit auch durch eine Mehrperiodenbetrachtung aus. Anhand des Verfahrens kann durch die vereinfachte Annahme statischer Ratingklassenzuordnungen sowohl das Ausfallrisiko als auch durch die Erweiterung um Ratingmigrationen das Bonitätsrisiko betrachtet werden. In den obigen Ausführungen wurde aus Veranschaulichungsgründen zwar von unkorrelierten Ratingmigrationen ausgegangen, eine Integration von Korrelationen ist jedoch ebenfalls möglich, wie in dem folgenden Unterkapitel dargestellt wird. Die grundsätzliche Ausrichtung des Migrationsansatzes bezieht sich zwar auf die Bestimmung des erwarteten Verlustes, allerdings kann das migrationsbasierte Verfahren mit VaR- bzw. ES-Konzepten kombiniert werden, so dass zusätzlich auch der unerwartete Verlust und damit das Kreditrisiko im eigentlichen Sinne ermittelt werden kann.<sup>913</sup>

Im Gegensatz zu den auf der Optionspreistheorie basierenden Verfahren weist der Migrationsansatz den Vorteil auf, dass (unter der Annahme einer ausreichenden Datenbasis) auch für nicht-börsennotierte Unternehmen eine, bezogen auf die Datenbeschaffung, relativ einfache (akzeptable) Risikoquantifizierung durchgeführt werden kann, da die Ausfall- sowie die Migrationswahrscheinlichkeiten empirisch geschätzt werden können. Zudem baut der Ansatz direkt auf den Anforderungen für den Einsatz des internen Ratingansatzes (IRB-Ansatz) von Basel II auf. Der IRB-Ansatz fordert dabei von den Banken, dass sie das Ausfallrisiko eines jeden Schuldners durch ein internes Rating, gekoppelt mit einer ratingspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit, ausdrücken. Des Weiteren sind die Banken angehalten, ratingspezifische Verlustquoten (LGD) zu schätzen bzw. aufsichtliche Vorgaben für die LGD zu verwenden. Für jede Bank, die sich für diesen Ansatz von Basel II entscheidet, ist daher die Implementierung eines internen Ratingsystems obligatorisch. Durch das interne Ratingsystem werden die Kreditinstitute in die Lage versetzt, sich eigene Ausfall- und Migrationshistorien aufzubauen, so dass die für den Migrationsansatz benötigten Parameter entweder selbst geschätzt oder ggf. von externen Ratingagenturen bezogen werden können. Basel II fordert zudem, dass die internen Ratings sowie die damit verbundenen Ausfall- und Verlustschätzungen einen wesentlichen Stellenwert im gesamten Risikomanagement, der internen Eigenkapitalallokation und der Unternehmenssteuerung einnehmen sollen. Die alleinige Verwendung der internen Ratings zur Ermittlung des regulatorischen Eigenkapitals ist prinzipiell nicht erlaubt.<sup>914</sup> Aufgrund dieser aufgezeigten Anforderungen der neuen Eigenkapitalvereinbarung stellt der Migrationsansatz somit ein geeignetes und auf Basel II aufbauendes Verfahren zur weitergehenden internen Kreditrisikoquantifizierung dar, die wiederum als Ausgangsbasis für eine interne Kreditrisikosteuerung verwendet werden kann.

Neben den genannten positiven Aspekten des Ansatzes lassen sich jedoch auch einige negative Punkte feststellen. Wie bei allen empirisch-statistischen Verfahren kann auch bei dem aufgezeigten Verfahren die Verwendung von Vergangenheitsdaten für eine zukunftsorientierte Risikoanalyse kritisiert werden. Des Weiteren wird bei dem skizzierten Vorgehen von zeithomogenen Migrationsmatrizen ausge-

<sup>913</sup> Vgl. Börner (1999), S. 15-17.

<sup>914</sup> Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 444.

gangen, was nicht zwingend der Realität entspricht. Der Migrationsansatz kann jedoch erweitert werden, so dass die vereinfachte Annahme zeitstabiler Matrizen abgelegt werden kann.<sup>915</sup> Ein weiterer Problempunkt stellt der erhebliche Daten- und Rechenaufwand dar. Für die valide Schätzung der Migrationswahrscheinlichkeiten werden historische Bonitätsveränderungsdaten über lange Zeiträume benötigt. Zudem erhöhen sich bei steigender Anzahl der Ratingklassen und steigender Portfoliogröße die zu berücksichtigenden Kombinationen von Migrationswahrscheinlichkeiten, so dass der Rechenaufwand stark ansteigt.<sup>916</sup> Der zuletzt genannte Kritikpunkt kann jedoch durch den Einsatz von Monte-Carlo-Simulationen durchaus abgeschwächt werden.

Aufgrund der Annahme, dass sich die Ratingmigrationen als endliche Markov-Ketten modellieren lassen, stellt der Migrationsansatz eine recht einfache Vorgehensweise dar, die in der Praxis zumeist auch Anwendung findet. Durch die unterstellte Markov-Eigenschaft wird jedoch davon ausgegangen, dass die Ratinghistorie eines Unternehmens keinen Einfluss auf die aktuelle Bonitätseinschätzung hat. Es bleibt jedoch anzuzweifeln, ob diese Annahme der Realität entspricht, da beispielsweise ALTMAN und KAO<sup>917</sup> in einer empirischen Untersuchung Autokorrelationen von Downgrades aufzeigen konnten. In ihrer Untersuchung konnten die Autoren empirisch belegen, dass die Wahrscheinlichkeit für ein Downgrade in der Folgeperiode wesentlich wahrscheinlicher ist als ein Upgrade, wenn in der vorhergehenden Periode bereits eine Herabstufung der Ratingkategorie vorgenommen wurde.<sup>918</sup>

Abschließend kann jedoch festgehalten werden, dass die Modellierung von Übergangswahrscheinlichkeiten über Markov-Ketten zumindest als eine für die praktische Anwendung akzeptable Approximation angesehen werden kann.<sup>919</sup>

#### 4.4 Berücksichtigung von Korrelationen (Portfoliomodul)

Im vorangegangenen Unterkapitel 4.3 wurde aufgezeigt, wie der erwartete und unerwartete Verlust für ein Einzelengagement unter Berücksichtigung von Bonitäts- bzw. Ratingänderungen bestimmt werden kann. Ergänzend wurde am Beispiel eines Portfolios mit zwei Kreditnehmern ein migrationsbasierter Ansatz zur Quantifizierung des Portfoliorisikos aufgezeigt, wobei zwischen den beiden Schuldnern eine Unabhängigkeitsannahme getroffen wurde, so dass Korrelationen keine Berücksichtigung gefunden haben. Das folgende Unterkapitel befasst sich daher nun explizit mit der Berücksichtigung von Abhängigkeiten bzw. Korrelationen zwischen den Kreditnehmern eines Portfolios und beschreibt somit die in Abbildung 4.1-1 aufgezeigte Portfoliokomponente.

Wie bereits in Abschnitt 3.4 aufgezeigt wurde, ist die Modellierung der Korrelationen über einen einzigen gesamtkonjunkturellen Faktor nicht ausreichend. D. h., um bankintern die Korrelationen im Kreditportfolio möglichst adäquat abzubilden, sollte deren Schätzung bzw. Berücksichtigung auf komplexeren

<sup>915</sup> Siehe hierzu beispielsweise Varnholt (1997), S. 71-74.

<sup>916</sup> Vgl. Börner (1999), S. 14 f.

<sup>917</sup> Siehe Altman/Kao (1992b).

<sup>918</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 264 f., sowie Rehnert (1999), S. 411.

<sup>919</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 72.

Methoden basieren, als es bei Basel II der Fall ist. Daher werden im weiteren Verlauf des Kapitels verschiedene Ansätze zur Korrelationsbestimmung erläutert und einer vergleichenden Analyse unterzogen. Hierzu wird in Abschnitt 4.4.1 zunächst grundlegend auf die Bedeutung und Schätzung von Ausfallkorrelationen eingegangen, worauf anschließend verschiedene Korrelationskonzepte diskutiert werden (Abschnitt 4.4.2). Den Abschluss dieses Unterkapitels bilden mögliche Ansätze zur Validierung von Portfoliomodellen unter Berücksichtigung von Korrelationen zwischen den Kreditnehmern (Abschnitt 4.4.3).

#### **4.4.1 Grundlegende Betrachtung von Ausfallkorrelationen**

Im folgenden Abschnitt werden die Grundlagen für die im weiteren Verlauf des Abschnitts 4.4 betrachtete Schätzung von Ausfallkorrelationen erarbeitet. Zunächst werden hierzu die Bedeutung von Korrelationen bei der Kreditrisikomessung aufgezeigt sowie grundlegende Begründungen für die prinzipielle Existenz von Ausfallkorrelationen erläutert (Abschnitt 4.4.1.1). Eine formale Darstellung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit und des Ausfallkorrelationskoeffizienten zweier Kreditnehmer bildet den Abschluss dieses Grundlagenkapitels (Abschnitt 4.4.1.2).

##### **4.4.1.1 Bedeutung von Korrelation bei der Kreditrisikomessung**

Im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung wird aufgrund von Untersuchungen historischer Ausfallzeitreihen von der Annahme ausgegangen, dass Kreditnehmer häufig untereinander korreliert sind. Problematisch ist in diesem Bereich jedoch, dass die Abhängigkeit zwischen zwei Kreditnehmern nicht direkt beobachtet bzw. gemessen werden kann, da der Kreditausfall zweier Kreditnehmer ein irreversibles Ereignis darstellt. Für die direkte Schätzung ihrer genauen Korrelation aus empirischen Daten wären jedoch mehrere Replikationen notwendig. Aus diesem Grund ist es daher auch schwierig, einen direkten Nachweis für Korrelationen vorzunehmen. Auch wenn dieser direkte Nachweis kaum möglich ist, lassen sich zumindest Beobachtungen und ökonomische Begründungen für die grundsätzliche Existenz von Ausfallkorrelationen finden, die die Annahme der (möglichen) Abhängigkeit von Kreditnehmern unterstützen.

Die Existenz von Korrelationen wird beispielsweise aus der Abbildung 4.4-1 ersichtlich, die die absoluten Insolvenzfälle in ausgewählten Industriezweigen für die Jahre 1999-2005 aufzeigt. Aus der relativ gleichgerichteten Entwicklung der Insolvenzfälle in den unterschiedlichen Branchen kann gefolgert werden, dass die Ausfallereignisse in den verschiedenen Branchen nicht vollständig voneinander unabhängig sind, sondern vielmehr über einen oder mehrere Hintergrundfaktoren miteinander verbunden sind.<sup>920</sup> Dies verdeutlicht die Existenz von Korrelationen sowie die grundsätzliche Notwendigkeit, Ausfallkorrelationen bei der Quantifizierung des Portfoliorisikos zu berücksichtigen.

<sup>920</sup> Vgl. Wahrenburg/Niethen (2000b), S. 495.

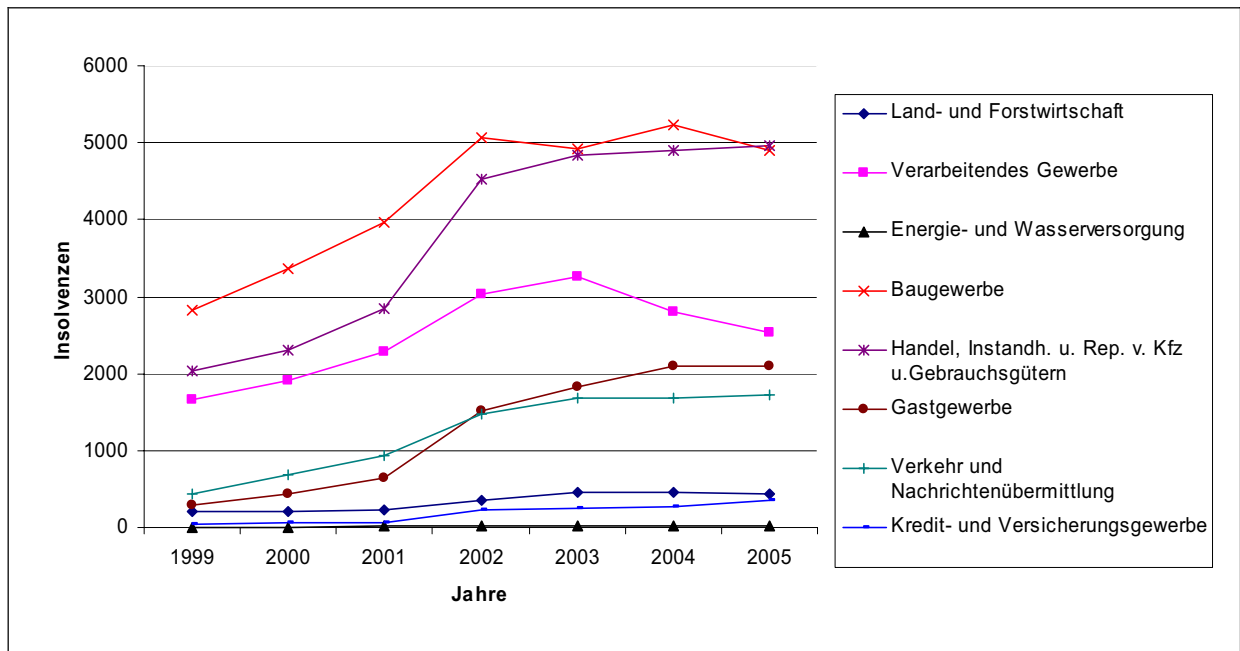


Abbildung 4.4-1: Insolvenzzahlen ausgewählter Branchen<sup>921</sup>

Die Abbildung zeigt dabei, dass die Unternehmen der verschiedenen Branchen zumindest teilweise über einen Faktor miteinander verbunden sind, der beispielsweise durch die globale Konjunkturlage dargestellt wird. Allerdings weist die nicht gänzlich einheitliche Entwicklung der Insolvenzen darauf hin, dass eine Modellierung der Abhängigkeiten durch nur einen Faktor unzureichend sein dürfte. Es kann vielmehr davon ausgegangen werden, dass in den verschiedenen Branchen bzw. Kreditnehmersegmenten mehrere unterschiedliche Faktoren einen Einfluss auf die jeweilige (gemeinsame) Bonitätsentwicklung bzw. Ausfallwahrscheinlichkeit aufweisen. Die Bonitäten der Unternehmen in einer Branche können z. B. in besonderem Maße vom vorherrschenden Zinsniveau beeinflusst sein, während eine andere Branche wesentlich sensibler auf die Höhe von staatlichen Investitionen reagiert. Bei der Betrachtung von Ausfallkorrelationen sollte die Abhängigkeit zwischen Unternehmen daher unter Berücksichtigung mehrerer systematischer Faktoren erfolgen, so dass für jedes Kreditnehmersegment segmentspezifische makroökonomische Einflussfaktoren identifiziert werden, die den Entwicklungsverlauf der segmentspezifischen Insolvenzen bzw. Ausfallraten bestmöglich erklären. Dieser Sachverhalt impliziert jedoch die Notwendigkeit, dass die jeweiligen Segmente ausreichend homogen sein müssen, damit die systematischen Faktoren für die Korrelationsschätzung möglichst vollständig erfasst werden können.<sup>922</sup>

Diese ökonomische Begründung für die Existenz von Ausfallkorrelationen stellt dabei eine eher makroökonomische Betrachtungsweise dar, weil an dieser Stelle davon ausgegangen wird, dass zumindest alle Kreditnehmer eines homogenen Risikosegments eine gemeinsame Abhängigkeit zu den gleichen makroökonomischen Einflussfaktoren aufweisen. Es lassen sich jedoch auch Abhängigkeiten erkennen, die nicht auf alle Kreditnehmer bzw. Unternehmen in einem Risikosegment gemeinsam zutreffen. Solche Abhängigkeiten beziehen sich somit eher auf eine mikroökonomische Betrachtungsebene und er-

<sup>921</sup> Datenquelle: Statistisches Bundesamt.

<sup>922</sup> Vgl. Hamerle/Rösch (2000), S. 13, sowie Schierenbeck (2003b), S. 183.

geben sich dabei durch mögliche wirtschaftliche Verflechtungen zwischen einzelnen Unternehmen. Als Beispiel kann hier eine stark einseitige Abhängigkeitsbeziehung zwischen einem kleinen Zuliefer- und einem großen Abnehmerunternehmen angeführt werden. Durch die starke Verflechtung der beiden Unternehmen würde ein Ausfall des Großunternehmens im Regelfall auch zu einer Bonitätsverschlechterung oder sogar zu einem Ausfall des kleinen Zulieferers führen.<sup>923</sup> Prinzipiell kann daher in diesem Zusammenhang auch zwischen einer Makro- und einer Mikro-Korrelation differenziert werden.<sup>924</sup>

Rein theoretisch können die Ausfallkorrelationen analog zu Marktrisikokorrelationen anhand von Vergangenheitsdaten geschätzt werden,<sup>925</sup> wobei als Problempunkt die Zuordnung der aktuell betrachteten Portfoliopositionen zu vergleichbaren Positionen der Vergangenheitsdaten festzuhalten ist. Da ein Kreditausfall ein unumkehrbares und nicht wiederholbares Ereignis darstellt, ist eine solche direkte Schätzung der Ausfallkorrelationen kaum möglich, zudem diese relativ einfache Lösung zurzeit auch an der mangelnden Datenverfügbarkeit scheitert. Während im Marktrisikobereich lange Datenzeitreihen mit etlichen Beobachtungspunkten existieren, liegen im Kreditrisikobereich aufgrund der relativ selten auftretenden Kreditausfälle sowie des längeren Betrachtungszeitraums von i. d. R. einem Jahr wesentlich weniger Vergangenheitsdaten für eine valide Schätzung vor. Aus diesem Grund erfolgt die Schätzung bzw. die Berücksichtigung der Ausfallkorrelationen über so genannte Korrelationskonzepte innerhalb von Kreditrisikomodellen, die über bestimmte vereinfachende Annahmen die schlechte Datengrundlage zu kompensieren versuchen.<sup>926</sup>

Bei einer genaueren Betrachtung einer „optimalen“ Modellierung von Kreditportfoliorisiken können neben den Ausfallkorrelationen noch weitere Abhängigkeiten zwischen Risikoparametern ausgemacht werden, die in ein Kreditrisikomodell eingehen können bzw. sollten.<sup>927</sup> Während über die Ausfallkorrelation die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von zwei Kreditnehmern bestimmt werden kann, müsste ein optimales Modell jedoch auch berücksichtigen, inwiefern die Verlustquoten (LGD) zweier Schuldner voneinander abhängen, so dass ebenfalls die Korrelationen der LGD geschätzt werden sollten. Des Weiteren können häufig auch Abhängigkeiten zwischen den Verlustquoten und den Ausfallwahrscheinlichkeiten bestehen. Die in der Praxis eingesetzten Kreditrisikomodelle modellieren die Portfolioeffekte jedoch meistens nicht auf einem so hohen Niveau, bei dem die aufgezeigten Abhängigkeiten gemeinsam berücksichtigt werden. Vielmehr wird in Bezug auf die Abhängigkeiten der einzelnen Risikoparameter eine vereinfachende Unabhängigkeitsannahme getroffen, so dass ausschließlich die Ausfallkorrelationen betrachtet werden, was dadurch begründet wird, dass diese auch den größten Einfluss auf das Kreditrisiko aufweisen.

In der Praxis werden die Ausfallkorrelationen in einigen Modellen über Assetkorrelationen approximiert. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Assetkorrelationen unter Berücksichtigung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Schuldner analytisch in Ausfallkorrelationen umgerechnet werden kön-

<sup>923</sup> Vgl. Knapp (2002), S. 132 f.

<sup>924</sup> Vgl. Giesecke (2001), S. 15. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird unter dem allgemeinen Begriff „Korrelation“ die Makro-Korrelation verstanden.

<sup>925</sup> Siehe hierzu Abschnitt 4.4.2.2.

<sup>926</sup> Vgl. Ammann/Schmid/Wegmann (2000), S. 42; Hamerle/Rösch (2000), S. 3, sowie Ong (2000), S. 136.

<sup>927</sup> Vgl. auch im Folgenden Wahrenburg/Niethen (2000b), S. 494 f.

nen, so dass beide Korrelationsarten einen vergleichbaren Informationsstand aufweisen. Inhaltlich unterscheiden sich die beiden Korrelationen in der Form, dass die Ausfallkorrelation ein Abhängigkeitsmaß für die Ausfallereignisse zweier Kreditnehmer darstellt, während die Assetkorrelation den Zusammenhang der Entwicklung der Unternehmenswerte zweier Schuldner widerspiegelt.<sup>928</sup>

Bislang wurden Ausfallkorrelationen ausschließlich auf die Abhängigkeit von Ausfallereignissen bezogen. Im Grunde betrachten die Korrelationen jedoch weitergehend auch indirekt die Abhängigkeit von Bonitätsveränderungen, so dass ihre Höhe auch durch die Ratingklasse der Kreditnehmer und damit auch implizit durch entsprechende Ratingmigrationen beeinflusst wird. Unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Bonitätsveränderungen können daher für Ausfallkorrelationen die folgenden Eigenschaften konstatiert werden.<sup>929</sup>

- *Ausfallkorrelationen sind im Allgemeinen relativ niedrig und sinken (steigen) mit besser werdenden (schlechter werdenden) Ratingklassen.*

Die niedrige Korrelation bei Unternehmen mit guten Ratings kann dadurch begründet werden, dass Ausfälle dieser Schuldner normalerweise aus schulderspezifischen Problemen (höherer Anteil am unsystematischen Risiko) resultieren und zudem auch relativ selten auftreten. Bei bonitätsmäßig guten Unternehmen erfolgt ein Ausfall daher primär nicht aus gesamtwirtschaftlichen Effekten, die den Großteil der Ausfallkorrelationen determinieren. Im Gegensatz dazu sind die Korrelationen bei Unternehmen mit relativ schlechten Ratings höher, da diese Schuldner empfindlicher auf negative Konjunktur- bzw. Branchenentwicklungen reagieren und somit gemeinsame Ausfälle vermehrt auftreten.

- *Ausfallkorrelationen steigen mit größer werdendem Betrachtungszeitraum zuerst an und nehmen dann wieder langsam ab, wenn sich der Betrachtungszeitraum verlängert.*

Begründet werden kann diese Eigenschaft dadurch, dass Ausfälle bei kürzeren Betrachtungsperioden eher zufälliger Natur sind, während die Abnahme der Korrelationen bei längeren Zeitperioden auf die Beziehung zwischen dem betrachteten Zeitraum und der durchschnittlichen Konjunkturlage zurückzuführen ist.

- *Ausfallkorrelationen zwischen Unternehmen der gleichen Branche sind i. d. R. höher als zwischen Unternehmen verschiedener Branchen.*

Die Begründung hierfür kann in der relativ gleichgerichteten Abhängigkeit der Kreditnehmer einer Branche auf das gemeinsame makroökonomische Umfeld gesehen werden.

<sup>928</sup> Vgl. Scheule (2005), S. 538.

<sup>929</sup> Vgl. auch im Folgenden Lucas (1995), S. 80 f.; Ong (2000), S. 138, sowie Lipponer (2000), S. 41.

#### 4.4.1.2 Formale Darstellung des Ausfallkorrelationskoeffizienten

Formal betrachtet kann die paarweise Ausfallkorrelation zweier Schuldner X und Y als Korrelation einer Indikatorfunktion interpretiert werden, wobei die Indikatorfunktion  $I_z$  den Wert Eins bei einem Default oder den Wert Null bei vertragskonformer Rückzahlung des Kreditbetrages annimmt.<sup>930</sup>

$$I_z \equiv \begin{cases} 1 & \text{bei Ausfall} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (4-28)$$

Der Zustand  $I_z = 1$  tritt dabei mit der Ausfallwahrscheinlichkeit PD und der Zustand  $I_z = 0$  mit der Überlebenswahrscheinlichkeit SP ( $1 - PD$ ) ein.

Unter der Annahme, dass die beiden Kreditnehmer und damit deren Ausfallereignisse unabhängig voneinander sind, berechnet sich die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit ( $PD_{X,Y}$ ) aus dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten  $PD_X$  und  $PD_Y$ .

$$PD(I_z(X)=1 \wedge I_z(Y)=1) = PD_{X,Y} = PD_X \cdot PD_Y \quad (4-29)$$

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt aufgezeigt wurde, sind die Kreditnehmer in der Realität meistens nicht unabhängig voneinander, sondern miteinander korreliert, wobei der (Ausfall-)Korrelationskoeffizient  $\rho$  wie folgt allgemein definiert werden kann.  $E()$  bezeichnet hierbei den Erwartungswert und  $VAR()$  die Varianz.

$$\rho(I_z(X), I_z(Y)) = \frac{E(I_z(X) \cdot I_z(Y)) - E(I_z(X)) \cdot E(I_z(Y))}{\sqrt{VAR(I_z(X))} \cdot \sqrt{VAR(I_z(Y))}} \quad (4-30)$$

Dadurch, dass  $I_z(X)$  und  $I_z(Y)$  binomialverteilte Zufallsvariablen sind, berechnet sich der Mittelwert und die Varianz gemäß den beiden folgenden Gleichungen.

$$E(I_z) = PD \quad \text{und} \quad VAR(I_z) = PD \cdot (1 - PD) \quad (4-31)$$

Durch Einsetzen der Zusammenhänge aus (4-31) in (4-30) ergibt sich die folgende Gleichung zur Bestimmung des Ausfallkorrelationskoeffizienten bzw. der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit der Kreditnehmer X und Y, wobei der lineare Zusammenhang zwischen der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit und der Ausfallkorrelation  $\rho_{X,Y}$  deutlich zu erkennen ist.<sup>931</sup>

$$\rho_{X,Y} = \frac{PD_{X,Y} - PD_X \cdot PD_Y}{\sqrt{PD_X \cdot (1 - PD_X)} \cdot \sqrt{PD_Y \cdot (1 - PD_Y)}} \quad (4-32)$$

bzw.

$$PD_{X,Y} = PD_X \cdot PD_Y + \rho_{X,Y} \cdot \sqrt{PD_X \cdot (1 - PD_X)} \cdot \sqrt{PD_Y \cdot (1 - PD_Y)} \quad (4-33)$$

Die Ausfallkorrelation bzw. der Korrelationskoeffizient kann prinzipiell Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Für den in Gleichung (4-29) aufgezeigten Fall der Unabhängigkeit würde sich somit eine Ausfall-

<sup>930</sup> Vgl. auch im Folgenden Zhou (2001), S. 556 f., sowie Wahrenburg/Niethen (2000b), S. 498 f.

<sup>931</sup> Vgl. Schönbucher (2000a), S. 3, sowie Mahadevan et al. (2006), S. 352.



korrelation von Null ergeben. Aus der Gleichung (4-32) kann entnommen werden, dass bei einer positiven (negativen) Korrelation die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit größer (kleiner) als beim Fall der Unabhängigkeit ist. Eine perfekte Korrelation mit  $\rho = 1$  ergäbe sich nur dann, wenn entweder beide Kreditnehmer gleichzeitig ausfallen oder gleichzeitig solvent bleiben. Für diese Konstellation müssen die beiden Schuldner jedoch zwingend über identische individuelle Ausfallwahrscheinlichkeiten verfügen, so dass gilt:<sup>932</sup>

$$PD_X = PD_Y = PD_{X,Y} \quad (4-34)$$

Der gegensätzliche Fall einer vollständig negativen Korrelation von  $\rho = -1$  kann als sehr unwahrscheinlich angesehen werden, da er impliziert, dass ein Schuldner immer dann ausfällt, wenn der andere nicht ausfällt, wobei gelten muss:

$$PD_X = (1 - PD_Y) \quad \text{und} \quad PD_{X,Y} = 0 \quad (4-35)$$

Die Bedingungen aus Gleichung (4-35) bedeuten dabei, dass sich bei einer vollständig negativen Korrelation die beiden Ausfallwahrscheinlichkeiten zu Eins addieren müssen. In der Realität sind die Ausfallwahrscheinlichkeiten jedoch i. d. R. relativ klein, so dass auch der Korrelationskoeffizient relativ nahe am Wert Null liegt.

Insgesamt treten negative Korrelationen in der Praxis nur sehr selten auf, auch wenn sie theoretisch möglich sind. Ein mögliches Beispiel für ein Auftreten von negativen Korrelationen ist der Ausfall eines Konkurrenzunternehmens in einer oligopolistischen Marktstruktur. In dieser Konstellation könnte der Fall auftreten, dass der Default des einen Unternehmens zu Ertragssteigerungen bei dessen Konkurrenten führt, was als Folge auch zu einer Verringerung der Ausfallwahrscheinlichkeiten der am Markt verbleibenden Unternehmen führen kann.<sup>933</sup>

#### 4.4.2 Ansätze zur Schätzung von Ausfallkorrelationen

Die Bestimmung der Ausfallkorrelation stellt mit den schwierigsten Bereich der Modellierung von Kreditportfoliorisiken dar, was vor allem durch das unzureichende Datenmaterial zur Korrelationsschätzung und -validierung begründet werden kann. Bisher konnte sich daher weder in der Wissenschaft noch in der Praxis ein allgemeingültiger Ansatz als Standard zur Abbildung von Ausfallkorrelationen herausbilden, so dass zwischen verschiedenen Verfahren differenziert werden kann. Einigkeit herrscht jedoch in der grundsätzlichen Annahme, dass Ausfallkorrelationen existieren und i. d. R. Werte aufweisen, die signifikant von Null verschieden sind.<sup>934</sup> Die unterschiedlichen Ansätze finden sich bei den verschiedenen Kategorien komplexer Kreditportfoliomodelle wieder, innerhalb derer die Abhängigkeiten zwischen Kreditnehmern bzw. zwischen den jeweiligen Bonitätsveränderungen (Ratingänderungen) durch Korrelationskonzepte berücksichtigt werden. Entsprechend ihrer Verwendung in den jeweiligen Kreditrisikomodellen können auch die Korrelationskonzepte grundsätzlich in strukturelle (bzw. firmenwertbasierte)

<sup>932</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 303.

<sup>933</sup> Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 102.

<sup>934</sup> Vgl. Knapp (2002), S. 128.

oder reduzierte (bzw. intensitätsbasierte) Ansätze unterteilt werden.<sup>935</sup> Beide Ansätze folgen dabei einer indirekten Schätzung der Ausfallkorrelationen.

Bei den strukturellen Ansätzen wird in einem ersten Schritt (aufgrund des Einsatzes in firmenwertbasierten Modellen) die gemeinsame Entwicklung zweier Kreditnehmer durch die Abhängigkeit der gemeinsamen Wertentwicklung der Unternehmenswerte approximiert, wobei die Abhängigkeit zwischen den Unternehmenswerten durch die Korrelation der Unternehmenswertrenditen (Asset- bzw. Aktivarenditen) im Modell abgebildet wird. In einem zweiten Schritt können nun anhand der Korrelation der Renditen und in Abhängigkeit der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Schuldner Schätzungen für die Ausfallkorrelationen ermittelt werden.

Bei den reduzierten Ansätzen handelt es sich zwar auch um eine indirekte Ermittlung der Ausfallkorrelation, allerdings erfolgt hier keine Approximation über Asset- bzw. Assetrenditekorrelationen. Bei diesen Ansätzen werden im ersten Schritt die schulderspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von zumeist makroökonomischen Faktoren abgebildet, worauf in einem zweiten Schritt durch eine mehrere Szenarien einbeziehende Durchschnittsbildung die Korrelationen der Schuldner i. d. R. über die gleichgerichtete Entwicklung der makroökonomischen Faktoren indirekt modelliert werden.<sup>936</sup>

In diesem Kapitel werden zunächst allgemeine Anforderungen an Ansätze zur Berücksichtigung von Ausfallkorrelationen dargestellt (Abschnitt 4.4.2.1). Im darauf folgenden Abschnitt 4.4.2.2 wird ein empirischer Ansatz zur Schätzung von Ausfallkorrelationen erläutert und anhand dessen Problempunkte aufgezeigt, weshalb die Verwendung von komplexeren Korrelationsansätzen erforderlich erscheint. Diese komplexeren Ansätze werden im Weiteren differenziert nach strukturellen (Abschnitt 4.4.2.3) und reduzierten (Abschnitt 4.4.2.4) Ansätzen erläutert. Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine Diskussion der aufgezeigten Verfahren (Abschnitt 4.4.2.5).

#### **4.4.2.1 Anforderungen an Ansätze zur Berücksichtigung von Korrelationen**

Wie bereits einleitend zu diesem Kapitel erläutert wurde, existieren in der Literatur und Praxis verschiedene Verfahren und Ansätze zur Berücksichtigung von Korrelationen in einem Kreditportfolio. Aufgrund der verschiedenen Annahmen und unterschiedlichen Inputparameter lässt sich daher auch kein optimales Verfahren identifizieren. Es können allerdings allgemeine Anforderungen aufgestellt werden, die bei der Modellierung von Abhängigkeiten zwischen Kreditnehmern erfüllt werden sollten.

Bei der Wahl eines Korrelationskonzeptes liegt ein wesentliches Entscheidungskriterium in dessen Anwendbarkeit in der Praxis, die an verschiedenen Punkten festgemacht werden kann. Verlustverteilungen – und hier vor allem die Verteilungsenden – von Kreditportfolios reagieren beispielsweise sehr sensitiv auf unterschiedliche Ausprägungen der Ausfallkorrelationen. Aus diesem Grund besteht eine Anforderung an ein Modell zur Berücksichtigung von Korrelationen in der realitätsnahen Bestimmung der Korrelationen, damit sich keine wesentlichen Verzerrungen bei der Quantifizierung des Kreditrisikos

<sup>935</sup> Siehe Abschnitt 3.3.1 für eine Klassifizierung und Darstellung von Kreditrisikomodellen.

<sup>936</sup> Vgl. Knapp (2002), S. 131.

ergeben.<sup>937</sup> Des Weiteren sollte das Modell in der Lage sein, historische Zeitperioden adäquat nachzubilden, was prinzipiell auf eine hohe Realitätsnähe hinweist. Diese Anforderung bezieht sich vor allem auf die Möglichkeit, historische Zeiträume nachzubilden, in denen überdurchschnittlich viele Ausfälle zu verzeichnen waren, so dass daraus geschlossen werden kann, dass das Modell in der Lage ist, auch außergewöhnliche Parameterkonstellationen korrekt zu bewerten.

Ein weiteres Kriterium für den praktischen Einsatz liegt in der Anzahl der zu bestimmenden Inputparameter. Prinzipiell sollte die Anzahl der benötigten Parameter so gering wie möglich gehalten werden. Die Anzahl der Parameter sollte daher bei zunehmender Portfoliogröße nicht übermäßig stark ansteigen, weil die Schätzung dieser Vielzahl an Parametern ansonsten praktisch nicht mehr zu bewältigen ist. Zudem ist es wichtig, dass das gewählte Verfahren relativ einfach implementiert werden kann. Ergänzend kann hiermit auch implizit die Anforderung verbunden werden, dass das Verfahren eine möglichst geringe Rechenzeit aufweist. Es muss des Weiteren gewährleistet sein, dass die benötigten Inputparameter auch für alle Kreditnehmer- bzw. Kredittypen ermittelt werden können, so dass als ergänzende Anforderung die einheitliche Korrelationsschätzung über alle Kredit- und Kreditnehmerarten festgehalten werden kann.

Zusammenfassend sollte ein Modell zur Schätzung von Korrelationen bzw. ein Korrelationskonzept die folgenden Anforderungen erfüllen:

- (1) Ermittlung (relativ) realitätsnaher Ausfallkorrelationen
- (2) Möglichkeit der Nachbildung historischer Zeitperioden
- (3) möglichst (relativ) geringe Anzahl an Inputparametern
- (4) möglichst einfache Implementierung (inkl. Rechenzeit)
- (5) Anwendbarkeit für alle Kreditnehmer- und Kredittypen.

Die ersten zwei Anforderungen stellen in dieser Betrachtung K.O.-Kriterien dar, die bei Nichterfüllung den Einsatz eines Modells prinzipiell verhindern sollten. Es bleibt hier jedoch zu berücksichtigen, dass allen Ansätzen gemeinsam ist, dass sie auf bestimmten Annahmen beruhen, die immer zu einer Abweichung der Ergebnisse zur Realität führen. Die dritte Anforderung bezeichnet in Bezug auf einen möglichen Praxiseinsatz ebenfalls ein K.O.-Kriterium. Da es jedoch nicht möglich ist, eine bestimmte Anzahl an Parametern anzugeben, ab der deren Schätzung praktisch nicht mehr zu bewältigen ist, ist diese Anforderung, sowie die Anforderungen (4) und (5), häufig nur in Relation zu anderen Verfahren zu bewerten.

#### 4.4.2.2 Empirischer Ansatz zur Schätzung von Ausfallkorrelationen

Nachdem im vorigen Abschnitt die Anforderungen an Modelle zur Berücksichtigung von Ausfallkorrelationen erläutert wurden, werden in den folgenden Abschnitten mögliche Ansätze aufgezeigt, wobei zunächst die empirische Schätzung von Ausfallkorrelationen kurz betrachtet wird.

<sup>937</sup> Vgl. auch im Folgenden Elizalde (2006), S. 16.

Eine mögliche Variante zur empirischen Schätzung von Ausfallkorrelationen wurde 1995 von LUCAS<sup>938</sup> vorgeschlagen, der in seiner Studie historische Ausfallkorrelationen über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren anhand von ratingklassenspezifischen Ausfallraten untersuchte. Die Basis für die empirische Schätzung von Ausfallkorrelationen stellen dabei historische Ausfallzeitreihen von bestimmten Schuldnergruppen dar.<sup>939</sup> Die Voraussetzung für diesen Ansatz liegt damit in der Segmentierung der Kreditnehmer in homogene Gruppen, wobei an dieser Stelle beispielsweise eine Einteilung nach Branchen oder nach Ratingklassen vorgenommen werden kann. Der Ansatz basiert dabei auf den folgenden Annahmen:

- Alle Kreditnehmer eines Segments sind homogen in Bezug auf ihr Ausfallverhalten und weisen somit eine identische Ausfallwahrscheinlichkeit auf.
- Die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Schuldner sind im Zeitverlauf konstant.
- Die gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeiten von zwei oder mehreren Schuldnern sind für alle Kreditnehmerpaare oder -gruppen identisch und im Zeitverlauf konstant.

Unter diesen getroffenen Annahmen können die jährlich erhobenen Ausfallraten jeweils als eine Ausprägung der Ausfallhäufigkeitsverteilung interpretiert werden, so dass durch sie (zeitunabhängig) das Ausfallverhalten der jeweiligen Kreditnehmersegmente beschrieben werden kann.

Wird von einer historischen Ausfallzeitreihe ausgegangen, die aus T Betrachtungszeitpunkten besteht, so berechnet sich die erwartete bzw. empirische Ausfallwahrscheinlichkeit  $\hat{p}$  für ein Schuldnersegment gemäß der folgenden Gleichung.  $D_t$  bezeichnet an dieser Stelle die Anzahl der Kreditausfälle im Jahr t und  $N_t$  sei die gesamte Anzahl der jeweils betrachteten Schuldner.

$$\hat{p} = \frac{\sum_{t=1}^T D_t}{\sum_{t=1}^T N_t} \quad (4-36)$$

Für die empirische Schätzung der Ausfallkorrelation muss neben der erwarteten Ausfallwahrscheinlichkeit ergänzend die mittlere gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit aus der empirischen Zeitreihe bestimmt werden. Die mittlere gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit  $\hat{p}_{x,y}$  ergibt sich aus dem Quotienten sämtlicher ausgefallener Kreditnehmerpaare und der Gesamtanzahl aller möglichen Kreditnehmerpaare.<sup>940</sup>

<sup>938</sup> Siehe Lucas (1995).

<sup>939</sup> Vgl. auch im Folgenden Niethen (2001), S. 53.

<sup>940</sup> Vgl. Lucas (1995), S. 80, sowie Servigny/Renault (2003), S. 90.

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \frac{\sum_{t=1}^T D_t \cdot (D_t - 1) / 2}{\sum_{t=1}^T N_t \cdot (N_t - 1) / 2} \quad (4-37)$$

Durch die Kenntnis der gemeinsamen und der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten lässt sich nun die empirische Ausfallkorrelation  $\hat{\rho}$  bezogen auf eine historische Ausfallzeitreihe berechnen. Durch die Annahme identischer Ausfallwahrscheinlichkeiten kann die allgemeine Gleichung (4-32) zur Berechnung der Ausfallkorrelation folgendermaßen vereinfacht werden.

$$\hat{\rho} = \frac{\hat{\rho}_{X,Y} - \hat{\rho}^2}{\hat{\rho} \cdot (\hat{\rho} - 1)} \quad (4-38)$$

Dieser Ansatz zur empirischen Schätzung der Korrelationen ist besonders durch seine einfache Anwendbarkeit charakterisiert. Allerdings weist das Verfahren auch einige Schwachstellen auf, die einen Einsatz in der Praxis fraglich erscheinen lassen. Ein wesentliches Problem besteht darin, dass die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten grundsätzlich von der Segmentierung der Schuldner abhängig sind. Bei einer Aufteilung nach Branchen kann daher beispielsweise bezweifelt werden, dass alle Kreditnehmer in Bezug auf ihre Bonität als homogen angesehen werden können. Des Weiteren erscheint die Annahme einer einheitlichen gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit innerhalb eines (Teil-)Portfolios als wenig realitätsnah. Als weitere Schwachstelle kann zudem die unzureichende Datenbasis angesehen werden. In der Praxis verfügen die historischen Ausfallzeitreihen nur über relativ wenige Beobachtungspunkte, so dass vor allem der Schätzer für die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Kreditnehmerpaaren mit großen möglichen Schätzfehlern versehen ist.<sup>941</sup> Aus diesen Gründen eignet sich dieses Verfahren nicht für einen praktischen Einsatz, so dass komplexere Methoden und Modelle zur Berücksichtigung bzw. Schätzung von Ausfallkorrelationen herangezogen werden müssen.

#### 4.4.2.3 Strukturelle Ansätze

Eine Kategorie dieser komplexeren Verfahren stellen die strukturellen Ansätze dar. Analog zu den firmenwertbasierten Kreditrisikomodellen unterliegt auch den strukturellen Ansätzen der Korrelationschätzung die grundlegende Annahme, dass ein Kredit als Kombination einer Put-Option und einer risikofreien Anleihe in Höhe des vertraglich vereinbarten Kreditbetrages modelliert und bewertet werden kann.<sup>942</sup> Allerdings steht bei der Korrelationsbetrachtung nicht die Bewertung sondern die Abbildung der gemeinsamen Ausfälle im Vordergrund. Der Wert der Aktiva (Assets) der Schuldner stellt bei diesen Ansätzen das Underlying für die Put-Option dar. Für die Korrelationsbestimmung ist daher grundsätzlich die Wertentwicklung der Assets von Interesse, die annahmegemäß einer geometrisch Brownschen Bewegung folgt. Unter den getroffenen Annahmen tritt ein Kreditausfall dann ein, wenn der Unterneh-

<sup>941</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 54 f.

<sup>942</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 26.

menenswert (Wert der Assets) unter eine bestimmte Ausfallschranke fällt. In der Regel entspricht die Ausfallschranke dem vertraglich festgelegten Rückzahlungsbetrag des Kredites.<sup>943</sup>

Für die Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Kreditnehmern eines Portfolios müssen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der gemeinsamen Unternehmenswertentwicklungen (bzw. die gemeinsame Entwicklung der Unternehmenswertrenditen) bestimmt werden. Um diese Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu ermitteln, muss daher für jeweils zwei Schuldner des Kreditportfolios eine Korrelation der Unternehmenswerte (Assetkorrelation)  $\rho_A$  spezifiziert werden. Prinzipiell ist durch die Spezifizierung der Assetkorrelation die Kreditausfallverteilung für ein Portfolio vollständig festgelegt. Nach der Bestimmung der Assetkorrelation kann in einem weiteren Schritt die Ausfallkorrelation berechnet werden. Allerdings muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass die Ausfallkorrelation nicht alleine durch die Wahl der Assetkorrelation determiniert wird, sondern zusätzlich von der Definition der Ausfallschranke abhängt. In der Literatur und Praxis existieren verschiedene firmenwertbasierte Kreditrisikomodelle, die sich teilweise in der Definition ihrer Ausfallschranken unterscheiden. Diese Divergenz hat zur Folge, dass identische Assetkorrelationen zu unterschiedlichen Ausfallkorrelationen führen können. Ein Großteil der in der Praxis eingesetzten Modelle verwendet die Annahme, dass ein Kreditausfall nur zu einem exogen vorgegebenen Zeitpunkt auftreten kann. Vereinheitlicht man bei diesen Modellen die Eingangsparameter, so resultieren abschließend aus identischen Assetkorrelationen auch identische Ausfallkorrelationen. Wird die Ausfallschranke jedoch beispielsweise so definiert, dass zu jeder Zeit in einem Betrachtungszeitraum ein Kreditausfall auftreten kann, so ergeben sich im Vergleich zu den Modellen mit einem exogen vorgegebenen Ausfallzeitpunkt verschiedene Ausfallkorrelationen.<sup>944</sup>

In den folgenden Abschnitten wird zunächst das Grundprinzip für die Berücksichtigung von Korrelationen am Beispiel von zwei möglichen Modellkategorien erläutert. Der Abschnitt 4.4.2.3.1 befasst sich dabei mit einem Modell, bei dem konstante Ausfallschranken und ein exogen vorgegebener Ausfallzeitpunkt angenommen werden. Im darauf folgenden Abschnitt 4.4.2.3.2 wird die Betrachtung des ersten Modells erweitert, indem nun nicht nur ein exogen vorgegebener, sondern endlich viele Ausfallzeitpunkte berücksichtigt werden. Im Anschluss an diese Darstellung des prinzipiellen Vorgehens bei den strukturellen Ansätzen werden exemplarisch zwei mögliche Simulationsverfahren aufgezeigt, mit denen korrelierte Ausfallverteilungen bei diesen Modellkategorien generiert werden können (Abschnitt 4.4.2.3.3). Zur Vervollständigung wird im darauf folgenden Abschnitt 4.4.2.3.4 erläutert, wie die für die beiden Simulationsverfahren benötigten Inputparameter geschätzt werden können. Im abschließenden Abschnitt 4.4.2.3.5 wird am Beispiel des praxisrelevanten Modells CreditMetrics<sup>TM</sup> erläutert, wie die bisherigen Betrachtungen um die Berücksichtigung von Korrelationen zwischen Bonitätsveränderungen erweitert werden können.

<sup>943</sup> Vgl. Overbeck/Stahl (2003), S. 58, sowie Jarrow/Protter (2006), S. 121.

<sup>944</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 26 f.

#### 4.4.2.3.1 Modell mit konstanter Ausfallschranke und exogen vorgegebenem Ausfallzeitpunkt

Bei diesem Ansatz wird von der Annahme ausgegangen, dass ein Unternehmen ausfällt, wenn sein Unternehmenswert zu einem bestimmten Zeitpunkt  $T$  unter den Wert einer konstanten Ausfallschranke sinkt.<sup>945</sup> Für den Zeitpunkt  $T$  wird entweder das Laufzeitende oder ein vorher spezifizierter Risikohorizont festgelegt. Die Ausfallschranke wird in den meisten Fällen durch den Wert der Verbindlichkeiten vorgegeben, es sind jedoch auch Verlustschränken möglich, die sich beispielsweise aus der Summe der gesamten kurzfristigen und einem Teil (z. B. 50%) der langfristigen Verbindlichkeiten ergeben.

Bei der Approximation der gemeinsamen Unternehmenswertentwicklung über die gemeinsame Entwicklung der Aktivarenditen wird die Annahme unterstellt, dass die Aktivarenditen zum Zeitpunkt  $T$  normalverteilt sind und einen Mittelwert von Null und eine Standardabweichung von Eins aufweisen.<sup>946</sup>

Bei der Betrachtung der Assetrenditen tritt somit ein Ausfall eines Unternehmens ein, wenn die Rendite unter den Wert der standardisierten Ausfallschranke ( $AS$ ) sinkt. Unter der getroffenen Annahme, dass die Ausfallschranke konstant festgelegt ist und ein Ausfall nur zum Zeitpunkt  $T$  auftreten kann, ist es ausreichend zu spezifizieren, wie die Aktivarenditen voneinander abhängig sind, um anschließend auf die Ausfallkorrelationen schließen zu können. Für börsennotierte Unternehmen können die Assetkorrelationen anhand empirischer Daten geschätzt werden, wobei an dieser Stelle die Korrelation der Aktivarenditen häufig durch die Korrelationen der Aktienrenditen approximiert werden. Diese Approximation kann jedoch ausschließlich für börsennotierte Unternehmen angewendet werden. Für nicht dotierte Unternehmen werden entweder Aktienrenditekorrelationen von vergleichbaren Unternehmen verwendet, oder deren Korrelationen werden behelfsweise über Aktienindizes ermittelt.

Nachdem für zwei Unternehmen die gemeinsame Unternehmenswertentwicklung durch eine Assetkorrelation  $\rho_A$  geschätzt bzw. abgebildet wurde, kann die gemeinsame Verteilung der Aktivarenditen zum Zeitpunkt  $T$  durch eine zweidimensionale Normalverteilung dargestellt werden. Bei dieser zweidimensionalen Verteilung entspricht somit die Wahrscheinlichkeit für einen gemeinsamen Ausfall der beiden Unternehmen dem Volumen unter der Dichtefunktion für den Wertebereich  $[-\infty, AS_X] \times [-\infty, AS_Y]$ , wobei  $AS_X$  und  $AS_Y$  die beiden standardisierten Ausfallschranken der beiden Unternehmen  $X$  und  $Y$  bezeichnen. Die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit der beiden Schuldner kann nun anhand der Asset-(rendite)korrelation  $\rho_A$  und den Renditen  $RD_X$  und  $RD_Y$  der beiden Unternehmen gemäß Gleichung (4-39) berechnet werden.<sup>947</sup>

<sup>945</sup> Eine Unterschreitung des Wertes der Verbindlichkeiten durch den Unternehmenswert ist zwar auch zu Zeitpunkten von  $t < T$  möglich, allerdings wird dadurch modellgemäß noch kein Ausfall des Unternehmens ausgelöst.

<sup>946</sup> Vgl. auch im Folgenden Niethen (2001), S. 36-40.

<sup>947</sup> Vgl. Hahnenstein (2004), S. 360, sowie Huschens (2004b), S. 179.

$$PD_{X,Y} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_A^2}} \cdot \int_{-\infty}^{AS_X} \int_{-\infty}^{AS_Y} \exp\left(-\frac{1}{2 \cdot (1-\rho_A^2)} \cdot (RD_X^2 - 2\rho_A \cdot RD_X \cdot RD_Y + RD_Y^2)\right) dRD_X dRD_Y \quad (4-39)$$

Die folgende Abbildung zeigt die gemeinsame Verteilung der möglichen Assetrenditen ( $RD_X$  und  $RD_Y$ ) zweier Kreditnehmer in Form einer bivariaten Normalverteilung (Integrand in Gleichung (4-39)) bei einer unterstellten Assetkorrelation ( $\rho_A$ ) von 0,6.

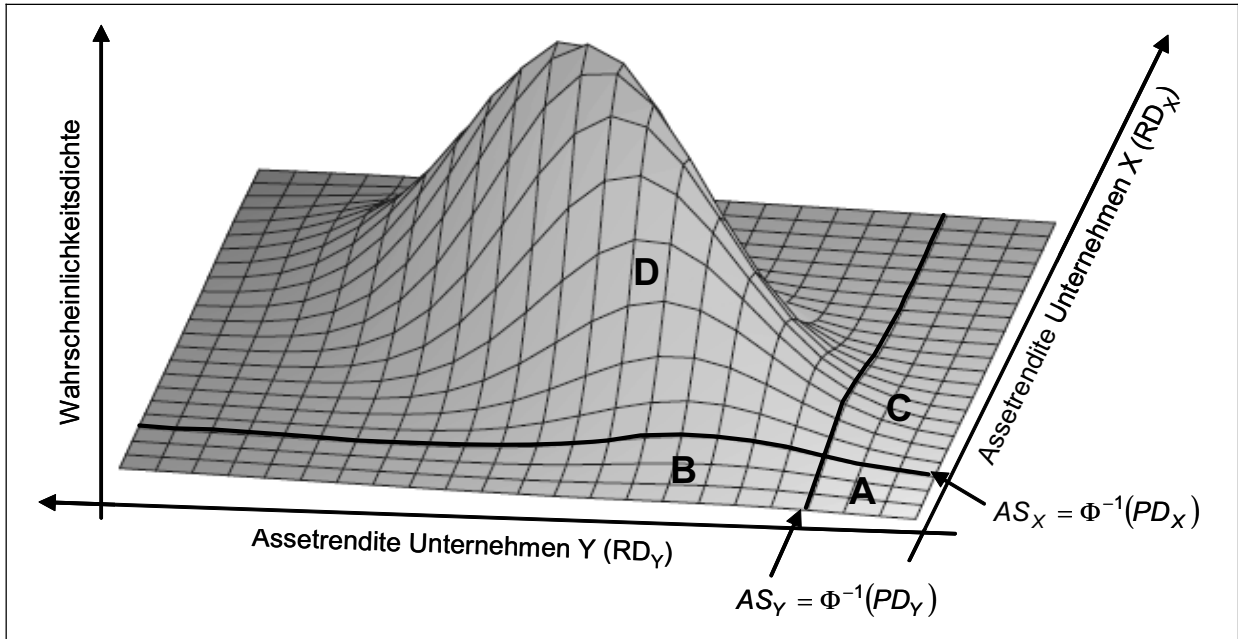


Abbildung 4.4-2: Bivariate Normalverteilung der Assetrenditen

Während der mit A gekennzeichnete Bereich der bivariaten Normalverteilung die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit der beiden Kreditnehmer symbolisiert, gibt der Bereich D die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass beide Schuldner solvent bleiben. Die beiden übrigen Bereiche B und C zeigen dementsprechend den Ausfall jeweils eines einzelnen Kreditnehmers an (B für Ausfall von Unternehmen X und C für den Ausfall von Unternehmen Y).<sup>948</sup>  $AS_X$  und  $AS_Y$  stellen dabei die beiden Ausfallsschranken der Unternehmen dar, die sich aus den individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten durch die Inverse der Standardnormalverteilung ergeben.<sup>949</sup>

$$AS_i = \Phi^{-1}(PD_i) \quad (4-40)$$

<sup>948</sup> Vgl. Oehler/Unser (2002), S. 304.

<sup>949</sup> Vgl. Felsenheimer/Gisdakis/Zaiser (2006), S. 285, sowie Wehrspohn (2002a), S. 104.



Durch die Bestimmung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit kann im nächsten Schritt unter Beachtung der Gleichung (4-32) die Ausfallkorrelation der beiden Unternehmen bestimmt werden. Unter der Annahme, dass

$$PD_i = \Phi(AS_i) = \text{Ausfallwahrscheinlichkeit von Unternehmen } i \quad (4-41)$$

gilt, berechnet sich die Ausfallkorrelation gemäß Gleichung (4-32), wobei  $PD_{X,Y}$  aus Gleichung (4-39) resultiert.<sup>950</sup> Die Ausfallkorrelationen werden in diesem Fall somit indirekt aus den Assetrenditen abgeleitet.

Diese Betrachtung von zwei Unternehmen kann theoretisch relativ einfach auf ein Portfolio von N Schuldern übertragen werden, da die N-dimensionale Normalverteilung vollständig spezifiziert ist, insofern die Korrelationsmatrix der paarweisen Assetkorrelationen sowie die Ausfallschranken der einzelnen Kreditnehmer bekannt sind.<sup>951</sup> Liegen diese Parameter vor, so ist auch die korrelierte Ausfallverteilung des gesamten Portfolios vollständig beschrieben.<sup>952</sup> Für die Erweiterung des aufgezeigten Konzeptes auf ein Portfolio mit N Unternehmen müssen in einem ersten Schritt der N-dimensionale Vektor der Ausfallschranken ( $AS = (AS_i)$  für  $i = 1, \dots, N$ ) sowie die symmetrische Korrelationsmatrix der Unternehmenswertrenditen ( $AM = (\rho_{ij}^A)$  für  $i, j = 1, \dots, N$ ) bestimmt werden. Aufgrund der Symmetrie der Korrelationsmatrix sind daher  $N \cdot (N-1)/2$  Werte zu bestimmen.

Die Verteilung der Kreditausfälle in einem Portfolio mit N Kreditnehmern kann dadurch ermittelt werden, dass für k Ausfälle ( $k = 0, \dots, N$ ) die entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet werden.

Insgesamt ergeben sich in dem Portfolio  $\binom{N}{k} = \frac{N!}{(N-k)! \cdot k!}$  mögliche Kombinationen von k Kreditausfällen,

so dass die Eintrittswahrscheinlichkeit von k Ausfällen der Summe der Wahrscheinlichkeiten dieser Kombinationen entspricht. Die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Anzahl von Kreditnerausfällen kann dabei grundsätzlich durch die N-dimensionale Normalverteilungsfunktion unter Berücksichtigung der Matrix der Assetkorrelationen (AM) und den jeweiligen Ausfallschranken beschrieben werden, wobei  $\Phi_A()$  die kumulative Normalverteilungsfunktion und  $RD_i$  die Aktivrendite des jeweiligen Kreditnehmers bezeichnet.

$$\Phi_A(RD_1 \leq AS_1, \dots, RD_k \leq AS_k \mid RD_{k+1} > AS_{k+1}, \dots, RD_N > AS_N) \quad (4-42)$$

<sup>950</sup> An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Umrechnung der Assetkorrelationen in Ausfallkorrelationen zu einer signifikanten Verringerung des Korrelationskoeffizienten führt. Assetkorrelationen im Bereich von 40% bis 60% ergeben häufig Ausfallkorrelationen in einem Bereich zwischen 2% und 4%. Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 91.

<sup>951</sup> Bei vorgegebenen Ausfallschranken können die Assetkorrelationen wie oben beschrieben anhand der Gleichungen (4-39) und (4-32) in Ausfallkorrelationen umgerechnet werden. Vgl. Niethen (2001), S. 39.

<sup>952</sup> Die Korrelationsmatrix sowie die Ausfallschranken können jedoch in Abhängigkeit von der Methode zur Bestimmung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten von unterschiedlichen Inputparametern abhängen. Während bei einem ratingbasierten Ansatz zur Ausfallwahrscheinlichkeitsbestimmung die Ausfallschranke z. B. von der Ratingklasse abhängt, ist bei klassischen firmenwert- bzw. optionspreisbasierten Ansätzen eher die Kapitalstruktur sowie die Volatilität der Assetrenditen für die Bestimmung der Ausfallschranke ausschlaggebend. Vgl. Niethen (2001), S. 39.

Gleichung (4-42) verdeutlicht dabei das allgemeine Beispiel des Ausfalles der ersten  $k$  Unternehmen, bei dem die Aktivrenditen der ersten  $k$  Kreditnehmer kleiner oder gleich und die Renditen der anderen Kreditnehmer größer als die festgelegte Ausfallschranke sind.

Als Problempunkt muss an dieser Stelle jedoch festgehalten werden, dass die multivariate Normalverteilungsfunktion nur asymptotisch bestimmt werden kann und zudem die Anzahl der Kombinationen von  $k$  Ausfällen bei wachsender Portfoliogröße stark ansteigt, so dass eine Ausfallverteilung bereits bei kleinen Portfolios analytisch kaum mehr berechnet werden kann und somit ein Simulationsverfahren zur Generierung der Ausfallverteilung verwendet werden muss.<sup>953</sup>

#### 4.4.2.3.2 Modell konstanter Ausfallschranke und endlich vielen Ausfallzeitpunkten

Bei diesem Ansatz wird die vereinfachte Annahme des Grundmodells firmenwertbasierter Ansätze, dass ein Ausfall nur zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgen kann, abgelegt, indem nun innerhalb eines Betrachtungszeitraumes Ausfälle zu verschiedenen Zeitpunkten auftreten können. Um hierbei grundsätzliche Aussagen zur Bestimmung der Ausfallkorrelationen machen zu können, wird zunächst die Grundidee dieser Ansätze erläutert, die eine Betrachtung verschiedener Ausfallzeitpunkte überhaupt ermöglicht.

Diese grundsätzliche Erweiterung des auf MERTON<sup>954</sup> zurückgehenden Grundmodells firmenwertbasierter Kreditrisikomodelle wurde bereits 1977 von GESKE<sup>955</sup> vorgenommen. Im Gegensatz zum Modell von MERTON wird das Fremdkapital eines Unternehmens bei GESKE nicht durch einen risikofreien Zerobond, sondern durch eine risikofreie Kuponanleihe im Modell abgebildet, was dazu führt, dass vor dem Laufzeitende der Verbindlichkeiten Kuponzahlungen berücksichtigt werden müssen.<sup>956</sup> Die Kuponzahlungen werden von den Unternehmenseigentümern durch zusätzliches Eigenkapital geleistet, wobei von der Annahme ausgegangen wird, dass dieses zusätzliche Eigenkapital aus einer Kapitalerhöhung in Höhe des Kupons zum Fälligkeitszeitpunkt des Kupons resultiert.<sup>957</sup>

Die Ausfallwahrscheinlichkeiten, die sich durch die Erweiterung des Ansatzes ergeben, unterscheiden sich von denen, die aus den Modellen mit unterstelltem und festgelegtem Ausfallzeitpunkt resultieren. Der Grund hierfür besteht darin, dass die Anleihe aufgrund der Berücksichtigung von Kuponzahlungen nun als zusammengesetzte Option abgebildet wird. Bei einem Kredit mit einer Kuponzahlung zum Zeitpunkt  $t$  und einer Kapitalrückzahlung zum Zeitpunkt  $T$  kann der Wert des Eigenkapitals  $MA_t$  zum Zeitpunkt  $t$  als (europäische) Call-Option  $C_t^E$  auf den Unternehmenswert  $V$  mit dem Rückzahlungsbetrag  $R_T$  als Basispreis gemäß Gleichung (4-43) modelliert werden. Der Zeitpunkt  $t$  impliziert dabei, dass die Kuponzahlung bereits erfolgt ist.

<sup>953</sup> Für eine Darstellung von Simulationsverfahren zur Generierung von korrelierten Ausfallverteilungen siehe Abschnitt 4.4.2.3.3.

<sup>954</sup> Siehe Merton (1974).

<sup>955</sup> Siehe Geske (1977).

<sup>956</sup> Vgl. auch im Folgenden Niethen (2001), S. 48 f.

<sup>957</sup> In diesem Punkt kann auch der grundlegende Unterschied zum Modell von MERTON gesehen werden, da ansonsten die weiteren Annahmen des Grundmodells auch im Modell von GESKE bestehen bleiben.

$$MA_t = C_t^E(V_t, R_T) \quad (4-43)$$

Die Unternehmenseigentümer und Kreditnehmer werden daher direkt vor dem Fälligkeitstermin  $t$  entscheiden, ob sie die Kuponzahlung  $A$  mithilfe einer Kapitalerhöhung leisten, oder ob das Unternehmen Konkurs geht. Die Eigentümer werden i. d. R. die Zinsen des Kupons auszahlen, insofern der Betrag der Kuponzahlung  $A$  geringer ist als der Wert der Call-Option. Zu diesem infinitesimalen Zeitraum vor dem Fälligkeitstermin der Kuponzahlung ( $t_{inf}$ ) ergibt sich somit der Wert des Eigenkapitals aus dem Maximum der Differenz von Optionswert und Auszahlungsbetrag ( $A$ ) für den Kupon und Null.

$$MA_{t_{inf}} = \max(C_t^E(V_t, R_T) - A; 0) \quad (4-44)$$

Diese Betrachtung impliziert somit, dass der Kreditnehmer zum Zeitpunkt der Kuponfälligkeit die Wahl hat, durch die Kuponzahlung eine Folge-Call-Option auf das Unternehmen (Basispreis =  $R$ ) zu kaufen oder alternativ das Unternehmen an die Gläubiger zu übergeben. In Abhängigkeit der Fälligkeitstermine der Kuponzahlungen können somit Kreditausfälle zu endlich vielen Zeitpunkten erfolgen, wobei der Ausfall annahmegemäß nur zum Fälligkeitstermin der Zinszahlungen auftreten kann.

Analog zu den Ausführungen in Abschnitt 4.4.2.3.1 können auch bei diesem Ansatz die Abhängigkeiten der Kreditnehmerausfälle durch die gemeinsame Entwicklung der Unternehmenswerte bzw. Assetrenditen abgebildet werden. Im Gegensatz zu den Ansätzen mit festgelegtem Ausfallzeitpunkt, können die Ausfallkorrelationen jedoch nicht gemäß den Gleichungen (4-39) und (4-32) bestimmt werden, sondern müssen über ein Simulationsverfahren ermittelt werden. Aufgrund der Abhängigkeit der Ausfallkorrelationen von der Höhe und den Zeitpunkten der jeweiligen Kuponzahlungen ergeben sich bei diesem Ansatz im Vergleich zu dem Ansatz aus Abschnitt 4.4.2.3.1 verschiedene Ausfallkorrelationen, selbst wenn von identischen Assetkorrelationen ausgegangen wird. Dieser Sachverhalt verdeutlicht noch einmal, dass es bei den strukturellen Ansätzen zur Schätzung der Ausfallkorrelationen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann, wenn die Definition des Ausfallereignisses bzw. der Ausfallschranke Unterschiede aufweist.

#### 4.4.2.3.3 Simulationsverfahren zur Bestimmung der korrelierten Ausfallverteilung

In der Praxis dominieren die Modelle, die einen potenziellen Kreditausfall nur zu einem exogen vorgegebenen Zeitpunkt betrachten. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher primär auf den Modellansatz aus Abschnitt 4.4.2.3.1.

Wie bereits erläutert wurde, sind bei der Modellkategorie mit konstanter Ausfallschranke und exogen vorgegebenem Ausfallzeitpunkt sowohl die Ausfallverteilung als auch die Ausfallkorrelationen durch die Assetkorrelationen und die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten bzw. Ausfallschranken eindeutig bestimmbar.<sup>958</sup> Im folgenden Abschnitt werden zwei Simulationsverfahren erläutert, anhand derer die paarweisen Assetkorrelationen für alle Kreditnehmer eines Portfolios festgelegt werden können.

<sup>958</sup> Vgl. Hahnenstein (2004), S. 361.

### Verfahren 1: Monte-Carlo-Simulation auf Basis einer direkten Korrelationsmatrix

Zur Durchführung einer Monte-Carlo-Simulation auf Basis einer direkten Korrelationsmatrix müssen zunächst die Ausfallsschranken für alle Kreditnehmer und die paarweisen Assetkorrelationen bestimmt werden, so dass der Vektor der Ausfallsschranken (AS) und die Assetkorrelationsmatrix (AM) als Inputparameter verwendet werden können. Die eigentliche Simulation erfolgt dann anschließend in drei Schritten.<sup>959</sup> In einem ersten Schritt wird die Korrelationsmatrix AM quadratisch zerlegt, wobei eine Cholesky-Zerlegung vorgenommen werden kann, insofern AM positiv definit ist.<sup>960</sup> Für diesen Fall entspricht CM der Cholesky-Dreiecksmatrix und  $CM^T$  der transponierten Matrix von CM, so dass gilt:

$$AM = CM \cdot CM^T \quad (4-45)$$

Die so genannte Cholesky-Gleichung (4-45) besagt nichts anderes, als dass die Multiplikation der Dreiecksmatrix CM mit ihrer Transponierten wieder die Korrelationsmatrix ergeben muss. Da AM als Inputparameter als bekannt vorausgesetzt wird, kann das aus der Gleichung entstehende Gleichungssystem rekursiv gelöst werden, so dass die Elemente der beiden Matrizen CM und  $CM^T$  eindeutig bestimmt werden können.<sup>961</sup>

Um die Cholesky-Zerlegung durchzuführen, wird in einem ersten Schritt die Cholesky-Dreiecksmatrix aufgestellt.<sup>962</sup> Für den Fall von zwei Zufallszahlen ergibt sich eine 2x2-Matrix der folgenden Form, wobei die erste Zahl des tiefgestellten Indexes die Zeile und die zweite Zahl die Spalte, an der sich das entsprechende Element in der Matrix befindet, bezeichnet.

$$CM = \begin{pmatrix} CM_{11} & 0 \\ CM_{21} & CM_{22} \end{pmatrix} \quad (4-46)$$

Des Weiteren wird für die Cholesky-Zerlegung die transponierte Matrix ( $CM^T$ ) von CM benötigt, die sich durch Umschreiben der Zeilen in Spalten ergibt.

$$CM^T = \begin{pmatrix} CM_{11} & CM_{21} \\ 0 & CM_{22} \end{pmatrix} \quad (4-47)$$

Gemäß Gleichung (4-45) ergibt die Multiplikation der Cholesky-Dreiecksmatrix mit ihrer Transponierten wieder die Korrelationsmatrix AM. Daher wird in einem weiteren Schritt zunächst eine Multiplikation der beiden Cholesky-Matrizen vorgenommen.

$$CM \cdot CM^T = \begin{pmatrix} CM_{11} & 0 \\ CM_{21} & CM_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} CM_{11} & CM_{21} \\ 0 & CM_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} CM_{11}^2 & CM_{11} \cdot CM_{21} \\ CM_{11} \cdot CM_{21} & CM_{21}^2 + CM_{22}^2 \end{pmatrix} \quad (4-48)$$

<sup>959</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 40.

<sup>960</sup> Für eine Zerlegung der Korrelationsmatrix für den Fall, dass AM nur positiv semi-definit ist siehe J.P. Morgan / Reuters (1996), S. 253-255.

<sup>961</sup> Vgl. auch im Folgenden Wiedemann (2004), S. 190, sowie Rudolf (2000), S. 382 f.

<sup>962</sup> Eine untere (obere) Dreiecksmatrix ist dadurch charakterisiert, dass alle Elemente oberhalb (unterhalb) der Diagonalen den Wert Null annehmen.

Diese Matrix wird nun mit der Korrelationsmatrix gleichgesetzt.

$$\begin{pmatrix} AM_{11} & AM_{12} \\ AM_{21} & AM_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} CM_{11}^2 & CM_{11} \cdot CM_{21} \\ CM_{11} \cdot CM_{21} & CM_{21}^2 + CM_{22}^2 \end{pmatrix} \quad (4-49)$$

Aus Gleichung (4-49) kann nun das erwähnte Gleichungssystem erstellt werden, das in einem weiteren Schritt rekursiv gelöst werden kann. Jedes Element der Korrelationsmatrix wird dabei mit dem entsprechenden Element der Cholesky-Matrix gleichgesetzt.

$$\begin{aligned} AM_{11} &= CM_{11}^2 \Rightarrow CM_{11} = \sqrt{AM_{11}} \\ AM_{21} &= CM_{11} \cdot CM_{21} \Rightarrow CM_{21} = \frac{AM_{21}}{CM_{11}} = \frac{AM_{21}}{\sqrt{AM_{11}}} \\ AM_{22} &= CM_{21}^2 + CM_{22}^2 \Rightarrow CM_{22} = \sqrt{AM_{22} - CM_{21}^2} = \sqrt{AM_{22} - \frac{AM_{21}^2}{AM_{11}}} \end{aligned} \quad (4-50)$$

Da die Elemente der Korrelationsmatrix als bekannt angenommen werden, können die Werte für die Cholesky-Dreiecksmatrix sowie ihrer Transponierten nun durch das Gleichungssystem eindeutig bestimmt werden. Diese Werte werden im weiteren Verlauf des Simulationsverfahrens benötigt.

Im zweiten Schritt der Simulation werden nun in jedem Simulationslauf entsprechend der Anzahl der Kreditnehmer im Portfolio  $N$  standardnormalverteilte, stochastisch unabhängige Variablen (in diesem Fall Assetrenditen) gezogen und bilden somit einen Vektor von stochastisch unabhängigen Renditen ( $RD^{unkorr}$ ). Die Normalverteilung resultiert hierbei aus der den strukturellen bzw. firmenwertbasierten Ansätzen zugrunde liegenden Annahme, dass die Unternehmenswerte log-normalverteilt sind, so dass für die Renditen eine Normalverteilung unterstellt werden kann.<sup>963</sup> Zur Berücksichtigung der Korrelationen zwischen den Renditen wird nun der Vektor der unkorrelierten Renditen mit der transponierten Cholesky-Matrix multipliziert, so dass sich ein Renditevektor ( $RD^{korr}$ ) ergibt, der eine multivariate Normalverteilung zur Korrelationsmatrix  $AM$  aufweist.<sup>964</sup>

$$RD^{korr} = CM^T \cdot RD^{unkorr} \quad (4-51)$$

Im dritten und letzten Schritt der Monte-Carlo-Simulation werden nun die korrelierten Renditen der Kreditnehmer mit ihren individuellen Ausfallschranken ( $AS_i$ ) verglichen, um auf einen Ausfall bzw. Nicht-Ausfall zu schließen.

Falls  $RD_i^{korr} \leq AS_i$ : Ausfall von Kreditnehmer  $i$ .

Falls  $RD_i^{korr} > AS_i$ : kein Ausfall von Kreditnehmer  $i$ .

Für jeden Simulationslauf ergibt sich somit die Anzahl der Ausfälle durch die Anzahl der Kreditnehmer, deren Rendite die individuelle Ausfallschranke im Simulationslauf unterschritten hat. Durch eine

<sup>963</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 161, sowie Lipponer (2000), S. 45.

<sup>964</sup> Vgl. J.P. Morgan / Reuters (1996), S. 253.

Vielzahl von Simulationsläufen kann auf diese Weise eine Häufigkeitsverteilung der korrelierten Ausfälle generiert werden.<sup>965</sup>

### **Verfahren 2: Monte-Carlo-Simulation auf Basis eines Faktormodells**

Bei dem vorangegangenen Verfahren der Monte-Carlo-Simulation wurde eine direkte Korrelationsmatrix der Assetrenditen verwendet, deren Kenntnis vorausgesetzt wurde. Bei diesem Verfahren stellt sich jedoch die Problematik, dass für  $N$  Kreditnehmer ( $N \cdot (N-1)/2$ ) paarweise Assetkorrelationen geschätzt werden müssen. Schon bei geringer Größe von  $N$  führt dies zu einer hohen Anzahl zu schätzender Korrelationspaare, die in der praktischen Anwendung aufgrund der ungenügenden Datenlage und der Rechendauer kaum zu bewältigen ist.<sup>966</sup> Aus diesem Grund wird im Folgenden ein Simulationsverfahren erläutert, welches im Vergleich zum ersten Verfahren geringere Anforderungen an die benötigten Daten aufweist und somit die Parameterschätzung vereinfacht, indem die Größe der Korrelationsmatrix signifikant reduziert wird. Die Verringerung der Datenanforderung bzw. Korrelationsmatrix wird an dieser Stelle durch den Einsatz von (Multi-)Faktormodellen erreicht, bei denen die Korrelationen der Assetrenditen indirekt über die Korrelation von vorgegebenen Faktoren modelliert werden.<sup>967</sup> In einem ersten Schritt werden dabei die Korrelationen zwischen den Faktoren bestimmt, über die in einem zweiten Schritt die paarweisen Korrelationen der Assetrenditen der Kreditnehmer abgeleitet werden.

Bei diesem Ansatz wird grundlegend von der Annahme ausgegangen, dass die Aktivarenditen der Kreditnehmer durch gemeinsame (systematische) ( $SF_j$ ) und durch idiosynkratische bzw. unsystematische Faktoren ( $USF_j$ ) erklärt werden können.<sup>968</sup> Des Weiteren wird unterstellt, dass die unsystematischen Faktoren der Unternehmen untereinander und zu den systematischen Faktoren unabhängig sind, so dass die Korrelationen der Assetrenditen ausschließlich durch die Korrelation der systematischen Faktoren erklärt werden. Durch solche Multi-Faktormodelle wird somit die Anzahl der zu bestimmenden Korrelationen auf die paarweisen Korrelationen, die zwischen den systematischen Faktoren bestehen, reduziert.<sup>969</sup>

Zur Festlegung der paarweisen (Assetrendite-)Korrelationen der Unternehmen eines Portfolios werden in diesem Ansatz daher Faktoren  $SF_j$  ( $j = 1, \dots, K$ ) definiert, die das systematische Risiko des Portfolios erklären. Die systematischen Faktoren spiegeln damit das nicht diversifizierbare Risiko wider, während die unsystematischen Faktoren das idiosynkratische Risiko darstellen, welches jedoch durch Diversifikation im Portfolio verringert werden kann. Dieser grundlegende Zusammenhang zwischen den systematischen und unsystematischen Risiken impliziert dabei den Zusammenhang, dass mit steigendem (sinkendem) unsystematischem Risiko die Assetkorrelationen sinken (steigen). Gemäß diesen Ausführungen können daher die Assetrenditen in einen systematischen und einen unsystematischen Anteil

<sup>965</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 41.

<sup>966</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 93, sowie Demey et al. (2004), S. 104.

<sup>967</sup> Vgl. Felsenheimer/Gisdakis/Zaiser (2006), S. 286, sowie Schierenbeck (2003b), S. 215.

<sup>968</sup> Vgl. Overbeck/Stahl (1998), S. 91, sowie Hamerle/Knapp/Wildenauer (2005), S. 6.

<sup>969</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 103, sowie Pesaran et al. (2006), S. 1221.

aufgeteilt werden, wobei die unsystematischen Faktoren als standardnormalverteilt und die systematischen Faktoren als normalverteilt mit Kovarianzmatrix  $\psi$  angenommen werden.<sup>970</sup>

$$RD_i = \sum_{j=1}^K (w_j \cdot SF_j) + w_{K+1} \cdot USF_i \quad \text{wobei} \quad \sum_{j=1}^K w_j = \sqrt{1 - w_{K+1}^2} \quad (4-52)$$

mit

$K$  = Anzahl der systematischen Faktoren

$RD_i$  = Assetrendite des Kreditnehmers  $i$

$SF_j$  = systematische Faktoren (für  $j = 1, \dots, K$ )

$w$  = Gewichtungsfaktoren, die aufzeigen, inwieweit sich die Assetrendite des Unternehmens durch eine bestimmte Veränderung der systematischen bzw. unsystematischen Faktoren erklären lässt

$USF_i$  = systematischer bzw. firmenspezifischer Risikofaktor des Kreditnehmer  $i$

Für eine praktikable Anwendung der Gleichung (4-52) muss diese zunächst in ein standardisiertes Simulationsverfahren<sup>971</sup> überführt werden, wobei standardisiert an dieser Stelle bedeutet, dass sowohl für die Assetrenditen der Unternehmen als auch für die Renditen der Faktoren eine Standardnormalverteilung mit einem Erwartungswert von Null und einer Standardabweichung von Eins unterstellt werden kann.<sup>972</sup> Im Folgenden werden daher die grundlegenden Zusammenhänge aufgezeigt, um ein solch standardisiertes Verfahren zu erreichen. In einem ersten Schritt muss die allgemeine Bestimmungsgleichung für die Standardabweichung der Assetrendite hergeleitet werden, die es anschließend zu standardisieren gilt.

Zunächst sei hierfür festgelegt, dass die Standardabweichung des gesamten systematischen Anteils der Assetrenditen mit  $\sigma_{\text{sys}}$  bezeichnet und der Anteil der Volatilität der Assetrendite ( $\sigma_{\text{RD}}$ ), der durch  $\sigma_{\text{sys}}$  erklärt werden kann, mit  $\beta$  gekennzeichnet wird. Die beiden folgenden Gleichungen zeigen die unterstellten Zusammenhänge zwischen diesen Größen, wobei  $\rho_{j,l}^{\text{SF}}$  den Korrelationskoeffizienten,  $\sigma_j$  bzw.  $\sigma_l$  die Standardabweichung und  $w_j$  bzw.  $w_l$  die Gewichtung der jeweiligen systematischen Faktoren  $j$  und  $l$  bezeichnen.

<sup>970</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 41; Hahnenstein (2004), S. 362, Tchistiakov/Smet/Hoogbruin (2004), S. 81 f.; Demey et al. (2004), S. 105, sowie Hamerle/Liebig/Rösch (2003), S. 77.

<sup>971</sup> Die Verwendung eines standardisierten Verfahrens im Vergleich zur direkten Verwendung von Gleichung (4-52) weist dabei den Vorteil auf, dass nun alle Parameter als standardnormalverteilt angenommen werden. Auf diese Weise vereinfacht sich das Verfahren, ohne dass ein Informationsverlust auftritt. Vgl. Niethen (2001), S. 42.

<sup>972</sup> Vgl. auch im Folgenden Niethen (2001), S. 42-44, Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 98-101, sowie Ong (2000), S. 147 f.

$$\sigma_{\text{sys}} = \sqrt{\sum_{j=1}^K w_j^2 \cdot \sigma_j^2 + 2 \cdot \sum_{\substack{j,l=1 \\ j \neq l}}^K \rho_{j,l}^{\text{SF}} \cdot w_j \cdot w_l \cdot \sigma_j \cdot \sigma_l} \quad (4-53)$$

$$\sigma_{\text{sys}} = \beta \cdot \sigma_{\text{RD}} \quad (4-54)$$

Einleitend wurde bereits aufgezeigt, dass diesem Verfahren die Annahme zugrunde liegt, dass der systematische und der unsystematische Anteil der Assetrenditen unabhängig voneinander sind, so dass die Varianz der Assetrendite ( $\sigma_{\text{RD}}^2$ ) der Summe der einzelnen Varianzen entspricht.

$$\sigma_{\text{RD}}^2 = \sigma_{\text{sys}}^2 + \sigma_{\text{unsys}}^2 \quad (4-55)$$

Aufgrund der angenommenen Standardnormalverteilung der unsystematischen Faktoren entspricht die Gewichtung  $w_{K+1}$  aus Gleichung (4-52) der Standardabweichung des unsystematischen Anteils, so dass sich aus Gleichung (4-55) auch der folgende Zusammenhang ergibt.

$$\sigma_{\text{RD}}^2 = \sigma_{\text{sys}}^2 + w_{K+1}^2 \quad (4-56)$$

Durch Einsetzen der Beziehung aus Gleichung (4-53) ergibt sich die folgende formale Darstellung der Varianz der Assetrendite.

$$\sigma_{\text{RD}}^2 = \left( \sum_{j=1}^K w_j^2 \cdot \sigma_j^2 + 2 \cdot \sum_{\substack{j,l=1 \\ j \neq l}}^K \rho_{j,l}^{\text{SF}} \cdot w_j \cdot w_l \cdot \sigma_j \cdot \sigma_l \right) + w_{K+1}^2 \quad (4-57)$$

Um das Ziel eines standardisierten Simulationsverfahrens zu erreichen, muss auch für die Assetrenditen eine Standardabweichung von Eins ( $\sigma_{\text{RD}} = 1$ ) gelten. Damit in dem Modell standardisierte Unternehmenswertrenditen realisiert werden können, muss daher die Gleichung (4-57) durch  $\sigma_{\text{RD}}^2$  bzw. unter Berücksichtigung von Gleichung (4-54) durch  $(\sigma_{\text{sys}}^2 / \beta^2)$  geteilt werden, so dass sich folgender Zusammenhang ergibt.

$$1 = \frac{\beta^2}{\sigma_{\text{sys}}^2} \left( \sum_{j=1}^K w_j^2 \cdot \sigma_j^2 + 2 \cdot \sum_{\substack{j,l=1 \\ j \neq l}}^K \rho_{j,l}^{\text{SF}} \cdot w_j \cdot w_l \cdot \sigma_j \cdot \sigma_l \right) + \frac{w_{K+1}^2}{\sigma_{\text{RD}}^2} \quad (4-58)$$

Gleichung (4-58) verdeutlicht, dass sowohl standardisierte Assetrenditen als auch standardisierte Faktoren unterstellt werden können, insofern die Gewichte für den systematischen Anteil gemäß der folgenden Gleichung bestimmt werden, wobei  $w_j^s$  die standardisierten Gewichte für die Faktoren  $j$  bezeichnen<sup>973</sup> und derart skaliert werden, dass die systematischen Faktoren genau den Anteil  $\beta$  an der Volatilität der standardisierten Assetrendite erklären.

<sup>973</sup> Der hochgestellte Index  $s$  bedeutet im Weiteren, dass es sich hier um standardisierte Parameter handelt, die folglich standardnormalverteilt sind.



$$w_j^s = \frac{\beta}{\sigma_{\text{sys}}} \cdot w_j \cdot \sigma_j \quad \text{für} \quad j = 1, \dots, K \quad (4-59)$$

Aufgrund der Annahme, dass für alle Parameter die Standardnormalverteilung unterstellt werden kann, ist es nun möglich, auch das standardisierte Gewicht ( $w_{K+1}^s$ ) für den unsystematischen Anteil der Assetrenditen zu berechnen.

$$w_{K+1}^s = \sqrt{1 - \beta^2} \quad (4-60)$$

Dieser Zusammenhang kann dadurch begründet werden, dass die standardisierten Assetrenditen eine Varianz von Eins aufweisen, so dass sich der Anteil des unsystematischen Faktors an der Varianz der Assetrendite aus der Differenz von Eins und dem Anteil der gesamten systematischen Faktoren ergibt. Unter Berücksichtigung der Gleichungen (4-54) und (4-56) gilt somit:

$$\frac{w_{K+1}^2}{\sigma_{RD}^2} = 1 - \frac{\sigma_{\text{sys}}^2}{\sigma_{RD}^2} = 1 - \beta^2 \quad (4-61)$$

Die Bestimmung der Ausfallverteilung des Portfolios für N Kreditnehmer über das standardisierte Simulationsverfahren mithilfe des erläuterten Faktormodells verläuft grundlegend in vier Schritten, wobei davon ausgegangen wird, dass die standardisierten Ausfallschranken (AS<sub>i</sub>) und die Korrelationsmatrix der Faktoren  $\psi$  bekannt sind. In einem ersten Schritt wird dabei die Korrelationsmatrix der Faktoren mit den paarweisen Korrelationen  $\rho_{j,l}^{\text{SF}}$  quadratisch zerlegt. Diese Zerlegung erfolgt in Analogie zur Cholesky-Zerlegung beim ersten Verfahren, so dass gilt:

$$\Psi = CM \cdot CM^T \quad (4-62)$$

Der zweite Schritt der Monte-Carlo-Simulation besteht nun aus der Generierung von korrelierten Faktorrenditen durch die Ziehung von K unabhängigen und standardnormalverteilten Zufallsvariablen  $ZV_i$ . Der hieraus resultierende Vektor ( $ZV^s$ ) wird mit der transponierten Cholesky-Matrix  $CM^T$  multipliziert, so dass als Ergebnis ein Vektor korrelierter und ebenfalls standardnormalverteilter Faktorrenditen  $SF^s$  resultiert.

$$SF^s = CM^T \cdot ZV^s \quad (4-63)$$

Der dritte Schritt des Simulationsverfahrens besteht nun in der Berechnung des systematischen Anteils an der standardisierten Assetrendite ( $RD^s$ ) und in der Simulation eines standardisierten Fehlerterms  $USF_i^s$  für den unsystematischen Anteil.

$$RD_i^s = \sum_{j=1}^K (w_j^s \cdot SF_j^s) + w_{K+1}^s \cdot USF_i^s \quad (4-64)$$

Der vierte und letzte Schritt entspricht dem dritten Schritt des ersten Simulationsverfahrens auf Basis einer direkten Korrelationsmatrix, bei dem die simulierten Renditen mit den individuellen Ausfallschranken verglichen werden, so dass sich als Ergebnis aus vielen Simulationsläufen wieder eine Häufigkeitsverteilung der korrelierten Ausfälle ergibt.

Durch den Einsatz eines Faktormodells werden die paarweisen Korrelationen der Assetrenditen nur implizit über die Korrelationen der Faktorkorrelationen berücksichtigt. Sind jedoch die Vektoren der standardisierten Gewichte von jeweils zwei Kreditnehmern  $w_1 = (w_1^1, \dots, w_1^K)$  und  $w_2 = (w_2^1, \dots, w_2^K)$  sowie die entsprechende Korrelationsmatrix der Faktoren  $\psi$  mit den Elementen  $\rho_{j,l}^{SF}$  bekannt, so lassen sich die Korrelationen der Assetrenditen von zwei Unternehmen folgendermaßen bestimmen.

$$\rho(RD_1, RD_2) = w_1 \cdot \psi \cdot w_2^T = \sum_{j,l} \rho_{j,l}^{SF} \cdot w_j^1 \cdot w_l^2 \quad (4-65)$$

Analog zu den Ausführungen aus Abschnitt 4.4.2.3.1 wäre es nun auch möglich, anhand Gleichung (4-39) die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit zu bestimmen, so dass anschließend auch eine Berechnung der Ausfallkorrelationen möglich ist.

Der grundlegende Vorteil der Verwendung eines Faktormodells besteht im Vergleich zum ersten Verfahren bei Verwendung einer direkten Korrelationsmatrix in der wesentlich geringeren Anzahl zu schätzender Korrelationen bzw. Parameter. Während beim ersten Verfahren  $N \cdot (N-1)/2$  Parameter geschätzt werden müssen, reduziert sich die Anzahl beim zweiten Verfahren auf  $K \cdot N + K \cdot (K-1)/2$  Parameter. Für ein Portfolio von  $N = 1.000$  Kreditnehmern bedeutet dies, dass für das erste Verfahren 499.500 Parameter geschätzt werden müssen, während es bei Verwendung eines Faktormodells lediglich 10.045 Parameter sind, wenn von  $K = 10$  systematischen Faktoren ausgegangen wird.<sup>974</sup>

#### 4.4.2.3.4 Schätzung der benötigten Modellparameter

In den vorangegangenen Abschnitten wurde ausschließlich die Vorgehensweise zur abschließenden Bestimmung der Ausfallverteilung aufgezeigt, wobei jeweils davon ausgegangen wurde, dass die benötigten Modellparameter bekannt sind. Dieser Abschnitt befasst sich daher mit der Schätzung dieser Modellparameter, die im Rahmen der strukturellen Ansätze für die beiden in Abschnitt 4.4.2.3.3 aufgezeigten Simulationsverfahren erforderlich sind.

#### Schätzung der direkten Korrelationsmatrix (Verfahren 1)

Bei diesem Verfahren stellen die vollständige Korrelationsmatrix der Unternehmenswerte (bzw. Aktiva- renditen) sowie die individuellen Ausfallsschranken die benötigten Modellparameter dar, um die korrelierte Ausfallverteilung der Portfolioverluste bestimmen zu können. Die individuellen Ausfallsschranken lassen sich dabei unter Berücksichtigung der Annahmen der firmenwertbasierten Modelle relativ einfach durch die einzelnen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Kreditnehmer bestimmen, die beispielsweise über bankinterne Ratingsysteme geschätzt werden und somit für die Korrelationsschätzung als exogen gegeben angesehen werden können.<sup>975</sup> Als einzige Parameter sind somit die paarweisen Korrelationen der Unternehmenswerte der Kreditnehmer zu schätzen.

<sup>974</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 386.

<sup>975</sup> Siehe hierzu Abschnitt 4.2.3.3.

An dieser Stelle zeigt sich jedoch bereits das grundsätzliche Problem, dass die Entwicklung von Unternehmenswerten i. d. R. nicht beobachtbar ist, so dass daher auch keine historischen Daten zur Schätzung ihrer Korrelationen vorhanden sein können. Alternativ werden daher, wie in den Verfahren bereits erläutert, nicht die Korrelationen der Unternehmenswerte, sondern die der Unternehmenswertrenditen approximativ verwendet. Häufig existieren jedoch auch hierzu nicht genügend Beobachtungen, so dass statt der Assetrenditekorrelation häufig die Korrelationen von Aktienrenditen als Näherungsgrößen verwendet werden. Der Vorteil an dieser Approximation liegt in der Möglichkeit, Korrelationen aus der Historie von Aktienkursentwicklungen schätzen zu können, insofern die Aktien des betrachteten Unternehmens auch an einer Börse gehandelt werden. Für nicht notierte Unternehmen bleibt bei dieser Schätzmethode jedoch nur die Möglichkeit, Daten von ähnlichen Unternehmen oder von Aktienindizes zu verwenden, was jedoch zu Verzerrungen bei der Korrelationsschätzung führen dürfte.

Auch wenn diese Form der Approximation in der Praxis breite Verwendung findet, muss als weiterer Kritikpunkt festgehalten werden, dass die an dieser Stelle faktisch vorgenommene Gleichsetzung von Aktien- und Assetrenditekorrelationen in den meisten Fällen ebenfalls zu Ergebnisverzerrungen führt. Nur in Ausnahmefällen bzw. unter bestimmten Annahmen entsprechen sich die beiden Größen. Zur Betrachtung dieser Ausnahmefälle sei angenommen, dass sich der gesamte Unternehmenswert ( $V$ ) aus dem Wert des Eigen- ( $MA$ ) und des Fremdkapital ( $FK$ ) zusammensetzt ( $V = MA + FK$ ). Für die Assetrendite ( $RD$ ) ergibt sich daraus der folgende Zusammenhang.

$$RD = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta MA}{V} + \frac{\Delta FK}{V} = \frac{MA}{V} \cdot \frac{\Delta MA}{MA} + \frac{FK}{V} \cdot \frac{\Delta FK}{FK} \quad (4-66)$$

Unter der Annahme, dass der Wert des Fremdkapitals im Zeitverlauf konstant ist ( $\Delta FK = 0$ ), würde der letzte Term der Gleichung (4-66) Null ergeben, so dass  $RD$  nur durch den Wert bzw. durch die Schwankungen des Eigenkapitals determiniert wird, und die Korrelationen der Asset- und Aktienrenditen somit übereinstimmen. Diese Annahme kann jedoch als sehr unrealistisch angesehen werden, da prinzipiell auch der Wert des Fremdkapitals Schwankungen unterliegt und somit nicht als konstant angenommen werden kann.<sup>976</sup> Ein weiterer Spezialfall wird durch Unternehmen, die sich ausschließlich durch Eigenkapital finanzieren, dargestellt. Für diesen Fall würde sich bei Gleichung (4-66) die Rendite ausschließlich durch den Term  $\Delta MA / V$  bestimmen und somit würde auch hier eine Übereinstimmung von Asset- und Aktienrenditekorrelation vorliegen. Losgelöst von diesen Ausnahmen kann jedoch festgehalten werden, dass aus der Approximation der Assetrenditen durch Aktienrenditen häufig eine Unterschätzung der Ausfallkorrelationen resultiert, was folglich auch zu einer Unterschätzung des Portfoliorisikos führt. Dieser Zusammenhang konnte in der empirischen Untersuchung von ZENG und ZHANG belegt werden, in der die Autoren die Asset- und Aktienrenditekorrelationen von 27.000 Unternehmen aus 45 Ländern und 61 Industriezweigen untersucht haben.<sup>977</sup>

Es kann jedoch selbst bei der Betrachtung von Aktienrenditen der Fall eintreten, dass die Daten bzw. die vorliegenden Zeitreihen zur Korrelationsschätzung nicht ausreichend sind, so dass ggf. pauschale Werte festgelegt werden, die sich an bestimmten Merkmalen der Unternehmen (z. B. Unternehmens-

<sup>976</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 47 f.

<sup>977</sup> Siehe Zeng/Zhang (2002).

größe) orientieren. Eine weitere Alternative besteht zudem darin, eine konstante Korrelationsmatrix anzunehmen und als Inputparameter zu verwenden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass vor allem die beiden letzten Alternativen zu nicht befriedigenden Ergebnissen führen können.

### Schätzung der Faktoren und deren Gewichtung sowie der Faktorkorrelationen (Verfahren 2)

Für die Verwendung eines Multi-Faktormodells gemäß Abschnitt 4.4.2.3.3 werden als Inputparameter die systematischen Faktoren sowie die Matrix mit deren paarweisen Korrelationen und die Gewichte für die systematischen und unsystematischen Faktoren benötigt. Daher müssen zur Durchführung dieses Verfahrens zunächst die relevanten systematischen Faktoren  $SF_j$  identifiziert werden, wobei in der Praxis häufig Aktien- bzw. Länder- und Branchenindizes als Faktoren Verwendung finden, die länder-, regionale und sektorspezifische Risiken beschreiben. Im Anschluss müssen die einzelnen Gewichte der identifizierten systematischen Faktoren  $w_j$  sowie das Gewicht für den unsystematischen Anteil  $w_{K+1}$  der Assetrendite bestimmt werden.<sup>978</sup> Die Ermittlung der Faktorgewichte folgt dabei häufig einer zweistufigen Vorgehensweise.<sup>979</sup> Im ersten Schritt wird der Anteil  $x$  festgelegt, mit dem die Assetrenditen insgesamt durch die systematischen Faktoren erklärt werden können.

$$x = \sqrt{1 - w_{K+1}^2} \quad (4-67)$$

Der zweite Schritt besteht in der Bildung eines zusammengesetzten Faktors, der sich aus der jeweils unternehmensindividuell gewichteten Summe der einzelnen  $K$  Faktoren ergibt. Im Prinzip wird der zusammengesetzte Faktor in die einzelnen Faktoren aufgeteilt, damit die Gewichte bestimmt werden können.<sup>980</sup> ZSF bezeichnet hierbei den zusammengesetzten Faktor,  $SF_j$  die einzelnen Faktoren und  $w_j$  die unternehmensindividuellen Anteile an den Faktoren.

$$ZSF = \sum_{j=1}^K w_j \cdot SF_j \quad \text{mit} \quad \sum_{j=1}^K w_j = 1 \quad (4-68)$$

Zur Verdeutlichung wird ein Beispiel betrachtet, in dem ein Unternehmen in zwei Industriezweigen tätig ist, so dass als Faktoren daher zwei industriespezifische Aktienindizes  $AI_1 (=SF_1)$  und  $AI_2 (=SF_2)$  angenommen werden, die das systematische Risiko des Unternehmens beschreiben. Für diese beiden Faktoren gilt es nun die Anteile  $w_1$  bzw.  $w_2$  festzulegen, mit denen das Unternehmen von dem jeweiligen Faktor beeinflusst wird. Als Hilfsgröße kann hier beispielsweise der jeweilige Umsatzanteil in den Industriezweigen herangezogen werden. Wird von der Annahme ausgegangen, dass das Unternehmen 40% seiner Umsätze in Industriezweig 1 und 60% in 2 erwirtschaftet, so kann für das Beispiel die Gleichung (4-68) folgendermaßen dargestellt werden.

<sup>978</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 45.

<sup>979</sup> Wie im Folgenden am Beispiel des Korrelationsmodells von KMV noch gezeigt wird, sind prinzipiell auch mehrstufige Verfahren möglich, allerdings ist es ausreichend die Grundidee anhand eines zweistufigen Ansatzes zu erläutern.

<sup>980</sup> Der zusammengesetzte Faktor entspricht somit dem gewichteten arithmetischen Mittel der einzelnen Faktoren.

$$ZSF = 0,4 \cdot AI_1 + 0,6 \cdot AI_2 \quad (4-69)$$

Dadurch, dass der zusammengesetzte Faktor das systematische Risiko des Unternehmens beschreibt, und zudem mit einem Anteil von  $x$  die Schwankungen des Unternehmenswertes erklärt, kann für die Renditeentwicklung des Unternehmens, analog zu Gleichung (4-52), der folgende Zusammenhang aufgezeigt werden.<sup>981</sup>

$$RD = x \cdot ZSF + \sqrt{1-x^2} \cdot USF \quad (4-70)$$

Existieren genügend Zeitreihen von Aktienindizes und Assetrenditen, dann können die Werte für  $x$  und  $w_j$  durch Regressionsverfahren ermittelt werden. Liegt keine ausreichende Datenbasis für ein solches Vorgehen vor, dann müssen die systematischen Anteile  $x$  pauschal vorgegeben werden, wobei als Bezugsgröße häufig auf die Unternehmensgröße zurückgegriffen wird. Die Gewichte der einzelnen Faktoren werden in solchen Fällen über die Höhe der Umsätze und Vermögenswerte in den entsprechenden Regionen bzw. Industriezweigen abgeleitet.<sup>982</sup>

Nachdem nun erläutert wurde, wie die Faktoren und die entsprechenden Gewichte zu bestimmen sind, fehlt zum Einsatz der Monte-Carlo-Simulation auf Basis des Faktormodells noch die Korrelationsmatrix der systematischen Faktoren als Inputparameter. Zur Schätzung der paarweisen Korrelationen zwischen den Faktoren wird auf die Renditen der Indizes zurückgegriffen. In einem ersten Schritt werden dabei die Erwartungswerte und die Standardabweichung der einzelnen Indexrenditen berechnet und jeweils paarweise die Kovarianz bestimmt. Durch die Kenntnis der Kovarianz von jeweils zwei Indexrenditen und den entsprechenden Einzel-Standardabweichungen können im zweiten und abschließenden Schritt die Korrelationen gemäß der folgenden Formel ermittelt werden.<sup>983</sup>

$$\rho_{j,l}^{SF} = \frac{COV(j,l)}{\sigma_j \cdot \sigma_l} \quad (4-71)$$

In der Praxis wird das beschriebene Korrelationsmodell beispielsweise in den kommerziellen Kreditrisikomodellen Credit Portfolio Manager<sup>TM</sup> von KMV sowie in CreditMetrics<sup>TM</sup> von J.P. Morgan verwendet. Während bei CreditMetrics<sup>TM</sup> ein zweistufiges Faktormodell zum Einsatz kommt, verfügt Credit Portfolio Manager<sup>TM</sup> über ein dreistufiges Modell<sup>984</sup>, welches bereits in Abschnitt 3.3.2.2 kurz erläutert wurde.<sup>985</sup> Auf der ersten Stufe wird das gesamte Unternehmensrisiko in einen systematischen und einen idiosynkratischen Anteil aufgegliedert, wie es in Gleichung (4-70) aufgezeigt wird, wobei der systematische Anteil dabei den zusammengesetzten Faktor ZSF darstellt. Die systematischen Risiken werden anschließend auf der zweiten Ebene in Industrie- und Länderrisiken unterteilt. Diese Aufteilung des systematischen Risikos bedeutet dabei nichts anderes, als dass ZSF als gewichtetes arithmetisches Mittel der Länder- und Industriezweignfaktoren gemäß Gleichung (4-68) aufgefasst wird. Das Vorgehen in diesen ersten beiden Ebenen entspricht daher vollständig dem oben erläuterten allgemeinen Faktor-

<sup>981</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 105.

<sup>982</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 46.

<sup>983</sup> Vgl. Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 97.

<sup>984</sup> Das Modell von CreditMetrics<sup>TM</sup> bildet nur die ersten beiden Ebenen des KMV-Modells ab.

<sup>985</sup> Siehe Abbildung 3.3-10.

modell. Die dritte Ebene im Korrelationsmodell von KMV stellt nun eine Besonderheit dar. Auf dieser Ebene wird das durch die Faktoren aufgezeigte Länder- und Industrierisiko noch einmal in systematische und idiosynkratische Risiken aufgeteilt. Während die systematischen Risiken durch Faktoren widergespiegelt werden, die das globale wirtschaftliche, das regionale sowie das Sektorrisiko beschreiben, umfasst das idiosynkratische Risiko die spezifischen Risiken des Landes bzw. des Industriezweiges. Die Besonderheit dieser dritten Ebene liegt somit darin, dass die Faktoren dieser Ebene für alle Länder und Industriezweige als identisch angesehen werden, während der systematische Faktor der ersten Ebene noch eine individuelle Abhängigkeit zum jeweiligen Unternehmen aufweist. Die in der Abbildung 3.3-10 aufgezeigte Faktorstruktur des KMV-Modells kann nun in eine Form gemäß Gleichung (4-52) bzw. (4-64) überführt werden, so dass damit die Korrelationen der Assetrenditen ermittelt werden können. Berücksichtigt werden muss jedoch bei einem solchen mehrstufigen Ansatz, dass sich die Aufteilung auf die jeweiligen Faktoren auf jeder Ebene zum Wert Eins addieren müssen. Die Anteile  $w_j$  ergeben sich dann insgesamt durch die Multiplikation der Anteile entlang der einzelnen Hierarchieebenen.<sup>986</sup>

#### 4.4.2.3.5 Korrelation von Bonitätsveränderungen am Beispiel CreditMetrics™

In den bisherigen Abschnitten wurde ausschließlich die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von zwei Kreditnehmern behandelt. Diese Betrachtungsweise wird für die strukturellen Ansätze abschließend in diesem Abschnitt um die Berücksichtigung von gemeinsamen Bonitätsveränderungen erweitert. Diese Erweiterung wird dabei am Beispiel des praxisrelevanten Modells CreditMetrics™ dargestellt. CreditMetrics™ zählt zu den Modellen, die von konstanten Ausfallschranken ausgehen, so dass die grundsätzlichen Aussagen aus Abschnitt 4.4.2.3.1 auch hier Gültigkeit besitzen.

In Abschnitt 4.4.2.3.1 wurde bereits erläutert, dass die Aktivarenditen standardnormalverteilt sind, und sich die Ausfallschranke aus diesem Grund jeweils aus der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeit und der Inversen der Standardnormalverteilung ( $AS_i = \Phi^{-1}(PD_i)$ ) ergibt. Bei der Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen ist es jetzt jedoch nicht mehr ausreichend, nur die kritische Schwelle für einen Kreditausfall zu berücksichtigen, da auf diese Weise nur der klassische Zwei-Gruppen-Fall (solvent/insolvent) betrachtet wird. Die Entwicklung des Unternehmenswertes bzw. der Assetrenditen wird nun ebenfalls dazu verwendet, einen Kreditnehmer entsprechend seiner Assetrendite einer bestimmten Ratingkategorie zuzuordnen. Hierbei wird von der intuitiv leicht verständlichen Annahme ausgegangen, dass hohe Renditen zu einer guten und niedrige Renditen zu einer schlechten Ratingklassenzuordnung führen.

Damit aus den simulierten Assetrenditen auf die jeweils entsprechenden Ratingklassen geschlossen werden kann, müssen in einem ersten Schritt neben der Ausfallwahrscheinlichkeit auch die Migrationswahrscheinlichkeiten in Quantile der Standardnormalverteilung transformiert werden. Auf diese Weise ergeben sich neben der Ausfallschranke ( $AS_i$ ) weitere kritische Schwellenwerte (SW), die die Zugehö-

<sup>986</sup> Vgl. Kealhofer/Bohn (2001), S. 12; Crouhy/Galai/Mark (2001a), S. 386-389; Lipponer (2000), S. 49 f., sowie Niethen (2001), S. 47.

rigkeit zu den Ratingklassen determinieren. Die Schwellenwerte entsprechen hierbei den z-Werten der Standardnormalverteilung in Abhängigkeit der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten. Für die Berechnung der kritischen Schwellenwerte werden somit die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten der Kreditnehmer benötigt, wobei CreditMetrics™ als Inputparameter historische Migrationsmatrizen verwendet.<sup>987</sup> Die folgende Tabelle 4.4-1 zeigt die modifizierte Migrationsmatrix aus Abschnitt 4.2.3.3.4 (Tabelle 4.2-8), die auch für dieses Beispiel verwendet wird.

Rating in t = 0	Rating in t = 1							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	Default
AAA	91,63%	7,72%	0,49%	0,09%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%
AA	0,63%	90,43%	8,13%	0,61%	0,06%	0,11%	0,02%	0,01%
A	0,05%	2,15%	91,31%	5,79%	0,45%	0,17%	0,03%	0,04%
BBB	0,02%	0,22%	4,10%	89,64%	4,68%	0,82%	0,20%	0,31%
BB	0,04%	0,09%	0,36%	5,78%	83,24%	8,11%	1,04%	1,33%
B	0,00%	0,08%	0,23%	0,32%	5,88%	82,28%	4,77%	6,45%
CCC/C	0,09%	0,00%	0,34%	0,43%	1,49%	10,98%	53,53%	33,13%

Tabelle 4.4-1: Unkorrelierte Ein-Jahres-Migrationsmatrix

Die Berechnung der Schwellenwerte sei exemplarisch an einem Kreditnehmer mit der Ratingklasse BBB in t = 0 dargestellt.<sup>988</sup> Gesucht ist zunächst beispielsweise die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Kreditnehmer in einem Jahr in der Klasse BB oder schlechter befindet. D. h., es ist also die kritische Schwelle bzw. der z-Wert für die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, mit der der Schuldner die Ratingklasse BB oder schlechter einnimmt ( $z_{BB}$ ). Hierzu müssen die Wahrscheinlichkeiten dafür aufsummiert werden, dass sich der Kreditnehmer in einem Jahr in der Ratingklasse BB, B oder CCC befindet oder ggf. sogar ausfällt. Als Ergebnis ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit (p) für dieses Szenario von 6,01% (= 4,68%+0,82%+0,2%+0,31%). Analog zur Gleichung (4-40) bestimmt sich der z-Wert der Standardnormalverteilung anhand der Wahrscheinlichkeit für dieses Szenario und der Inversen der Standardnormalverteilung.

$$z = \Phi^{-1}(p) \quad \text{bzw.} \quad z_{BB} = \Phi^{-1}(6,01\%) \approx -1,55 \quad (4-72)$$

Anhand dieser Vorgehensweise können nun für alle Kredite die z-Werte für die kritischen Schwellen der Migrationen berechnet werden. Die folgende Tabelle 4.4-2 zeigt für den Beispielkreditnehmer mit einer Ratingklasse BBB in t = 0 sowie ergänzend für einen weiteren Schuldner mit einem Anfangsrating von A die kritischen Schwellen mit den korrespondierenden Ratingklassen sowie die entsprechenden Migrationswahrscheinlichkeiten ( $MW_i$ ).

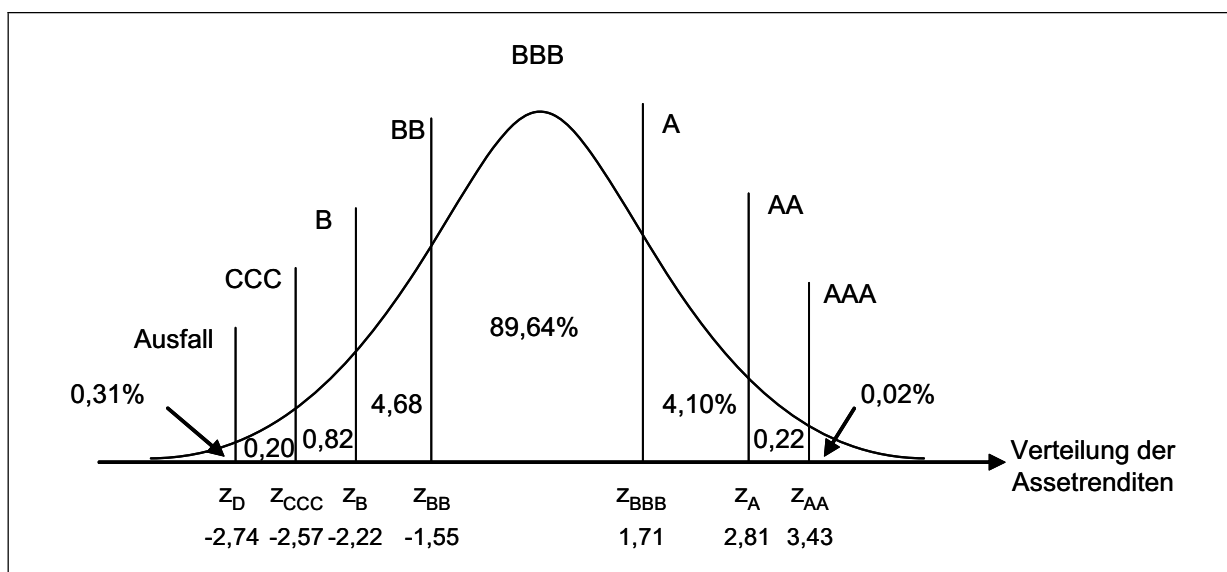
<sup>987</sup> Vgl. Caouette/Altman/Narayanan (1998), S. 289.

<sup>988</sup> Beispiel in Anlehnung an Wiedemann (2004), S. 175 f.

Rating in t=1	Schwelle	Kreditnehmer 1 (BBB)			Kreditnehmer 2 (A)		
		MW <sub>i</sub>	MW <sub>i</sub> kumuliert	z-Wert	MW <sub>i</sub>	MW <sub>i</sub> kumuliert	z-Wert
Ausfall	$z_D$	0,31%	0,31%	-2,74	0,04%	0,04%	-3,35
CCC	$z_{CCC}$	0,20%	0,51%	-2,57	0,03%	0,07%	-3,19
B	$z_B$	0,82%	1,33%	-2,22	0,17%	0,24%	-2,82
BB	$z_{BB}$	4,68%	6,01%	-1,55	0,45%	0,69%	-2,46
BBB	$z_{BBB}$	89,64%	95,65%	1,71	5,79%	6,48%	-1,52
A	$z_A$	4,10%	99,75%	2,81	91,31%	97,79%	2,01
AA	$z_{AA}$	0,22%	99,97%	3,43	2,15%	99,94%	3,24
AAA		0,02%	100,00%		0,05%	100,00%	

Tabelle 4.4-2: Ratingübergänge und kritische Schwellen

Bei der Betrachtung eines einzelnen Kreditnehmers entspricht somit die durch zwei kritische Schwellen eingeschlossene Fläche unter der Dichtefunktion der Standardnormalverteilung der Wahrscheinlichkeit für den Wechsel in die entsprechende Ratingklasse. An einem Beispiel verdeutlicht, entspricht die Wahrscheinlichkeit, dass der Kreditnehmer mit einem Anfangsrating von BBB in seiner Ratingklasse verbleibt, der Fläche zwischen den Schwellen  $z_{BB}$  und  $z_{BBB}$ . Formal bezeichnet die Fläche das Integral über der Dichtefunktion zwischen den beiden kritischen Schwellen.<sup>989</sup> Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Dichtefunktion sowie die entsprechenden Schwellen- bzw. z-Werte für den Kreditnehmer (BBB).

Abbildung 4.4-3: Migrationswahrscheinlichkeiten und z-Werte<sup>990</sup>

Nachdem nun die Migrationswahrscheinlichkeiten in Quantile der Standardnormalverteilung übersetzt sind, werden analog zu Abschnitt 4.4.2.3.3 korrelierte Assetrenditen simuliert, deren Ergebnis mit den

<sup>989</sup> Vgl. Wiedemann (2004), S. 177.

<sup>990</sup> In Anlehnung an Gupton/Finger/Bhatia (1997), S. 37.



Schwellenwerten verglichen wird.<sup>991</sup> In Abhängigkeit von den simulierten Ausprägungen der Renditen kann ein Kreditnehmer anschließend genau einer Ratingklasse zugeordnet werden. Die Simulation der Assetrenditen erfolgt hier jedoch nicht anhand einer direkten Korrelationsmatrix, sondern über die Korrelationen von Faktoren im Rahmen eines Multi-Faktormodells.

In Abschnitt 4.4.2.3.4 wurde bereits erläutert, wie die Korrelation der Assetrenditen für zwei Kreditnehmer geschätzt werden können. Wenn diese Korrelationen bekannt sind, können mithilfe der kritischen Schwellen ergänzend die gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten von zwei Schuldnern bestimmt werden. Analog zu Abschnitt 4.4.2.3.1 können diese Wahrscheinlichkeiten ebenfalls über die Dichtefunktion der zweidimensionalen Standardnormalverteilung berechnet werden, indem das Volumen unter der Dichtefunktion für die entsprechenden Schwellenwerte bestimmt wird. Hierzu kann analog zu den Ausführungen in Abschnitt 4.4.2.3.1 die Gleichung (4-39) verwendet werden. Für die gemeinsame Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass die beiden Kreditnehmer aus dem Beispiel in  $t = 1$  ihre jeweiligen Ratingklassen BBB bzw. A beibehalten, müssen lediglich die Schwellenwerte angegeben werden, für die das Integral bestimmt werden soll.<sup>992</sup>

$$PD_{X,Y} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_A^2}} \cdot \int_{z_{BB}^1}^{z_{BBB}^1} \int_{z_{BBB}^2}^{z_A^2} \exp\left(-\frac{1}{2 \cdot (1-\rho_A^2)} \cdot (RD_1^2 - 2\rho_A \cdot RD_1 \cdot RD_2 + RD_2^2)\right) dRD_1 dRD_2 \quad (4-73)$$

bzw.

$$PD_{X,Y} \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_A^2}} \cdot \int_{-1,55}^{1,71} \int_{-1,52}^{2,01} \exp\left(-\frac{1}{2 \cdot (1-\rho_A^2)} \cdot (RD_1^2 - 2\rho_A \cdot RD_1 \cdot RD_2 + RD_2^2)\right) dRD_1 dRD_2$$

Die gemeinsamen Migrationswahrscheinlichkeiten können nun zur Berechnung der Verlustverteilung unter Berücksichtigung von korrelierten Bonitätsveränderungen verwendet werden.

#### 4.4.2.4 Reduzierte Ansätze

Bei den im vorangegangenen Kapitel erläuterten strukturellen Ansätzen der Korrelationsbetrachtung konnte aufgezeigt werden, dass die Ausfallkorrelationen über die Korrelationen der Unternehmenswerte abgeleitet werden. Hierbei wurde sich die Annahme der firmenwertbasierten Kreditrisikomodelle zunutze gemacht, dass ein Unternehmen ausfällt, wenn der Wert seines Unternehmenswertes unter den Wert des Fremdkapitals sinkt. Die Kreditausfälle werden in diesen Modellen daher indirekt abgebildet. Im Gegensatz dazu beziehen sich die reduzierten Ansätze der Korrelationsbetrachtung auf die intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle, bei denen die Kreditausfälle direkt modelliert werden und von jeglichen Ursachen des Kreditausfalls abstrahiert wird. Bei dieser Modellkategorie wird davon ausgegangen, dass ein Ausfall bzw. eine Ratingänderung zu jedem diskreten Zeitpunkt ausgelöst werden kann. Für diese Ereignisse werden Wahrscheinlichkeiten spezifiziert, die i. d. R. jedoch nicht als konstant angenommen, sondern als stochastische Variablen berücksichtigt werden, die in Abhängigkeit von

<sup>991</sup> Siehe Abschnitt 3.3.2.1 für eine Erläuterung der Monte-Carlo-Simulation zur Ermittlung der korrelierten Assetrenditen bei CreditMetrics™.

<sup>992</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 76.

bestimmten Hintergrundfaktoren<sup>993</sup> schwanken.<sup>994</sup> Bei dieser Modellkategorie werden daher die Ausfallkorrelationen über die Korrelationen der gemeinsamen Hintergrundfaktoren abgebildet.

Im Bereich der reduzierten bzw. intensitätsbasierten Kreditrisikomodelle können verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung von Korrelationen differenziert werden. In den folgenden Abschnitten wird daher zunächst ein Überblick über mögliche Ansätze bzw. Modelle gegeben (Abschnitt 4.4.2.4.1). Aufgrund der hohen Praxisrelevanz wird im darauf folgenden Abschnitt 4.4.2.4.2 ein mögliches Verfahren zur Berücksichtigung von Korrelationen am Beispiel des Kreditrisikomodells CreditRisk+<sup>TM</sup> von Credit Suisse Financial Products detailliert aufgezeigt. Den Abschluss dieses Unterkapitels bildet eine mögliche Erweiterung der reduzierten Ansätze auf die Berücksichtigung von Korrelationen zwischen Bonitätsveränderungen, was am Beispiel des Modells Credit Portfolio View<sup>TM</sup> von McKinsey verdeutlicht wird (Abschnitt 4.4.2.4.3).

#### 4.4.2.4.1 Mögliche Verfahren zur Bestimmung von Ausfallkorrelationen im reduzierten Ansatz

Im Bereich der reduzierten Kreditrisikomodelle lassen sich grundlegend die folgenden drei Modellkategorien zur Berücksichtigung von Ausfallkorrelationen unterscheiden.<sup>995</sup>

- Modelle der bedingten Unabhängigkeit (conditionally independent defaults models),
- Contagion-Modelle und
- auf Copula-Funktionen basierende Modelle.

Die Modelle der bedingten Unabhängigkeit berücksichtigen die Ausfallkorrelationen, indem sie die Ausfallwahrscheinlichkeiten bzw. Ausfallintensitäten in Abhängigkeit von mehreren gemeinsamen (systematischen) Faktoren und einem firmenspezifischen (idiosynkratischen) Faktor modellieren. Bei diesen Modellen wird von einer bedingten Unabhängigkeit gesprochen, da die Ausfallwahrscheinlichkeiten bzw. Ausfallintensitäten, bedingt auf eine gegebene Realisierung der gemeinsamen Faktoren, als unabhängig bzw. unkorreliert voneinander angenommen werden.<sup>996</sup> Die Ansätze der Korrelationsbetrachtung in den Kreditrisikomodellen CreditRisk+<sup>TM</sup> und Credit Portfolio View<sup>TM</sup>, die in den folgenden Abschnitten 4.4.2.4.2 und 4.4.2.4.3 erläutert werden, können dieser Modellkategorie zugeordnet werden.

Der zweite Ansatz zur Modellierung von Ausfallkorrelationen, die Contagion Modelle, basieren auf den Arbeiten von DAVIS und LO<sup>997</sup> sowie von JARROW und YU<sup>998</sup>. Während die bisher erläuterten Modelle von der Annahme ausgegangen sind, dass die Ausfallkorrelationen allein durch die Abhängigkeit der Kreditnehmer von gemeinsamen systematischen (makroökonomischen) Faktoren erklärt werden können, wird in diesen Modellen ergänzend die direkte (geschäftliche) Verbindung und Abhängigkeit ein-

<sup>993</sup> Als Hintergrundfaktoren können dabei beobachtbare Variablen, wie beispielsweise gesamtwirtschaftliche Indikatoren, oder latente, zufällige Risikofaktoren verwendet werden.

<sup>994</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 44.

<sup>995</sup> Vgl. Elizalde (2006), S. 2 f.

<sup>996</sup> Vgl. Huschens/Locarek-Junge (2002), S. 103, sowie Knapp/Hamerle (1999), S. 143.

<sup>997</sup> Siehe Davis/Lo (2001).

<sup>998</sup> Siehe Jarrow/Yu (2001).

zelner Unternehmen mit berücksichtigt. Bei den Contagion-Modellen wird somit davon ausgegangen, dass der Ausfall eines Unternehmens aus einer Gruppe von (geschäftlich) miteinander verbundenen Unternehmen zu einem Anstieg der Ausfallwahrscheinlichkeiten bei den anderen Unternehmen führt.<sup>999</sup> Dieses Modell lässt sich somit frei als Epidemie- oder Infektions-Modell übersetzen, bei dem sich der Ausfall eines Unternehmens wie eine Epidemie auf die mit ihm verbundenen Unternehmen ausbreitet.<sup>1000</sup> Bezogen auf die Erläuterungen in Abschnitt 4.4.1.1 betrachten die Contagion Modelle somit neben der Makro- auch die Mikrokorrelation zwischen den Kreditnehmern.<sup>1001</sup>

Bei der letzten Modellkategorie werden die Ausfallkorrelationen über so genannte Copula-Funktionen modelliert. Eine Copula stellt dabei eine Funktion dar, die die univariaten, marginalen Verteilungen der Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Kreditnehmer über korrelierte Hilfsvariablen zu einer multivariaten Verteilung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit verbindet. Diese Modellkategorie benötigt somit die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten als Inputparameter, die durch die Copula-Funktion in gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeiten transformiert werden, wobei die Abhängigkeitsstruktur der Kreditnehmer vollständig durch die Copula-Funktion berücksichtigt wird.<sup>1002</sup> Dieser Ansatz ist vor allem durch die relativ geringe Anforderung an die Inputparameter charakterisiert, allerdings ist die Spezifikation der Copula-Funktion sehr komplex und aufwendig.

#### 4.4.2.4.2 Bedingte Unabhängigkeit am Beispiel von CreditRisk+™

CreditRisk+™ (CR) kann den Modellen der bedingten Unabhängigkeit zugeordnet werden, da für die Ausfälle der Kreditnehmer Unabhängigkeit unterstellt wird und die Korrelationen zwischen den Schuldnern implizit durch die Abhängigkeit der stochastischen Ausfallraten zu gemeinsamen Hintergrundfaktoren modelliert werden.<sup>1003</sup> Die Abhängigkeit wird dabei durch die (anteilige) Zuordnung der Kreditnehmer zu Sektoren abgebildet, wobei angenommen wird, dass die Entwicklungen bzw. die stochastischen Ausfallwahrscheinlichkeiten der einzelnen Sektoren von jeweils genau einem Hintergrund- bzw. Einflussfaktor getrieben werden.<sup>1004</sup> Es wird auf diese Weise somit eine Abhängigkeit zwischen den individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Kreditnehmer eines Sektors und der sektorspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit gebildet, die wiederum von einem Hintergrundfaktor beeinflusst wird. CR geht dabei ergänzend von den folgenden Annahmen aus:<sup>1005</sup>

<sup>999</sup> Vgl. Elizalde (2006), S. 17, sowie Weber (2004), S. 80.

<sup>1000</sup> Als Beispiel kann hier eine Lieferant-Abnehmer-Beziehung aufgezeigt werden, bei der der Ausfall des Abnehmers zu einer Erhöhung der PD, ggf. bis zum Default, des Lieferanten führen kann.

<sup>1001</sup> Siehe für eine detaillierte Darstellung spezieller Contagion Modelle neben den bereits angegebenen Literaturquellen ergänzend Giesecke/Weber (2004) sowie Rösch/Winterfeldt (2006).

<sup>1002</sup> Vgl. Elizalde (2006), S. 17, sowie Schönbucher/Schubert (2001), S. 9. Siehe für eine detaillierte Betrachtung von Copula-Funktionen zur Modellierung von Ausfallkorrelationen ergänzend Embrechts/McNeil/Straumann (1999) sowie Li (2000).

<sup>1003</sup> Vgl. Gordy (2000b), S. 121.

<sup>1004</sup> Vgl. Wahrenburg/Niethen (2000b), S. 512.

<sup>1005</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 88. Siehe Abschnitt 3.3.2.4 für die grundlegende Darstellung der Funktionsweise von CreditRisk+™.

- Für jeden Kreditnehmer kann eine individuelle und im Betrachtungszeitraum konstante Verlusthöhe bei Ausfall (Nettoexposure = EAD – RR) angegeben werden.
- Für jeden Kreditnehmer kann der Erwartungswert ( $\mu_i$ ) sowie die Standardabweichung ( $\sigma_i$ ) seiner Ausfallwahrscheinlichkeit ermittelt werden. Der Erwartungswert wird dabei als sehr klein angenommen.
- Der Erwartungswert und die Standardabweichung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeit lassen sich mit prozentualen Anteilsgewichten (Summe = 100%) auf idiosynkratische und systematische Hintergrundfaktoren (bzw. Sektoren) zurückführen.<sup>1006</sup> Die Ursache von Ausfallinterdependenzen wird ausschließlich durch die systematischen Faktoren dargestellt. Die individuellen Ausfallraten der einzelnen Kreditnehmer schwanken somit gleichgerichtet und proportional in Bezug auf ihr Sektorgewicht mit der Ausfallrate des Sektors bzw. des Hintergrundfaktors.
- Für die Sektorausfallwahrscheinlichkeiten wird eine Gammaverteilung unterstellt.<sup>1007</sup>
- Die Verteilung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten ist vollständig durch die sektorspezifischen Anteilsgewichte und durch die Gammaverteilung der Sektorausfallwahrscheinlichkeiten bestimmbar.
- Die Sektorausfallwahrscheinlichkeiten sind voneinander unabhängig.
- Der Sektor, der das idiosynkratische Risiko der Kreditnehmer widerspiegelt, erhält eine Standardabweichung von Null.

Unter den getroffenen Annahmen ist CR somit in der Lage, von Null verschiedene Ausfallkorrelationen zu erzeugen, obwohl für die einzelnen Ausfallereignisse Unabhängigkeit unterstellt wird.

Für die Bestimmung der (sektorspezifischen) Ausfallverteilung werden als Inputparameter neben den individuellen erwarteten Ausfallwahrscheinlichkeiten und deren Standardabweichungen noch die anteilige Zuordnung (Gewichte)  $\theta_{i,k}$  der Kreditnehmer  $i$  auf die einzelnen Sektoren  $k$  benötigt.<sup>1008</sup> Unter Berücksichtigung der effektiven Verlustbeiträge (Forderungsbetrag (EAD) abzüglich der Recovery Rate (RR)) kann ergänzend die Verlustverteilung ermittelt werden.

Um die korrelierte Ausfallverteilung zu bestimmen, muss das gesamte Portfolio zunächst in Sektoren eingeteilt werden, wobei diese Segmentierung alternativ in Abhängigkeit von Regionen, Branchen, Bonität, etc. vorgenommen werden kann.<sup>1009</sup> Für die einzelnen Sektoren können nun die Ausfallver-

<sup>1006</sup> Analog zu den Multi-Faktormodellen bei den strukturellen Ansätzen wird auch bei CreditRisk+™ von der Annahme ausgegangen, dass das Kreditrisiko eines Schuldners durch systematische und idiosynkratische Faktoren beschrieben wird. Das idiosynkratische Risiko wird dabei dadurch berücksichtigt, dass ein separater Sektor für dieses unsystematische Risiko gebildet wird, zu dem die Kreditnehmer mit ihren entsprechenden individuellen Anteilen zugeordnet werden. Vgl. Wilde (1997), S. 21.

<sup>1007</sup> Durch die Annahme der Gammaverteilung für die Sektorausfallwahrscheinlichkeiten kann die Ausfall- bzw. Verlustverteilung bei CreditRisk+™ analytisch bestimmt werden.

<sup>1008</sup> Vgl. Wilde (1997), S. 11.

<sup>1009</sup> Vgl. Overbeck/Stahl (1998), S. 87.

teilungen separat ermittelt werden, da sich die Verteilung des gesamten Portfolios aufgrund der Unabhängigkeitsannahme (Annahme 6) durch die Multiplikation der einzelnen Sektorverteilungen ergibt.

Im Anschluss an die Segmentierung der Schuldner kann anhand der erwarteten individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der  $N$  Kreditnehmer ( $\mu_i$ ) und deren Standardabweichungen ( $\sigma_i$ ) sowie den Gewichten ( $\theta_{i,k}$ ) der Erwartungswert ( $\mu_{sk}$ ) und die Standardabweichung ( $\sigma_{sk}$ ) der sektorspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit ( $PD_{sk}$ ) gemäß den folgenden Gleichungen bestimmt werden.<sup>1010</sup>

$$\mu_{sk} = \sum_{i=1}^N \theta_{i,k} \cdot PD_i \quad (4-74)$$

$$\sigma_{sk} = \sum_{i=1}^N \theta_{i,k} \cdot \sigma_i \quad (4-75)$$

Durch die Annahme 4 ist die Verteilung der Sektorausfallwahrscheinlichkeit durch die beiden Parameter der Gleichungen (4-74) und (4-75) vollständig bestimmt, da die Gammaverteilung bereits durch die Angabe des Erwartungswertes und der Standardabweichung komplett beschrieben werden kann. Ergänzend ist unter Berücksichtigung der Annahme 5 auch die Verteilung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten festgelegt, so dass der Zusammenhang zwischen Sektorausfallwahrscheinlichkeiten ( $PD_{sk}$ ) und der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeit eines Kreditnehmers ( $PD_i$ ) folgendermaßen dargestellt werden kann.<sup>1011</sup>

$$PD_i = \sum_{k=1}^K \frac{PD_{sk}}{\mu_{sk}} \cdot \theta_{i,k} \cdot \mu_i \quad (4-76)$$

mit

$K$  = Anzahl der Sektoren

$PD_i$  = Realisationen der Ausfallwahrscheinlichkeit des  $i$ -ten Kreditnehmers

$PD_{sk}$  = Realisationen der Sektorausfallwahrscheinlichkeit (für  $k = 1, \dots, K$ )

$\mu_{sk}$  = Erwartungswerte der Sektorausfallwahrscheinlichkeiten

$\theta_{i,k}$  = Anteil der erwarteten Ausfallrate des  $i$ -ten Kreditnehmers am Erwartungswert der Ausfallwahrscheinlichkeit des  $k$ -ten Sektors

$\mu_i$  = Erwartungswert der Ausfallwahrscheinlichkeit (erwartete Ausfallrate) des  $i$ -ten Kreditnehmers

<sup>1010</sup> Vgl. Wilde (1997), S. 52.

<sup>1011</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilde (1997), S. 44-52, Niethen (2001), S. 62-64, sowie Kretschmer (1999), S. 371-373.

Entsprechend der Gleichung (4-76) kann der Wert

$$PD_{i,k} = \frac{PD_{sk}}{\mu_{sk}} \cdot \theta_{i,k} \cdot \mu_i \quad (4-77)$$

als die anteilige Ausfallwahrscheinlichkeit des i-ten Kreditnehmers bezogen auf den Sektor k interpretiert werden. Es muss jedoch festgehalten werden, dass eine solche Interpretation relativ schwierig ist, wenn angenommen wird, dass ein Kreditnehmer mehreren Sektoren zugeordnet ist. Zum Verständnis sei von der Annahme ausgegangen, dass ein Kreditnehmer ausschließlich einem Sektor zugerechnet wird ( $\theta_{i,k} = 1$ ). In einem solchen Fall würde sich eine Schwankung der Sektorausfallwahrscheinlichkeit ( $PD_{sk}$ ) mit dem Quotienten der Erwartungswerte als Faktor ( $\mu_i / \mu_{sk}$ ) auf die individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit auswirken. Im Falle einer Zuordnung zu mehreren Sektoren hätte der Wert  $PD_{i,k}$  eine ausschließlich mathematische Bedeutung.

Im Weiteren sei von einem Sektor k ausgegangen, für dessen N Kreditnehmer die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten  $PD_{i,k}$  bekannt sind. Aufgrund der Unabhängigkeitsannahme der Ausfallereignisse ergibt sich die Verteilung der tatsächlichen Ausfälle im betrachteten Sektor durch die Multiplikation der N schuldnerspezifischen Binomialverteilungen unter Berücksichtigung der individuellen  $PD_{i,k}$ . Aufgrund der Annahme 2 kann die Binomialverteilung in CreditRisk+™ durch die Poissonverteilung approximiert werden, so dass sich in Abhängigkeit von der festgelegten Realisation der Sektorausfallwahrscheinlichkeiten<sup>1012</sup>  $PD_{sk}$  die Wahrscheinlichkeit für n Ausfälle in Sektor k folgendermaßen bestimmen lässt.<sup>1013</sup>

$$P(n \text{ Ausfälle} | PD_{sk}) = \frac{e^{-PD_{sk}} \cdot \mu_{sk}^n}{n!} \quad (4-78)$$

In einem weiteren Schritt sollen nun alle potenziellen Realisationen der Sektorausfallwahrscheinlichkeiten bzw. alle möglichen Verteilungen der Ausfälle im Sektor k berücksichtigt werden. Hierzu muss die Gammaverteilung der Sektorausfallrate mit der Poissonverteilung für die tatsächlichen Ausfälle (bei gegebener Ausfallrate) zusammengeführt werden.  $f_{sk}(PD_{sk})$  bezeichnet hierbei die Dichtefunktion der Gammaverteilung im Sektor k.

$$P(n \text{ Ausfälle} | PD_{sk}) = \int_{PD_{sk}} P(n \text{ Ausfälle} | PD_{sk}) f_{sk}(PD_{sk}) dPD_{sk} \quad (4-79)$$

Aus der Kombination der Gamma- und Poissonverteilung resultiert eine negative Binomialverteilung, so dass sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von n Ausfällen im k-ten Sektor gemäß Gleichung (4-80) ergibt.<sup>1014</sup>

<sup>1012</sup> An dieser Stelle ist es unerheblich, ob die Realisation der Sektorausfallwahrscheinlichkeiten oder die Realisationen der individuellen  $PD_i$  spezifiziert werden, da die Werte jeweils über Gleichung (4-76) bestimmt bzw. ineinander überführt werden können.

<sup>1013</sup> Vgl. Wahrenburg/Niethen (2000a), S. 241.

<sup>1014</sup> Siehe für eine vollständige formale Herleitung Wilde (1997), S. 45.

$$P(n \text{ Ausfälle}) = (1 - p_{sk})^{\alpha_{sk}} \cdot \binom{n + \alpha_{sk} - 1}{n} \cdot p_{sk}^n, \quad (4-80)$$

$$\text{mit } p_{sk} = \frac{\beta_{sk}}{1 + \beta_{sk}}, \quad \beta_{sk} = \frac{\sigma_{sk}^2}{\mu_{sk}} \quad \text{und} \quad \alpha_{sk} = \frac{\mu_{sk}^2}{\sigma_{sk}^2}$$

Wie aus der Gleichung (4-80) ersichtlich ist, lässt sich die Verteilung der Ausfälle eines Sektors analytisch bestimmen, wobei die Anzahl der Ausfälle in Abhängigkeit zum Erwartungswert und der Standardabweichung der sektorspezifischen Ausfallrate steht. Die letztgenannten Werte weisen wiederum eine Abhängigkeit zu den Erwartungswerten und Standardabweichungen der individuellen Schuldner-Ausfallrate sowie zu den jeweiligen Sektoranteilen auf, so dass sich trotz der unterstellten Unabhängigkeit der individuellen Ausfallraten eine korrelierte Ausfallverteilung für einen Sektor ergibt. Die Gesamtverteilung der Ausfälle eines Portfolios ergibt sich wie bereits erläutert aus der Multiplikation der einzelnen Verteilungen der Sektorausfälle.

Bei CR weisen zwei Kreditnehmer eine positive Korrelation auf, insofern sie zumindest anteilig ein und demselben Sektor zugeordnet sind. Implizit bedeutet dies, dass ihre Ausfallwahrscheinlichkeiten von dem gleichen Faktor (zumindest anteilig) abhängen und dementsprechend gleichgerichtet auf Veränderungen des Hintergrundfaktors reagieren.

Prinzipiell kann mit der Methodik des Modells auch eine paarweise Ausfallkorrelation berechnet werden. Analog zu den Erläuterungen bei den strukturellen Ansätzen muss hierzu jedoch in einem ersten Schritt die erwartete gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit ( $\mu_{i,j}$ ) gemäß der folgenden Gleichung bestimmt werden.<sup>1015</sup>  $n$  bezeichnet hierbei die Anzahl der betrachteten Sektoren.

$$\mu_{i,j} = \mu_i \cdot \mu_j + \mu_i \cdot \mu_j \cdot \sum_{k=1}^n \theta_{i,k} \cdot \theta_{j,k} \cdot \left( \frac{\sigma_{sk}}{\mu_{sk}} \right)^2 \quad (4-81)$$

Nachdem die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit der Kreditnehmer  $i$  und  $j$  bestimmt ist, kann die paarweise Ausfallkorrelation durch die Standardgleichung (4-32) berechnet werden. Unter Berücksichtigung der an dieser Stelle gewählten Notation ergibt sich somit für den Korrelationskoeffizienten.

$$\rho(i,j) = \frac{\mu_{i,j} - \mu_i \cdot \mu_j}{\sqrt{\mu_i \cdot (1 - \mu_i)} \cdot \sqrt{\mu_j \cdot (1 - \mu_j)}} = \frac{\sqrt{\mu_i \cdot \mu_j}}{\sqrt{1 - \mu_i} \cdot \sqrt{1 - \mu_j}} \cdot \sum_{k=1}^n \theta_{i,k} \cdot \theta_{j,k} \cdot \left( \frac{\sigma_{sk}}{\mu_{sk}} \right)^2 \quad (4-82)$$

Im Technical Document von CR wird der Nenner auf der rechten Seite von Gleichung (4-82) durch Eins approximiert, so dass sich die paarweise Ausfallkorrelation vereinfacht wie folgt berechnen lässt.<sup>1016</sup>

<sup>1015</sup> Vgl. und siehe für eine ausführliche Herleitung Wilde (1997), S. 56 f.

<sup>1016</sup> Vgl. Bröker (2000), S. 106.

$$\rho_{i,j} = \sqrt{\mu_i \cdot \mu_j} \cdot \sum_{k=1}^n \theta_{i,k} \cdot \theta_{j,k} \cdot \left( \frac{\sigma_{sk}}{\mu_{sk}} \right)^2 \quad (4-83)$$

Aus der letzten Gleichung ist gut ersichtlich, dass die Ausfallkorrelation zwischen zwei Kreditnehmern Null ergibt, wenn sie nicht zumindest teilweise den gleichen Sektoren angehören. Für den Fall, dass zwei Schuldner keinerlei Übereinstimmungen bei den Sektoren aufweisen, wird jeweils der Wert für  $\theta_{i,k}$  bzw. für  $\theta_{j,k}$  Null ergeben, so dass sich folglich auch für  $\rho_{i,j}$  der Wert Null einstellt.

#### 4.4.2.4.3 Korrelation von Bonitätsveränderungen am Beispiel Credit Portfolio View™

Analog zu den strukturellen Ansätzen wird zum Abschluss dieses Unterkapitels exemplarisch am Beispiel von Credit Portfolio View™ (CPV) erläutert, wie Korrelationen von Bonitätsveränderungen bei den reduzierten Ansätzen berücksichtigt werden können. CPV zählt dabei genau wie CreditRisk+™ zu den Modellen der bedingten Unabhängigkeit, wobei CPV genauer ein Multi-Faktormodell darstellt, welches die Ausfall- bzw. Verlustverteilungen sowie Änderungen der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von makroökonomischen Hintergrundfaktoren bzw. in Abhängigkeit vom momentanen Zustand des ökonomischen Umfelds modelliert.<sup>1017</sup> Die Ausfallereignisse zwischen den Kreditnehmern werden bei diesem Modell ebenfalls als unabhängig angenommen.

Die Berücksichtigung von makroökonomischen Faktoren<sup>1018</sup> zur Modellierung der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten lässt sich empirisch dadurch begründen, dass sowohl Ausfall- als auch Migrationswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Veränderung der makroökonomischen Faktoren Schwankungen unterliegen. Im Falle einer Rezession steigen daher beispielsweise die Ausfallwahrscheinlichkeiten (und damit auch die Ausfälle) und die Wahrscheinlichkeiten für Downgrades steigen während die für Upgrades sinken.<sup>1019</sup> Es lässt sich jedoch auch empirisch beobachten, dass die jeweiligen Ausfall- und Migrationsraten in verschiedenen Segmenten (z. B. Branchen) nicht gleich stark auf Veränderungen der makroökonomischen Faktoren reagieren.<sup>1020</sup> Des Weiteren können für verschiedene Segmente ggf. unterschiedliche Faktoren identifiziert werden, die einen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeiten aufweisen.<sup>1021</sup>

CPV berücksichtigt diese Sachverhalte, indem zunächst das Kreditportfolio in Risikosegmente unterteilt wird, die die Sensitivität der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten auf das gesamte bzw. segmentspezifische ökonomische Umfeld beschreiben.<sup>1022</sup> Je nach Segment können dabei auch verschiedene makroökonomische Faktoren verwendet werden. Innerhalb des Modells wird jedoch die Annahme getroffen, dass jeder Kreditnehmer genau einem Risikosegment zugeordnet werden kann. Das Ziel von CPV liegt nun in der Bestimmung von gemeinsamen und korrelierten Ausfall- sowie Migrationswahr-

<sup>1017</sup> Vgl. Wilson (1997), S. 111 f.

<sup>1018</sup> Als Beispiele für makroökonomische Daten können die Wachstumsrate des Bruttoinlandproduktes oder die Arbeitslosenquote genannt werden.

<sup>1019</sup> Vgl. Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 113.

<sup>1020</sup> Siehe Abbildung 4.4-1.

<sup>1021</sup> Vgl. Wilson (1998), S. 74.

<sup>1022</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 68.



scheinlichkeiten, wobei die Vorgehensweise dazu grob in drei Schritte unterteilt werden kann. In einem ersten Schritt wird der Zustand des ökonomischen Umfelds simuliert, indem über die Ausprägungen der makroökonomischen Faktoren ein segmentspezifischer makroökonomischer Index ermittelt wird. In einem zweiten Schritt werden über die jeweiligen Indizes korrelierte segmentspezifische Ausfallwahrscheinlichkeiten errechnet. Anhand dieser Wahrscheinlichkeiten können in einem dritten und abschließenden Schritt in Bezug auf die makroökonomischen Faktoren bedingte Migrationswahrscheinlichkeiten für verschiedene Zeithorizonte generiert werden.<sup>1023</sup>

Für die Simulation des Zustands des ökonomischen Umfelds müssen zunächst die Ausprägungen der makroökonomischen Faktoren für einen bestimmten Zeitpunkt bestimmt werden. Hierbei wird angenommen, dass für die Entwicklung der Faktoren ein zeitlicher Zusammenhang besteht, so dass deren Ausprägungen zum Zeitpunkt  $t$  von den Ausprägungen der Vergangenheit abhängig sind.<sup>1024</sup> Dieser Zusammenhang wird durch die folgende Regressionsgleichung zur Bestimmung des Wertes des  $i$ -ten Faktors im  $j$ -ten Segment zum Zeitpunkt  $t$  verdeutlicht. Die Parameter  $k_i$  bezeichnen hierbei die Konstanten, die es im Rahmen der Regressionsanalyse zu schätzen gilt, und  $\delta_{j,i,t}$  stellt einen normalverteilten Residualterm dar, der die unerwarteten Entwicklungen des makroökonomischen Faktors beschreibt.

$$X_{j,i,t} = k_{i,0} + k_{i,1} \cdot X_{j,i,t-1} + k_{i,2} \cdot X_{j,i,t-2} + \dots + k_{i,n} \cdot X_{j,i,t-n} + \delta_{j,i,t} \quad (4-84)$$

Anhand der ermittelten Werte der makroökonomischen Faktoren ist es nun möglich, für jedes Segment einen makroökonomischen Index für den betrachteten Zeitpunkt  $t$  zu bestimmen, wofür die Regressionsgleichung (4-85) verwendet wird.  $y_{j,t}$  entspricht dabei der Ausprägung des Indexes für Segment  $j$ , die Parameter  $\beta_j$  sind die Regressionskoeffizienten und  $\tau_{j,t}$  stellt ebenfalls einen normalverteilten Residualterm dar, der die unerwartete Entwicklung des sektorspezifischen Indexes beschreibt.

$$y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1} \cdot X_{j,1,t} + \beta_{j,2} \cdot X_{j,2,t} + \dots + \beta_{j,n} \cdot X_{j,n,t} + \tau_{j,t} \quad (4-85)$$

Nach der Berechnung der segmentspezifischen Indizes über die Gleichungen (4-84) und (4-85) erfolgt nun im zweiten Schritt die Berechnung von korrelierten Ausfallwahrscheinlichkeiten ( $PD_{j,t}^k$ ) für jedes Segment. Hierbei wird jede Realisation der makroökonomischen Indizes über eine Logit-Funktion in eine Wahrscheinlichkeit überführt.

$$PD_{j,t}^k = \frac{1}{1 + e^{y_{j,t}}} \quad (4-86)$$

Aus der Gleichung (4-86) wird deutlich, dass die segmentspezifische Ausfallwahrscheinlichkeit direkt von den makroökonomischen Hintergrundfaktoren abhängt. Für die Bestimmung von  $PD_{j,t}^k$  werden somit die aktuellen und vergangenen Ausprägungen der jeweiligen Faktoren  $X_{j,i,t}$ , die Regressionskoeffizienten  $k_i$  und  $\beta_j$  sowie die beiden Residualterme benötigt. Die Ausprägungen der Faktoren können dabei aus historischen Datenreihen und die Parameter  $k_i$  und  $\beta_j$  im Rahmen der Regressionsanalyse

<sup>1023</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 59.

<sup>1024</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilson (1997), S. 112-114, sowie Wiedemann (2004), S. 198-200.

geschätzt werden. D. h., die noch zu bestimmenden Parameter zur Prognose der Segmentausfallwahrscheinlichkeiten sind die beiden Residualterme  $\delta_{j,i,t}$  und  $\tau_{j,t}$ . Für beide Residualterme wird eine Normalverteilung unterstellt, so dass deren Erwartungswerte und Standardabweichungen ebenfalls im Rahmen der ökonometrischen Analyse der Faktoren und Sektorindizes geschätzt werden können. Die Besonderheit an dieser Stelle ist jedoch, dass die Zufallsverteilungen der beiden Parameter nicht unabhängig voneinander sind, sondern eine Korrelation aufweisen.

Mithilfe der Gleichungen (4-84) - (4-86) werden in CPV die Ausfallraten der Segmente für bestimmte Zeitpunkte anhand einer Monte-Carlo-Simulation ermittelt, bei der ausschließlich für die beiden Residualterme Zufallszahlen gezogen werden, da die restlichen Inputparameter bereits durch die historischen Zeitreihen der Hintergrundfaktoren und die Regressionsanalysen festgelegt sind. Es werden für die Ziehung der Zufallszahlen somit die paarweisen Korrelationen der Fehlerterme benötigt, die in Form einer Varianz-Kovarianz- oder in Form einer Korrelationsmatrix angegeben werden.<sup>1025</sup> Die Fehlerterme werden hierbei folgendermaßen miteinander kombiniert:<sup>1026</sup>

$$F = \begin{pmatrix} \tau \\ \delta \end{pmatrix} \sim N(0, \Psi) \quad \text{mit} \quad \Psi = \begin{pmatrix} \Psi_{\tau} & \Psi_{\tau,\delta} \\ \Psi_{\delta,\tau} & \Psi_{\delta} \end{pmatrix} \quad (4-87)$$

F bezeichnet hierbei den  $(j + i)$  Vektor der Fehlerterme und  $\psi$  die entsprechende  $(j + i) \cdot (i + j)$  Kovarianzmatrix. Um in einem weiteren Schritt korrelierte Residualterme simulieren zu können, muss die Kovarianzmatrix  $\psi$  im Rahmen der Cholesky-Dekomposition quadratisch zerlegt werden. Das Vorgehen ist hierbei identisch zu dem in Abschnitt 4.4.2.3.3 aufgezeigten, so dass auch hier gilt:

$$\Psi = CM \cdot CM^T \quad (4-88)$$

Für die Simulation der gemeinsamen Verteilung der Ausfallraten aller Segmente für verschiedene Zeithorizonte werden nun in jedem Simulationslauf in Abhängigkeit der Anzahl an Segmenten und makroökonomischen Faktoren  $(j + i)$  unkorrelierte standardnormalverteilte Zufallsvariablen generiert und zu einem Vektor  $z_t$  zusammengefasst. Zur Berücksichtigung der Korrelationen zwischen den Residualtermen und damit zur Generierung von korrelierten Ausprägungen des Vektors  $F_t$  zum Zeitpunkt  $t$  wird nun der Vektor der unabhängigen Zufallsvariablen  $z_t$  mit der transponierten Cholesky-Matrix multipliziert.

$$F_t = CM^T \cdot z_t \quad (4-89)$$

Die so generierten Werte für die Residualterme können nun in die Gleichungen (4-84) und (4-85) eingesetzt werden, so dass im Anschluss durch Gleichung (4-86) für jeden Simulationslauf eine korrelierte Ausfallrate für jedes Segment berechnet werden kann.

Für die Ermittlung der korrelierten Migrationswahrscheinlichkeiten zwischen den Ratingklassen für beliebige Zeitpunkte verwendet CPV als ergänzende Inputparameter die Migrations- und Ausfallwahr-

<sup>1025</sup> Dadurch, dass sowohl die Erwartungswerte als auch die Standardabweichungen der Residualterme bekannt sind, können auch die Kovarianz bzw. der Korrelationskoeffizient eindeutig bestimmt werden.

<sup>1026</sup> Vgl. auch im Folgenden Wilson (1997), S. 114 f., sowie Crouhy/Galai/Mark (2000), S. 115.

scheinlichkeiten von unkorrelierten (unbedingten) Migrationsmatrizen.<sup>1027</sup> Der Nachteil dieser unkorrelierten Migrationsmatrizen besteht i. d. R. darin, dass ihre Werte in einer Durchschnittsbetrachtung über längere Zeithorizonte bestimmt werden, so dass sie dadurch keinerlei Abhängigkeit zum aktuellen Zustand des ökonomischen Umfelds aufweisen. CPV verwendet nun diese historischen Matrizen und passt sie mithilfe der im zweiten Schritt simulierten makroökonomischen Zustände an. Diese Anpassung erfolgt dabei über einen so genannten Risikofaktor (RF) in Abhängigkeit vom Verhältnis der über Gleichung (4-86) simulierten Ausfallwahrscheinlichkeiten ( $PD_{j,t}$ ) und der aus den historischen Migrationsmatrizen zu entnehmenden durchschnittlichen Ausfallwahrscheinlichkeiten (PD).

$$RF = \frac{PD_{j,t}}{PD} \quad (4-90)$$

Ein Risikofaktorwert von größer Eins, weist auf eine momentane Wirtschaftslage hin, die schlechter ist als deren langfristiger Durchschnitt. In solchen Fällen werden die Ausfallwahrscheinlichkeiten und die Wahrscheinlichkeiten für Downgrades angehoben und die Wahrscheinlichkeiten für Upgrades gesenkt. Im gegenteiligen Fall, bei Werten von kleiner Eins, sinken die Ausfallwahrscheinlichkeiten und die Wahrscheinlichkeiten für Downgrades, während die für Upgrades ansteigen. CPV bedient sich hierbei eines „Shift-Operators“, der jeweils Wahrscheinlichkeitsmasse aus der empirischen Transitionsmatrix, je nach simuliertem Ergebnis, nach rechts oder nach links verschiebt.<sup>1028</sup> 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. Die folgende Tabelle zeigt die möglichen Ausprägungen des Risikofaktors.

Risikofaktor	Konjunkturlage	Einfluss auf Rating-Migrationen
RF = 1	langfristiger Wachstumstrend	kein Einfluss
RF > 1	Rezession	vermehrt abwärts tendierende Rating-Migrationen
RF < 1	Aufschwung	vermehrt aufwärts tendierende Rating-Migrationen

Tabelle 4.4-3: Risikofaktor und Ratingmigrationen<sup>1029</sup>

Auf diese Weise ergeben sich die auf den aktuellen Zustand der Ökonomie bedingten und korrelierten Übergangsmatrizen ( $MM_t^k$ ) für den Zeithorizont t in Abhängigkeit der simulierten und durchschnittlichen Ausfallwahrscheinlichkeit sowie der historischen Migrationsmatrix.  $MM_t^k$  bezeichnet hierbei nicht die historische Migrationsmatrix, sondern die zur Bestimmung von  $MM_t^k$  verwendete Funktion.

<sup>1027</sup> Siehe Abschnitt 4.2.3.3.4 zur Schätzung von Migrationswahrscheinlichkeiten.

<sup>1028</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 61 f.

<sup>1029</sup> Quelle: Schierenbeck (2003b), S. 188.

$$MM_t^k = MM_f \left( \frac{PD_{j,t}}{PD} \right) \quad (4-91)$$

Durch diesen Zusammenhang können nun für alle in die Zukunft gerichteten Entwicklungen der simulierten segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeiten die kumulierten Migrationsmatrizen für beliebige Zeithorizonte T über die folgende Gleichung bestimmt werden.<sup>1030</sup>

$$MM_T^k = \prod_{t=1}^T MM_f \left( \frac{PD_{j,t}}{PD} \right) \quad (4-92)$$

In der Regel wird die Matrix aus (4-92) über einen Monte Carlo Ansatz in mehreren Durchläufen simuliert, so dass sich daraus die korrelierten mehrjährigen Verteilungen der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten ergeben. Dieses Vorgehen kann dabei für jede denkbare Kombination aus Zeitperiode, Ratingklasse und Risikosegment vorgenommen werden. Sind die Verteilungen der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten erstmal bestimmt, kann im Anschluss mit deren Hilfe die Verlustverteilung eines Portfolios bestimmt werden.<sup>1031</sup>

Als Besonderheit von CPV kann abschließend festgehalten werden, dass zwei Kreditnehmer, die derselben Ratingklasse, aber unterschiedlichen Risikosegmenten angehören, ggf. unterschiedliche bedingte Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten aufweisen können. Über die historischen Migrationsmatrizen verfügen zwar beide Kreditnehmer – aufgrund ihrer Ratingklassenzugehörigkeit – über dieselben erwarteten Ausfall- und Migrationsraten, allerdings wird die Verteilung der konjunkturabhängigen Wahrscheinlichkeiten um diese Erwartungswerte durch das jeweilige Risikosegment determiniert. Das aus der Anpassung der Migrationsmatrix auf den aktuellen Zustand des ökonomischen Umfelds Unterschiede in den daraus entstehenden Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten für Kreditnehmer der gleichen Ratingklasse resultieren können, kann leicht durch die Bestimmungsgleichung des Risikoindex bzw. der segmentspezifischen Ausfallwahrscheinlichkeit nachvollzogen werden. Der Risikoindex wird ausschließlich in Abhängigkeit der unterstellten Hintergrundfaktoren ermittelt, so dass an dieser Stelle keinerlei Informationen in Bezug auf die Risikoklasse eines Kreditnehmers einfließen. Als Ergebnis kann somit festgestellt werden, dass die erwartete Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeit von Schuldnern aus unterschiedlichen Segmenten aber einheitlicher Risikoklassenzuordnung identisch ist, während die Verteilungen der Ausfallwahrscheinlichkeit um diesen Erwartungswert jedoch verschieden sein können.<sup>1032</sup>

<sup>1030</sup> Vgl. Wilson (1997), S. 113.

<sup>1031</sup> Vgl. Lipponer (2000), S. 61 f.

<sup>1032</sup> Vgl. Niethen (2001), S. 71.

#### 4.4.2.5 Vergleich und Diskussion der Ansätze

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten verschiedene Ansätze zur Schätzung bzw. Berücksichtigung von Korrelationen im Kreditportfolio erläutert wurden, befasst sich dieser Abschnitt mit einem Vergleich der Ansätze sowie mit einer Diskussion in Bezug auf deren Praxistauglichkeit. Zum Beginn dieses Kapitels wurde bereits aufgezeigt, dass sich weder in der Literatur noch in der Praxis ein optimales Verfahren herausgestellt hat. Der Hauptgrund hierfür kann in den unterschiedlichen Annahmen und benötigten Inputparametern gesehen werden, die dazu führen, dass einige Verfahren in Bezug auf bestimmte Kreditnehmertypen vorteilhafter erscheinen. Für die Wahl eines Verfahrens gilt es somit zu überprüfen, welche Kreditnehmertypen in dem jeweiligen Portfolio enthalten sind.

Beim Vergleich der angeführten Ansätze fällt zunächst auf, dass die empirische Schätzung der Korrelationen das einfachste Verfahren darstellt. Dieser Ansatz ist besonders durch die geringe Anzahl zu bestimmender Parameter charakterisiert, da die Ausfallkorrelationen ausschließlich durch die historischen Ausfallraten in bestimmten Kreditnehmersegmenten bestimmt werden. Aufgrund der geringen Parameteranzahl und der einfachen Anwendbarkeit erfüllt das Verfahren daher die Anforderungen der möglichst geringen Anzahl an Inputparametern, der einfachen Implementierung sowie der Anwendbarkeit über alle Kreditnehmertypen.<sup>1033</sup> Die empirische Schätzung der Korrelationen geht jedoch von sehr restriktiven Annahmen aus, so dass z. B. die gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeiten für alle Kreditnehmerpaare als identisch unterstellt werden, was zu einer grundsätzlichen Durchschnittsbetrachtung führt. Daher erfüllt der Ansatz nicht die Anforderungen der realitätsnahen Ermittlung der Ausfallkorrelationen sowie der Möglichkeit der Nachbildung historischer Zeitperioden. Des Weiteren reicht die zur validen Schätzung der Korrelationen benötigte Datenbasis häufig (noch) nicht aus, so dass die Ergebnisse aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungspunkten mit großen Schätzfehlern verbunden sind. Der Ansatz der empirischen Korrelationsschätzung kann aufgrund der Nicht-Erfüllung dieser K.O.-Kriterien für den Praxiseinsatz als nicht geeignet angesehen werden.

Im Vergleich zum empirischen Ansatz benötigen die strukturellen Ansätze im Allgemeinen mehr Inputparameter, wobei zwischen der Verwendung einer direkten Korrelationsmatrix und der Verwendung eines Multi-Faktormodells differenziert werden muss.<sup>1034</sup> Für den Fall des Einsatzes einer direkten Korrelationsmatrix werden als Inputparameter die paarweisen Korrelationen der Assetrenditen sowie die individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Schuldner benötigt. Als Problempunkt ist hier die Bestimmung der Assetrenditen zur Korrelationsschätzung festzuhalten, da diese häufig nicht beobachtet werden können, so dass approximativ Aktienrenditen verwendet werden.<sup>1035</sup> Dieser Punkt bedeutet jedoch eine nur eingeschränkte Erfüllung der Anforderungen relativ realistischer Korrelationsschätzungen und Nachbildung historischer Zeitperioden, da hierbei implizit die Annahme getroffen wird, dass die Unternehmen ihre Aktiva ausschließlich durch Eigenkapital finanzieren bzw. das Fremdkapital keinerlei Schwankungen unterliegt. Die angeführte Problematik der Unterschätzung der Ausfallkorrelationen

<sup>1033</sup> Siehe für die Anforderungen Abschnitt 4.4.2.1.

<sup>1034</sup> Für beide Ansätze wird jedoch davon ausgegangen, dass Unternehmenswerte und deren Korrelationen nicht beobachtbar sind, und die Abhängigkeiten über andere Parameter approximiert werden.

<sup>1035</sup> Vgl. Hamerle/Rösch (2003), S. 200.

sowie des Portfoliorisikos durch die Approximation über Aktienrenditen führt somit zu verzerrten Ergebnissen. Ungeachtet dieses Schätzfehlers lassen sich die Aktienrenditen zudem auch nur für börsennotierte Unternehmen beobachten und zufriedenstellend schätzen, so dass für nicht dotierte Unternehmen Daten von vergleichbaren Schuldnern verwendet werden oder ggf. auf Korrelationen von Aktienindizes zurückgegriffen wird.<sup>1036</sup> Da auf diese Weise der mögliche Schätzfehler für diese Unternehmen noch vergrößert wird, verstößt dieser Ansatz ergänzend gegen die Anforderung der Anwendbarkeit für alle Kreditnehmertypen. Die Verwendung einer direkten Korrelationsmatrix führt dazu, dass eine große Anzahl an Parametern geschätzt werden muss. Selbst bei kleinen Portfolios ist die Anzahl der zu schätzenden Korrelationspaare so groß, dass ein praktischer Einsatz kaum möglich ist. Aus diesem Grund wird auch die Anforderung der möglichst geringen Anzahl von Parametern nicht erfüllt. Die Implementierbarkeit dieses Ansatzes kann als akzeptabel eingestuft werden, da die grundsätzliche Vorgehensweise relativ einfach ist. Durch die Verwendung eines Simulationsverfahrens in Kombination mit der großen Anzahl an Parametern zur Generierung der korrelierten Renditen stellt sich jedoch die Rechenzeit als negativer Faktor dar, so dass die Anforderung der leichten Implementierbarkeit als nur bedingt erfüllt angesehen wird. Insgesamt ist auch dieser Ansatz nicht für einen Praxiseinsatz geeignet, da die zu große Menge zu schätzender Inputparameter als K.O.-Kriterium angesehen werden kann. Der strukturelle Ansatz unter Verwendung einer direkten Korrelationsmatrix ist daher ausschließlich für sehr kleine Portfolios mit überwiegend börsennotierten Unternehmen geeignet.

Bei der Verwendung eines Multi-Faktormodells müssen neben den individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Schuldner ergänzend die systematischen Faktoren, die paarweisen Korrelationen der Faktoren sowie die Gewichte der systematischen und unsystematischen Faktoren bestimmt werden. Auch wenn sich auf den ersten Blick der Eindruck ergibt, dass die Anzahl der Inputparameter größer ist als bei der Verwendung einer direkten Korrelationsmatrix, wird in Wirklichkeit die Anzahl signifikant reduziert. Während bei der direkten Korrelationsmatrix  $(N \cdot (N-1)/2)$  Parameter geschätzt werden müssen, sind es beim Einsatz eines Multi-Faktormodells lediglich  $(K \cdot N + K \cdot (K-1)/2)$  Parameter, so dass der Anforderung der geringen Menge von Parametern entsprochen wird.<sup>1037</sup> Innerhalb des Faktormodells wird häufig auf Aktienindizes zurückgegriffen, so dass analog zur direkten Korrelationsmatrix die Verwendung dieses Verfahrens besonders für börsennotierte Unternehmen prädestiniert erscheint. Daher können die Anforderungen der realitätsnahen Korrelationsschätzung sowie der Nachbildung historischer Zeitperioden ebenfalls nur als bedingt erfüllt angesehen werden. Für die Anwendbarkeit für alle Kreditnehmer gelten die Erläuterungen zum vorigen Ansatz. Bei der Implementierung muss eine bedingte Eignung konstatiert werden, da zum einen das Faktormodell relativ komplex ist und die Generierung der korrelierten Renditen über ein Simulationsverfahren erfolgt, für das eine relativ hohe Rechendauer zu erwarten ist. Aufgrund der approximativen Schätzung der Assetkorrelationen und der dadurch fehlenden Anwendbarkeit für alle Kreditnehmertypen kann dieser Ansatz insgesamt ebenfalls nur als bedingt geeignet für den Praxisansatz bewertet werden.

<sup>1036</sup> Vgl. Ammann/Schmid/Wegmann (2000), S. 44.

<sup>1037</sup> N entspricht hierbei der Anzahl der Kreditnehmer im Portfolio und K der Anzahl der Faktoren.

Als letztes Verfahren bei den strukturellen Ansätzen wurde das Modell CreditMetrics™ erläutert. In Bezug auf die Anforderungserfüllung gelten hier die Erläuterungen zu dem Ansatz des Multi-Faktormodells. Der einzige Unterschied besteht darin, dass aufgrund der Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen ergänzend die Migrationswahrscheinlichkeiten als Inputparameter benötigt werden. Da diese jedoch über interne Ratingsysteme geschätzt und als exogene Größen in das Modell eingehen, ergibt sich für die Anforderung der Inputparameter ebenfalls keine Abweichung.

Die reduzierten Ansätze benötigen zwar mehr Inputparameter als der Ansatz zur empirischen Schätzung, im Vergleich zu den strukturellen Ansätzen modellieren sie jedoch die Abhängigkeiten der Schuldner auf Basis einer kleineren Anzahl von Parametern, da sie keine paarweisen Korrelationen als exogen zu bestimmende Inputparameter verwenden.<sup>1038</sup> D. h., während bei den strukturellen Ansätzen die Korrelationsmatrix der Renditen bzw. der Faktoren geschätzt werden muss, modellieren die reduzierten Ansätze die Korrelationen ausschließlich implizit über eine gemeinsame Abhängigkeit von makroökonomischen Hintergrundfaktoren.

CreditRisk+™ sowie Credit Portfolio View™ gelangen dabei zu relativ realitätsnahen Korrelationen und sind dabei in der Lage, historische Zeitperioden adäquat nachzubilden. Beide Anforderungen werden daher von den Modellen erfüllt. Bei den Inputparametern unterscheiden sich die beiden Modelle jedoch voneinander. Während CR als Inputparameter die erwarteten individuellen Ausfallwahrscheinlichkeiten und deren Volatilität sowie die entsprechenden Gewichte für die Sektorzugehörigkeit benötigt, verwendet CPV historische Ausprägungen der makroökonomischen Faktoren sowie eine unbedingte und unkorrelierte Migrationsmatrix. Aufgrund dieser geringen Anzahl von Parametern und deren relativ guten Verfügbarkeit kann auch die Anforderung der geringen Anzahl von zu schätzenden Parametern für beide Verfahren als erfüllt angesehen werden. In Bezug auf die Implementierbarkeit weisen sie jedoch signifikante Unterschiede auf. CR ermöglicht eine analytische Lösung der korrelierten Ausfallverteilungen, so dass die Rechenzeit an dieser Stelle im Vergleich zu den anderen Ansätzen (mit Ausnahme der empirischen Schätzung) als sehr gering erachtet werden kann. Zudem ist es möglich, eine Standardversion von CR in Excel zu realisieren, so dass der Anforderung der leichten Implementierung entsprochen wird.<sup>1039</sup> CPV kann dagegen in Bezug auf die Implementierung eher mit den strukturellen Ansätzen, die auf einem Multi-Faktormodell basieren, verglichen werden. Das Verfahren an sich kann zwar in Bezug auf die Vorgehensweise relativ einfach implementiert werden, da CPV aber ebenfalls auf Basis einer Monte-Carlo-Simulation realisiert ist, liegt die Rechendauer über der von CR, so dass diese Anforderung analog zu den strukturellen Ansätzen nur bedingt erfüllt ist.<sup>1040</sup> Ein weiterer Vorteil der beiden reduzierten Ansätze gegenüber den strukturellen Ansätzen besteht darin, dass die Inputparameter für jeden Kreditnehmertypen bestimmt werden können und somit keine Beschränkung auf bestimmte Schuldner besteht. Daher kann auch die Anforderung der Anwendbarkeit für alle Kreditnehmergruppen als erfüllt konstatiert werden. Insgesamt stellen sowohl CR als auch CPV Ansätze dar, die für den

<sup>1038</sup> Aufgrund der hohen Verbreitung in der Praxis werden bei der Diskussion nur die beiden zu den Verfahren der bedingten Unabhängigkeit gehörenden Modelle CR und CPV berücksichtigt.

<sup>1039</sup> An dieser Stelle muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Excel-Implementierung i. d. R. nicht den Anforderungen der (internen) Revision entspricht.

<sup>1040</sup> Dieser Problempunkt kann jedoch aufgrund der hohen Rechenleistung heutiger Server ggf. relativiert werden.

Einsatz in der Praxis grundsätzlich geeignet sind. Die folgende Tabelle gibt noch einmal einen zusammenfassenden Überblick über die Anforderungsanalyse der verschiedenen Ansätze.

Anforderungen	empirische Schätzung	strukturelle Ansätze			reduzierte Ansätze	
		direkte Korrelationsmatrix	Multi-Faktormodell	Credit-Metrics	Credit Risk+	Credit Portfolio View
• realitätsnahe Korrelationen	–	(+)	(+)	(+)	+	+
• Nachbildung hist. Perioden	–	(+)	(+)	(+)	+	+
• geringe Anzahl Inputparameter	+	–	+	+	+	+
• einfache Implementierung	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)
• Anwendbarkeit über alle Kreditnehmertypen	+	–	–	–	+	+
• grundsätzliche Eignung	–	–	(+)	(+)	+	+

Tabelle 4.4-4: Anforderungsanalyse der Korrelationskonzepte

Bei ausschließlicher Betrachtung der Anforderungsanalyse erscheinen die reduzierten Ansätze prinzipiell als vorteilhafter für den Einsatz in der Praxis. Für eine abschließende Entscheidung für eines der aufgezeigten Verfahren sollten jedoch noch weitere Aspekte berücksichtigt werden. Einleitend wurde bereits angemerkt, dass die Portfoliostruktur einen Einfluss auf die Entscheidung ausüben sollte. Die nur bedingte Eignung der strukturellen Ansätze resultiert dabei zum Großteil aus der Approximation der Ausfallkorrelationen durch Aktienrendite- bzw. Aktienindexkorrelationen, die den Einsatz hauptsächlich für börsennotierte Schuldner unterstützen. Besteht ein Portfolio jedoch überwiegend aus Engagements solcher Unternehmen, so relativiert sich die bedingte Eignung dieser Modellkategorie für die Praxis. Bei einer solchen Portfoliostruktur ist die Anwendung der strukturellen Ansätze durchaus möglich und ggf. sogar empfehlenswert, da die Aktienrendite- bzw. Aktienindexkorrelationen aus Marktdaten extrahiert werden, die direkt den Kreditnehmer betreffen und somit dessen aktuelle Situation widerspiegeln.<sup>1041</sup> Die Stärke der strukturellen Ansätze liegt somit in der Möglichkeit, Informationen aus Marktpreisen für die konkrete Korrelationsschätzung verwenden zu können. Dieser Vorteil verringert sich jedoch proportional zu dem Anteil nicht dotierter Unternehmen im Portfolio, da durch die Verwendung von Aktienindizes ein Modellrisiko entstehen kann.<sup>1042</sup>

Für die reduzierten Ansätze konnte zwar eine realitätsnahe Korrelationsschätzung konstatiert werden, allerdings lassen sich auch in Bezug auf die in dieser Modellkategorie verwendeten Inputparameter einige Nachteile bzw. Problempunkte aufzeigen. CR modelliert beispielsweise die Korrelationen über die anteilige Zuordnung der Kreditnehmer zu Sektoren. Die Festlegung der jeweiligen Sektorgewichte kann jedoch als problematisch angesehen werden. Eine theoretische Möglichkeit besteht darin, die Gewichte entsprechend der Umsatzanteile des Unternehmens in den jeweiligen Sektoren festzulegen.

<sup>1041</sup> Vgl. Hamerle/Rösch (2003), S. 201.

<sup>1042</sup> Vgl. Ammann/Schmid/Wegmann (2000), S. 44. Siehe zur detaillierten Betrachtung des Modellrisikos bei Kreditrisikomodellen beispielsweise Meyer zu Selhausen (2004).



Allerdings ist die Bestimmung der jeweiligen Umsatzanteile alles andere als trivial und kann insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen als nahezu unmöglich angesehen werden. CPV modelliert demgegenüber die Korrelationen durch die aktuellen und historischen Ausprägungen von makroökonomischen Faktoren. In diesem Punkt kann vor allem der hohe Vergangenheitsbezug kritisiert werden, durch den implizit von der Annahme ausgegangen wird, dass sich die zukünftigen Entwicklungen der Faktoren durch deren historische Ausprägungen erklären lassen.

Um in diesem Punkt ggf. zu einer relativen Vorteilhaftigkeitsaussage zu kommen, wird als weiteres Entscheidungskriterium die Qualität der Inputparameter betrachtet. Intuitiv ist leicht nachvollziehbar, dass der Output eines Modells unzureichend ist, wenn bereits die Qualität der Inputparameter mangelhaft ist. Es kann in diesem Punkt somit die Modellkategorie als vorteilhafter angesehen werden, die die Korrelationen implizit berücksichtigt anstatt sie als Inputparameter zu verwenden, da deren Ausprägungen erst über aufwändige und mit teilweise restriktiven Annahmen versehenen Vorberechnungen ermittelt werden müssen.<sup>1043</sup> D. h., in Bezug auf die Inputparameter sollte eher ein reduziertes Modell eingesetzt werden, um das Modellrisiko relativ gering zu halten.

Neben den bislang genannten Punkten sollte bei einer Modellkategorieauswahl zudem berücksichtigt werden, ob ausschließlich das gemeinsame Ausfallverhalten oder ergänzend auch die gemeinsamen Bonitätsveränderungen von Interesse sind. Verfügt eine Bank beispielsweise über ein klassisches Buy-and-hold-Portfolio, so wäre ein so genanntes Default-Mode-Modell ausreichend. Banken mit einem eher liquiden Portfolio sollten sich demgegenüber für ein so genanntes Marking-to-Market-Modell entscheiden, um damit auch den Marktwert bestimmen zu können, auch wenn der Schuldner noch nicht ausgefallen ist. Aufgrund der Tatsache, dass das Default-Mode-Modell einen Sonderfall des Marking-to-Market-Modells mit nur zwei Ratingklassen darstellt, sollte die Wahl aus ökonomischen Gründen auf ein Modell fallen, das in der Lage ist Bonitätsveränderungen zu berücksichtigen.

Abschließend kann die anfangs aufgestellte Vermutung bestätigt werden, dass die reduzierten Modelle bei allgemeiner Betrachtung die relativ vorteilhaftere Modellkategorie darstellt. Innerhalb der reduzierten Ansätze kann jedoch keines der vorgestellten Modelle eindeutig als vorteilhafter identifiziert werden, zumal auch CR in der Lage ist, Bonitätsveränderungen zu berücksichtigen, indem die Migrationswahrscheinlichkeiten als Pseudo-Ausfallwahrscheinlichkeiten interpretiert werden und somit auch Marktwertänderungen von Krediten modelliert werden können. Die hauptsächlichsten Unterschiede bestehen somit in Bezug auf die Implementierung und die Bestimmung der Inputparameter. CR weist zwar den Vorteil der geringeren Rechenzeit auf, dafür sind realistische (anteilige) Zuordnungen zu den Sektoren kaum zu verwirklichen. Im Vergleich zu CR weist CPV zwar eine höhere Rechenzeit auf, dafür ist jedoch die Ermittlung der unbedingten Migrationsmatrizen relativ einfacher als die anteilige Sektorenzurteilung bei CR. Eine endgültige Entscheidung ist somit davon abhängig, welches der beiden Kriterien vom individuellen Anwender als wichtiger erachtet wird.

Für die Entwicklung des integrierten Kreditrisikomodells in dieser Arbeit stellt sich das Modell CPV bzw. eine entsprechend alternative Vorgehensweise als relativ vorteilhafter dar, da für das Modell ein migra-

---

<sup>1043</sup> Vgl. Ammann/Schmid/Wegmann (2000), S. 46.

tionsbasierter Ansatz gewählt wurde und die Migrationsmatrizen hierfür durch das zugrunde liegende Ratingsystem relativ einfach bestimmt werden können. In diesem Fall muss somit das Problem der anteiligen Zuordnung der Kreditnehmer zu Sektoren wie bei CR nicht berücksichtigt werden, auch wenn dies durch eine relativ längere Rechenzeit durch die Verwendung eines simulationsbasierten Ansatzes „erkaufte“ wird. Zusätzlich ergibt sich bei der Methodik von CPV der Vorteil gegenüber CR, dass CPV zur Korrelationsberücksichtigung auf beobachtbare makroökonomische Faktoren zurückgreift. Auf diese Weise ist es durch Variation der Faktorausprägungen möglich, Szenarioanalysen des Portfolios durchzuführen,<sup>1044</sup> was bei CR nicht zwingend gegeben ist.

In dem vorliegenden Fall werden somit die historischen, unkorrelierten Migrationsmatrizen an den aktuellen Zustand des ökonomischen Umfeldes angepasst, so dass diese bedingten und korrelierten Wahrscheinlichkeiten zur Bestimmung der Verlustverteilung eines Portfolios eingesetzt werden können. Prinzipiell kann dabei aufgrund der Unabhängigkeitsannahme bei dem Vorgehen von CPV das bereits in Abschnitt 4.3 aufgezeigte migrationsbasierte Verfahren angewendet werden. Abschließend lässt sich über die Verlustverteilung das unerwartete Kreditrisiko anhand des Value at Risk oder des Expected Shortfall bestimmen.

#### 4.4.3 Validierung von Kreditrisikomodellen

Nachdem das gesamte Kreditrisikomodell in seinen Komponenten erläutert wurde, befasst sich der folgende Abschnitt mit dem Backtesting bzw. mit der Validierung von internen Kreditrisikomodellen. Es ist leicht nachzuvollziehen, dass ein sinnvoller Einsatz eines Kreditportfoliomodells dessen angemessene Modellqualität bedingt, so dass der Validierung dieser Modelle eine hohe Bedeutung zukommt. Die Validierung bzw. das Backtesting von Kreditrisikomodellen verfügt jedoch über zwei zentrale Problempunkte, die zur Folge haben, dass sich häufig keine eindeutigen Aussagen in Bezug auf die Modellqualität treffen lassen.<sup>1045</sup> Die zentralen Problempunkte sind dabei die ungenügende Datenbasis bzw. die fehlenden Zeitreiheninformationen sowie die stochastische Abhängigkeit von Kreditereignissen im Querschnitt.<sup>1046</sup> Diese Problempunkte stellen auch den Grund dafür dar, dass der Baseler Ausschuss die Verwendung von internen Kreditrisikomodellen zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals zurzeit noch nicht zulässt. Aufgrund der in Abschnitt 4.4 aufgezeigten Defizite bei der Verwendung eines Ein-Faktormodells in Basel II sollte trotz der hier angeführten Problematik der Validierung nicht auf den Einsatz von Kreditrisikomodellen zur Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals verzichtet werden.

Die Forschung bzw. Entwicklung von Ansätzen zur Validierung von Kreditrisikomodellen steht noch relativ am Anfang, so dass bislang weder in der Literatur noch in der Praxis ein überzeugendes Verfahren zum Backtesting dieser Modelle identifiziert werden kann. In der Regel wird versucht, die Ansätze des Backtestings von Marktrisikomodellen auf Kreditrisikomodelle zu übertragen. Im Folgenden werden

<sup>1044</sup> Vgl. Garside/Stott/Strothe (1999), S. 196.

<sup>1045</sup> Durch relativ hohe Konfidenzniveaus bei der VaR-Bestimmung wird dieses Problem noch verstärkt.

<sup>1046</sup> Vgl. Bühler et al. (2002), S. 183.

daher die Problematik sowie eine pragmatische Vorgehensweise am Beispiel eines Backtestingverfahrens erläutert, welches auf der relativen Häufigkeit von VaR-Überschreitungen basiert.<sup>1047</sup>

Bei diesem Ansatz wird aufgrund der Anzahl von Überschreitungen des VaR untersucht, ob ein Kreditrisikomodell in Abhängigkeit von einem spezifizierten Signifikanzniveau abgelehnt werden sollte. Zur Verdeutlichung wird im folgenden Beispiel von zwei Banken ausgegangen, die jeweils Verlustdaten über einen Zeitraum von 10 bzw. 20 Jahren aufweisen. Aufgrund der unterstellten Haltedauer von einem Jahr bei der VaR-Berechnung verfügen die Banken somit über 10 bzw. 20 Beobachtungen. Für die Anwendung des Tests wird von der Annahme ausgegangen, dass die Risikoprognosen über die Zeit unabhängig verteilt sind, so dass die Anzahl der VaR-Überschreitungen  $X = x$  bei  $n$  vorhandenen Beobachtungen einer Binomialverteilung folgt. Die entsprechende Wahrscheinlichkeit  $p$  für das Auftreten von  $X = x$  Überschreitungen ergibt sich somit gemäß der folgenden Gleichung, wobei  $\alpha$  (1 minus Konfidenzniveau) die im Modell angenommene Wahrscheinlichkeit bezeichnet, mit der Verluste auftreten, die den VaR überschreiten.<sup>1048</sup>

$$p(X = x) = \binom{n}{x} \cdot (1 - \alpha)^{n-x} \cdot \alpha^x \quad (4-93)$$

In der folgenden Tabelle sind die kumulierten Wahrscheinlichkeiten ( $p_{\text{kum}}$ ) der Binomialverteilung für verschiedene Konfidenzniveaus und für die unterschiedlichen historischen Betrachtungszeiträume der beiden Beispielbanken (10 bzw. 20 Jahre) sowie für ein fiktives Referenzmodell mit 250 Beobachtungsjahren angegeben.

	Anzahl Beobachtungen (Jahre)	VaR-Überschreitungen	$p_{\text{kum}}$ bei $\alpha=1\%$	$p_{\text{kum}}$ bei $\alpha=2\%$	$p_{\text{kum}}$ bei $\alpha=10\%$
<b>Bank 1</b>	10	0	90,44%	81,71%	34,87%
	10	1	99,57%	98,38%	73,61%
	10	2	99,99%	99,91%	92,98%
<b>Bank 2</b>	20	0	81,79%	66,76%	12,16%
	20	1	98,31%	94,01%	39,17%
	20	2	99,90%	99,29%	67,69%
<b>Referenzmodell</b>	250	0	8,11%	0,64%	0,00%
	250	5	95,88%	61,60%	0,00%
	250	9	99,97%	96,96%	0,01%

Tabelle 4.4-5: Kumulierte Wahrscheinlichkeiten für VaR-Überschreitungen

Die Werte aus Tabelle 4.4-5 werden bei dem Test als eine Art Benchmark für die Beurteilung der jeweiligen Kreditrisikomodelle verwendet, indem anhand der real beobachteten VaR-Überschreitungen und der vorhandenen Anzahl von Beobachtungsjahren die binomialverteilte Wahrscheinlichkeit für das Ein-

<sup>1047</sup> Siehe für weitere Ansätze zur Validierung von Kreditrisikomodellen beispielsweise Bühler et al. (2002); Sobehart/Keenan/Stein (2003); Lopez/Saidenberg (2000); Frerichs/Wahrenburg (2005); Frerichs/Löffler (2004) sowie Frerichs/Löffler (2002).

<sup>1048</sup> Vgl. auch im Folgenden Frerichs/Wahrenburg (2005), S. 223-225.

treten der speziellen Anzahl der Überschreitungen mit dem vorgegebenem Signifikanzniveau in Beziehung gesetzt wird. Das Signifikanzniveau entspricht in diesem Fall dem Fehler erster Art, der die Wahrscheinlichkeit widerspiegelt, dass ein eigentlich korrektes Modell irrtümlich abgelehnt wird (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Das Backtesting basiert hierbei auf einem zweiseitigen Signifikanztest<sup>1049</sup>, so dass bei einem unterstellten Signifikanzniveau von 10% jeweils die Modelle abgelehnt werden sollten, deren Ergebnis aus der Tabelle für die beobachteten VaR-Überschreitungen kleiner/gleich 5% und größer/gleich 95% sind. Somit besteht der Akzeptanzbereich der Modelle aus dem Intervall ]5%;95%[. Für das Beispiel mit einem Konfidenzniveau von 1% bedeutet das für die beiden Banken, dass die Modelle jeweils abgelehnt bzw. nicht akzeptiert werden sollten, insofern in den 10 (Bank 1) bzw. 20 (Bank 2) Beobachtungsjahren eine oder mehrere Überschreitungen beobachtet werden konnten. Da es sich hierbei um eine diskrete Verteilung handelt, können für diesen speziellen Fall die tatsächlichen Fehler erster Art bestimmt werden. Für die Bank 1 beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass das Modell fälschlicherweise abgelehnt wird 0,43% (100%-99,57%) und für die zweite Bank 1,69% (100-98,31%).

Wird nun im Modell die Wahrscheinlichkeit für VaR-Überschreitungen auf 2% gesetzt, so ergibt sich ein etwas anderes Bild. Bei weiterhin unterstelltem Signifikanzniveau von 10% wird das Modell der Bank 1 weiterhin bei einer oder mehreren Überschreitungen nicht akzeptiert, wobei sich jetzt allerdings die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Ablehnung auf 1,62% erhöht hat. Das Modell der zweiten Bank wird bei dieser Konstellation jedoch erst bei zwei oder mehr Überschreitungen abgelehnt, wobei sich ein Fehler erster Art in Höhe von 0,71% ergibt. Am Beispiel für ein Konfidenzniveau von 90% ( $\alpha = 10\%$ ) lässt sich dieser Effekt noch deutlicher ausmachen. Ein solches Modell würde bei der Bank 1 erst bei drei und bei Bank 2 erst bei vier Überschreitungen abgelehnt. Aus diesen Ergebnissen wird die eingangs erwähnte Problematik deutlich, dass häufig keine eindeutigen bzw. aussagekräftigen Aussagen in Bezug auf die Modellqualität gegeben werden können, wenn das zu testende Modell von hohen Konfidenzniveaus ausgeht. Beim Einsatz dieses Backtesting-Verfahrens würden demnach alle Modelle mit einem Konfidenzniveau von 99% und höher abgelehnt, für die mehr als eine Beobachtung der VaR-Überschreitung ausgemacht werden kann. Dieses Problem wird umso deutlicher, wenn bedacht wird, dass im Kreditrisikobereich das Konfidenzniveau i. d. R. bei 99,9% oder höher liegt.

Um des Weiteren die Problematik der Beeinträchtigung der Validierung durch die geringe Datenbasis zu verdeutlichen, beinhaltet Tabelle 4.4-5 die Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeiten von VaR-Überschreitungen für ein Referenzmodell, für das annahmegemäß 250 Beobachtungsjahre vorliegen. Hierbei handelt es sich zwar um ein extrem realitätsfernes Beispiel, entspräche diese Anzahl der Beobachtungen in etwa der Datenbasis, die im Marktrisikobereich zur Modellvalidierung zur Verfügung steht und soll gerade den extremen Unterschied zwischen dem Backtesting in den beiden Bereichen aufzeigen. Unter diesen fiktiven Annahmen käme der Test zu einem realistischeren Ergebnis, indem das Referenzmodell bei einem Konfidenzniveau von 1% erst bei fünf oder mehr Überschreitun-

<sup>1049</sup> An dieser Stelle wird ein zweiseitiger Test angewendet, da sowohl den VaR überschätzende als auch den VaR unterschätzende Modelle abgelehnt werden sollten. Vgl. Frerichs/Wahrenburg (2005), S. 224.

gen und bei einem Konfidenzniveau von 2% sogar erst bei neun oder mehr Überschreitungen mit relativ geringer Irrtumswahrscheinlichkeit abgelehnt würde. Dieses Beispiel unterstreicht die Problematik, dass eine akzeptable Modellvalidierung aufgrund der fehlenden historischen Zeitreihen nur schwer bzw. stark eingeschränkt möglich ist. Bezeichnend ist an dieser Stelle, dass selbst eine Datenbasis von 10 Beobachtungsjahren fast ausschließlich bei großen Banken zu finden ist, so dass eine Validierung in der Praxis häufig mit noch kürzeren Zeitreihen auskommen muss.

Angenommen, die Validierung eines Kreditrisikomodells sollte in Analogie zu den Modellen des Marktpreisrisikos unter Berücksichtigung von 250 Beobachtungen vorgenommen werden, so könnte das Kreditrisikomodell erst nach 250 Jahren evaluiert werden. Dieser unrealistische Fall entspricht verständlicherweise keineswegs den praktischen Anforderungen einer prinzipiell zeitnahen und regelmäßigen Validierung, so dass in der Praxis ein Backtesting bereits frühzeitig und unter Berücksichtigung von sehr kurzen Zeitreihen vorgenommen werden muss. Wie bereits erläutert wurde, werden bei der Validierung die vom Modell prognostizierten mit den nach einem Jahr realisierten Werten verglichen, so dass einer Bank für den Fall nur eines Beobachtungsjahres lediglich ein einziger Querschnitt von Daten zur Verfügung stehen würde, der allerdings häufig aus einer großen Anzahl von einzelnen Krediten besteht. Gemäß dem erläuterten Signifikanz- bzw. Binomialtest könnte anhand dieser Datenbasis jedoch keine Aussage über die Modellqualität gegeben werden. Ein möglicher pragmatischer Ansatz zur Lösung der Problematik der geringen Beobachtungsjahre bzw. fehlenden Zeitreiheninformationen wird beispielsweise von LOPEZ und SAIDENBERG angeführt.<sup>1050</sup> Die Autoren machen sich dabei die Vielzahl an Krediten eines Querschnitts zunutze, indem sie die fehlenden Zeitreiheninformationen durch die Querschnittsinformationen ersetzen.<sup>1051</sup>

In dem vorgeschlagenen Ansatz wird für jedes vorhandene Beobachtungsjahr eine willkürliche Anzahl von Teilportfolios simuliert,<sup>1052</sup> die jeweils einen bestimmten (identischen) Anteil der Kreditnehmer des Gesamtportfolios beinhalten. Für jedes Teilportfolio wird nun über das Modell ein VaR berechnet, der im Anschluss mit dem tatsächlich beobachteten Portfolioverlust für das entsprechende Beobachtungsjahr verglichen wird. Wenn der Portfolioverlust größer ist als der prognostizierte VaR des jeweiligen simulierten Teilportfolios, dann wird von einer VaR-Überschreitung ausgegangen. Auf diese Weise kann die Anzahl der verfügbaren Prognosen sowie die Anzahl der Beobachtungen beliebig vergrößert werden. Für die Bank 1 aus dem Beispiel von Tabelle 4.4-5 würde das bedeuten, dass nun nicht mehr 10 Beobachtungen, sondern bei der Simulation von beispielsweise 100 Teilportfolios pro Jahr insgesamt 1.000 Beobachtungen für den erläuterten Signifikanztest vorhanden wären.<sup>1053</sup> Auf diese Weise können genügend Prognosen und Beobachtungen generiert werden, um Aussagen über die Modellqualität bzw. über die Annahme oder Ablehnung des Modells treffen zu können.

Diese Ersetzung von Zeitreiheninformationen durch Querschnittsinformationen weist jedoch auch einen Nachteil auf, der sich am einfachsten verdeutlichen lässt, wenn davon ausgegangen wird, dass die

<sup>1050</sup> Siehe hierzu Lopez/Saidenberg (2000).

<sup>1051</sup> Vgl. Bühler et al. (2002), S. 194.

<sup>1052</sup> Siehe für eine detaillierte und formale Erläuterung der Simulation dieser Teilportfolios Lopez/Saidenberg (2000), S. 158.

<sup>1053</sup> Vgl. Lopez/Saidenberg (2000), S. 157, sowie Frerichs/Wahrenburg (2005), S. 224.

Bank nur ein einziges Beobachtungsjahr aufweist. Die meisten Kreditrisikomodelle basieren auf der Annahme, dass ein Großteil der Portfolioverluste durch die gemeinsame Abhängigkeit der einzelnen Kreditnehmer von (negativen) Schwankungen der systematischen Risikofaktoren verursacht wird. Die Portfolioverluste werden somit tendenziell steigen, wenn die systematischen Faktoren eine Rezession widerspiegeln und bei einer Expansion tendenziell sinken. Bezieht sich somit das eine Beobachtungsjahr auf eine Rezession, so ist es möglich, dass für das Gesamtportfolio eine VaR-Überschreitung realisiert wird. Wenn nun in diesem speziellen Jahr 100 Teilportfolios simuliert werden, dann ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch, dass die Teilportfolios ebenfalls eine Überschreitung anzeigen. Derselbe Sachverhalt ergibt sich analog für eine Expansion.<sup>1054</sup> Bei solchen Konstellationen wird der Test daher kaum valide Ergebnisse in Bezug auf die Modellqualität bieten, so dass eine gewisse Anzahl von Beobachtungsjahren grundsätzlich vorhanden sein sollte. Trotz dieser Problematik, dass die zufällig ermittelten Teilportfolios für ein bestimmtes Jahr nicht unabhängig sind, kann der erläuterte Test zumindest in Anbetracht der grundsätzlichen Schwierigkeiten der Modellvalidierung im Kreditrisikobereich als pragmatische Möglichkeit zum Backtesting angesehen werden, insofern die grundsätzliche Anzahl der Beobachtungsjahre nahezu einen Konjunkturzyklus repräsentieren.

#### 4.5 Zusammenfassende Betrachtung des Gesamtmodells

Nachdem sich die vorherigen Unterkapitel mit detaillierten Erläuterungen der einzelnen Modellkomponenten befasst haben, werden im folgenden Abschnitt abschließend die zentralen Ergebnisse der Modellkonzeption zusammengefasst.

In Abschnitt 4.1 wurde herausgestellt, dass das Kernstück des integrierten Modells durch Basel II-konforme Ratingsysteme sowie durch die Schätzverfahren für die weiteren Risikoparameter EAD und M sowie für die Migrationswahrscheinlichkeiten dargestellt wird. Zunächst wurden bei der Erläuterung dieser beiden Komponenten die folgenden Anforderungen an (idealtypische) Basel II-konforme Ratingssysteme identifiziert.

- Zweidimensionalität
- größtmögliche Flexibilität
- adäquate Komplexität
- Vollständigkeit
- Monotonie
- Verarbeitung von quantitativen und qualitativen Kriterien
- Point-in-Time-Philosophie
- regelmäßiges Backtesting
- Informationseffizienz
- Objektivität
- Transparenz
- ausreichende Feinheit
- Robustheit gegenüber unvollständigen Informationen

Als wesentlicher Punkt konnte festgehalten werden, dass die Ratingkomponente des integrierten Modells nicht nur über ein einziges Ratingsystem, sondern in Abhängigkeit der verschiedenen Kredit-

<sup>1054</sup> Vgl. Frerichs/Wahrenburg (2005), S. 225.

nehmergruppen im Portfolio über verschiedene Verfahren verfügen kann, wobei entsprechend der unterschiedlichen Kreditnehmer auch verschiedene quantitative und qualitative Kriterien zur Bonitätsermittlung eingesetzt werden. Basierend auf einem Teil der Anforderungen wurden im weiteren Verlauf verschiedene Ratingverfahren auf ihre Eignung als Basis für Basel II-konforme interne Ratingsysteme analysiert. Differenziert wurde hierbei zwischen mathematisch-statistischen und kausalanalytischen Verfahren sowie Verfahren der künstlichen Intelligenz. Als primäres Ergebnis konnte hierbei festgestellt werden, dass es nicht möglich ist, ein einzelnes optimales Verfahren zu identifizieren, da viele der untersuchten Verfahren zu ähnlichen Ergebnissen führen. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass mit der linearen Diskriminanz- und Regressionsanalyse sowie den Logit-/Probit-Modellen, den künstlichen neuronalen Netzen und der Fuzzy Logik / Expertensysteme für eine Vielzahl von Verfahren eine gute Eignung als Basel II-konforme Ratingsysteme konstatiert werden konnte. Zusätzlich wurde für die quadratische Diskriminanzanalyse und die Kern-Methode sowie für das k-Nearest-Neighbor-Verfahren und das Optionspreismodell zumindest eine bedingte Eignung festgestellt. Als abschließendes Ergebnis dieser Analyse konnte festgehalten werden, dass die Auswahl eines Verfahrens bzw. einer Verfahrenskombination individuell unter Berücksichtigung der jeweils vorhandenen Datenbasis und der Kreditnehmerstruktur im Portfolio vorgenommen werden muss.

Im Bereich der Kalibrierung der Ratingsysteme konnten zwei Vorgehensweisen identifiziert werden, deren Einsatz durch das gewählte Ratingverfahren determiniert wird. Entweder werden die Kreditnehmer direkt oder indirekt über Score-Werte in Risikoklassen eingeteilt, so dass sich die ratingklassenspezifische Ausfallwahrscheinlichkeit über die historische Ausfallrate der jeweiligen Klasse ergibt. Alternativ kann über ein statistisches Ausfallmodell direkt eine kreditnehmerindividuelle PD geschätzt werden, über die die Klassenzuordnung vorgenommen wird. Die PD der jeweiligen Ratingklasse bestimmt sich dann als einfacher Durchschnitt der individuellen PD. Für die erstgenannte Vorgehensweise konnte dabei der langfristige Durchschnitt der einjährigen Ausfallrate (LRDF) als geeigneter Schätzer für die Ein-Jahres-PD identifiziert werden, da aufgrund der Durchschnittsbildung konjunkturell bedingte Abweichungen der geschätzten von der tatsächlichen PD vermindert werden. Bei der empirischen Schätzung der PD kann jedoch der Effekt eintreten, dass die PD der Ratingklassen nicht monoton ansteigen, so dass die Anforderung der Monotonie nicht erfüllt wird. Hierzu wurde mit dem exponentiellen Fitting ein geeignetes Verfahren aufgezeigt, um die empirischen Ausfallraten entsprechend anzupassen. Wie gezeigt werden konnte, muss eine solche Glättung nicht vorgenommen werden, wenn die PD pro Ratingklasse über ein statistisches Ausfallmodell geschätzt wird.

Für den Fall, dass Banken über keine ausreichende interne Datenbasis verfügen und keinen Datenpool mit anderen Instituten bilden können, kann eine Kalibrierung bzw. PD-Schätzung anhand von Daten externer Ratingagenturen durchgeführt werden. Allerdings ist eine direkte Zuordnung von Ausfallraten der Agenturen zu internen Ratingklassen nicht möglich, sondern muss über spezielle Mapping-Verfahren vorgenommen werden. Hierzu konnten drei verschiedene Mapping-Ansätze aufgezeigt werden.

Im Rahmen der Erläuterung der Ratingkomponente sowie der Modellkomponente zur Schätzung der weiteren Risikoparameter wurde ergänzend auf die Schätzung der Migrationswahrscheinlichkeiten so-

wie der Parameter LGD und EAD eingegangen. Im Bereich der Migrationswahrscheinlichkeiten wurde aufgezeigt, dass für deren Schätzung, analog zur PD-Ermittlung, auf historische Ausfall- und Wanderungsraten abgestellt werden kann, wobei von einer Kohortenbetrachtung ausgegangen wird.

Des Weiteren wurde auf die direkte und die indirekte Schätzung der LGD eingegangen. Die indirekte Vorgehensweise entspricht vom Prinzip der Vorgehensweise der PD-Kalibrierung. Zunächst wird für jede Transaktion über ein Ratingverfahren ein LGD-Score ermittelt, über den der Kredit einer Ratingklasse zugeordnet wird. Anhand von Verlustdaten kann die LGD einer Klasse als Durchschnittswert der historisch realisierten LGD bestimmt werden. Im Rahmen der direkten Schätzung wird als Ergebnis kein Score-Wert, sondern direkt eine LGD ausgewiesen. Die LGD der Ratingklasse entspricht anschließend dem Durchschnitt der individuellen LGD. Mit den Verfahren der Market-, Workout- und Implied Market-LGD konnten hierzu drei unterschiedliche Methoden vorgestellt werden.

Für die Schätzung des EAD wurde erläutert, dass der bilanzielle Wert einen geeigneten Schätzer für den EAD bilanzieller Geschäfte darstellt. Bei außerbilanziellen Geschäften ergibt sich der EAD demgegenüber aus der Summe der aktuellen Inanspruchnahme und der mit einem CCF multiplizierten noch offenen Kreditzusage.

Als Ergebnis aus den beiden Modellkomponenten „Basel II-konformes Ratingsystem“ und „Komponente für weitere Risikoparameter“ ergeben sich somit validierte Schätzungen für die Risikoparameter PD, LGD, EAD und M sowie für die Migrationswahrscheinlichkeiten. Die ersten vier Parameter können nun in der Basel II-Komponente des Modells als Inputparameter für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals eingesetzt werden. Zusätzlich werden alle genannten Parameter, mit Ausnahme von M, an die Kreditrisikokomponente für Einzelengagements weitergegeben, in der der erwartete und unerwartete Verlust für einzelne Kredite berechnet wird. In Abschnitt 4.3 wurde aufgezeigt, dass diese Komponente einen ratingbasierten Ansatz zur Kreditrisikoquantifizierung beinhaltet, der grundsätzlich auf den Anforderungen von Basel II aufbaut. Entsprechend werden an dieser Stelle Migrationswahrscheinlichkeiten verwendet, um Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer zu berücksichtigen. Die Ergebnisse dieser Komponente, die erwarteten Verluste und die Verlustverteilungen der einzelnen Kredite, gehen nun wiederum in die Portfoliokomponente des Gesamtmodells ein.

Für die Portfoliokomponente wurde in Abschnitt 4.4 analysiert, welcher Ansatz zur Berücksichtigung von Korrelationen für den praktischen Einsatz geeignet erscheint. Zunächst wurden hierzu die folgenden Anforderungen an ein Korrelationskonzept identifiziert.

- Ermittlung (relativ) realitätsnaher Ausfallkorrelationen,
- Möglichkeit der Nachbildung historischer Zeitreihen,
- (relativ) geringe Anzahl an Inputparametern,
- einfache Implementierung und
- Anwendbarkeit für alle Kreditnehmer- und Kredittypen.



Im weiteren Verlauf des Kapitels wurden mit einem empirischen sowie den strukturellen und den reduzierten Ansätzen drei Modellkategorien aufgezeigt, die im Anschluss in einer vergleichenden Analyse auf ihre jeweilige Erfüllung der Anforderungen untersucht wurden.

Für die beiden erstgenannten Ansätze konnte dabei keine bzw. nur eine bedingte Eignung für den Praxiseinsatz festgestellt werden. Die fehlende Praxistauglichkeit des empirischen Ansatzes begründet sich in dessen restriktiven Annahmen sowie in der ungenügenden Datenbasis, die zu realitätsfernen Korrelationsschätzungen führen. Ein Grund für die nur bedingte Eignung der strukturellen Ansätze besteht in der Approximation der Ausfallkorrelationen durch Korrelationen von Asset- bzw. Aktienrenditen, deren Schätzung bei nicht börsennotierten Unternehmen mit großen Fehlern versehen sein kann. Im Gegensatz zu diesen Verfahren konnte zumindest für die Kategorie der reduzierten Ansätze, die die Korrelationen implizit über die gemeinsame Abhängigkeit von makroökonomischen Faktoren modellieren, eine Praxistauglichkeit zugestanden werden.

Als erstes Ergebnis der Vorteilhaftigkeitsuntersuchung der verschiedenen Ansätze konnte somit festgehalten werden, dass die reduzierten Ansätze relativ geeigneter für den Praxiseinsatz sind. Der Hauptgrund hierfür besteht darin, dass die Korrelationen implizit berücksichtigt werden und somit nicht als exogene Größen, die im Vorfeld bestimmt werden müssen, in das Modell als Inputparameter eingehen. Die Qualität der Korrelationsschätzung bei den strukturellen Verfahren ist grundsätzlich abhängig von der Qualität der hierfür benötigten Inputparameter. Daher ist die implizite Berücksichtigung der Korrelationen bei den reduzierten Ansätzen mit verhältnismäßig geringeren Schätzfehlern und geringerem Modellrisiko verbunden.

Für das in dieser Arbeit betrachtete integrierte Kreditrisikomodell fiel die Wahl auf den in CPV verwendeten Korrelationsansatz, bei dem die unkorrelierten Migrationsmatrizen an den aktuellen Zustand des ökonomischen Umfeldes angepasst werden, so dass die daraus resultierenden bedingten und korrelierten Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten für die Simulation von korrelierten Portfolioverlustverteilungen verwendet werden. Ein Grund für diese Entscheidung besteht darin, dass die als Inputparameter benötigten unkorrelierten Migrationsmatrizen bereits über die Basel II-konforme Ratingkomponente bestimmt werden und somit als ergänzende Inputparameter nur die historischen und aktuellen Ausprägungen der makroökonomischen Faktoren benötigt werden.

Nachdem die Portfolioverlustverteilung über die Portfoliokomponente des integrierten Kreditrisikomodells bestimmt wurde, kann nun das ökonomische Kreditrisiko bzw. Eigenkapital anhand eines VaR oder eines ES bestimmt werden.

## 5 Systemkonzeption

Nachdem das vorherige Kapitel die fachliche Entwicklung des integrierten Kreditrisikomodells behandelt hat, befasst sich das folgende Kapitel mit der konzeptionellen Umsetzung des Modells in ein IV-System. Hierzu werden zunächst prinzipielle Anforderungen an die Anwendungskomponenten eines integrierten Kreditrisikosystems erarbeitet (Abschnitt 5.1) sowie die grundlegende Systemarchitektur aufgezeigt und die grundsätzlichen Module und deren Interaktion untereinander erläutert (Abschnitt 5.2). Den Abschluss dieses Kapitels bildet der Abschnitt 5.3, in dem der Aufbau und die Funktionsweise der einzelnen Systemmodule detailliert beschrieben werden. Innerhalb des folgenden Kapitels wird davon ausgegangen, dass Banken ihr regulatorisches Eigenkapital anhand eines der beiden IRB-Ansätze bestimmen werden. Bei dem Systemkonzept wird daher der Standardansatz von Basel II nicht berücksichtigt.

### 5.1 Anforderungen

In den folgenden Abschnitten werden zunächst grundlegende Anforderungen an das zu konzipierende System erarbeitet (Abschnitt 5.1.1), worauf im Anschluss eine Prozessbetrachtung zur Bestimmung der funktionalen Anforderungen vorgenommen wird (Abschnitt 5.1.2).

#### 5.1.1 Grundlegende Anforderungen

Für die Realisierung des beschriebenen integrierten Kreditrisikomodells kann festgestellt werden, dass der Umfang und der Detaillierungsgrad der benötigten Daten aufgrund der Anforderungen von Basel II gegenüber der alten Regelung von Basel I stark angestiegen sind. Neben den Rating- bzw. Bonitätskriterien sowie den Kundenstamm- und Vertragsdaten aus den operativen Systemen der Bank werden zur Schätzung der Risikoparameter ergänzend weitreichende Zeitreihen benötigt,<sup>1055</sup> so dass der Historisierung der Daten eine bedeutende Rolle zukommt.<sup>1056</sup> Aus diesem Grund kann die Notwendigkeit der Datenhistorisierung als erste Anforderung an das System definiert werden.

Zusätzlich ist es wichtig, dass in Bezug auf die Datenerfassung, -verarbeitung und -berichterstattung bankweit einheitliche Datendefinitionen festgelegt werden. Dieser Punkt ist vor allem für große Banken in einem Konzernverbund von besonders hoher Relevanz, da beispielsweise sichergestellt werden muss, dass ein Kreditnehmer konzernweit einheitlich identifiziert werden kann. Gemäß Basel II gilt ein Kunde im gesamten Konzern als ausgefallen, wenn er in einem Institut (des Konzerns) ausgefallen ist.<sup>1057</sup> Folglich muss ein Kunde daher auch konzernweit über ein identisches Rating verfügen. Daher sollte die Bank eine integrierte Datenhaltung aufweisen, damit sowohl für die Bestimmung des regulatorischen als auch des ökonomischen Eigenkapitals alle grundsätzlich verfügbaren Informationen einheitlich, zeitnah und mit einem aktuellen Stand verwendet werden können. Ein in Ansätzen mühsames,

<sup>1055</sup> Vgl. Paul/Stein/Kaltofen (2004), S. 342 f.

<sup>1056</sup> Vgl. Schulze/Rujner (2004), S. 22.

<sup>1057</sup> Bei Basel II gilt ein Kreditnehmer als ausgefallen, wenn mindestens eine seiner Verbindlichkeiten mehr als 90 Tage überfällig ist. Vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004), Tz. 452.

manuelles „Zusammensammeln“ der Daten aus verschiedenen Systemen sollte dabei so weit wie möglich vermieden werden.<sup>1058</sup> Eine integrierte Datenhaltung ermöglicht damit auch eine einfachere Zurückverfolgung der für die Parameterschätzungen eingesetzten Daten zu den zugrunde liegenden Geschäften sowie zu den verwendeten Ratingmodellen. Eine solche Rückverfolgung ist beispielweise relevant bei einer Änderung eines Ratingmodells. In einem solchen Fall würde es zu einer Verfälschung der Datenhistorie kommen, wenn die Daten nicht einem Ratingmodell zugeordnet und somit auch nicht an das neue Modell angepasst werden könnten.<sup>1059</sup> Aus dieser Argumentation kann abgeleitet werden, dass das System der Anforderung einer integrierten Datenhaltung entsprechen sollte. Diese Anforderung wird vor allem dadurch verdeutlicht, dass die IT-Landschaft der Banken häufig sehr komplex und heterogen ist, so dass davon auszugehen ist, dass ein integriertes Kreditrisikosystem nicht vollständig neu „auf der grünen Wiese“ entwickelt werden kann, sondern Altsysteme zu integrieren sind. In Bezug auf diese angedeutete Legacy-Problematik sollte daher eine Datenintegration der Altsysteme gewährleistet werden können.<sup>1060</sup>

Das System sollte des Weiteren die Anforderung eines modularen Aufbaus erfüllen, da so eine Flexibilität in Bezug auf Änderungen der verschiedenen Methoden und Modelle innerhalb des Systems sichergestellt wird. Gerade im Kreditbereich ist der Innovationsgrad bei Schätzmethoden und neuen Produkten sehr hoch, so dass gewährleistet werden muss, dass einzelne Module verändert oder ausgetauscht werden können ohne dabei das Gesamtsystem modifizieren zu müssen. Zusätzlich sollte es möglich sein, bestehende Funktionen als Modul zu integrieren (z. B. Sicherheitensystem; siehe Abschnitt 5.2).

Zusammenfassend können somit die folgenden grundsätzlichen Anforderungen an ein integriertes Kreditrisikosystem festgehalten werden.

- Notwendigkeit der Datenhistorisierung,
- integrierte Datenhaltung und
- modularer Aufbau.

### 5.1.2 Prozessbetrachtung zur Bestimmung der funktionalen Anforderungen

Das Ziel des integrierten Kreditrisikosystems liegt in der parallelen Bestimmung des regulatorischen und des ökonomischen Eigenkapitals im Unternehmenskreditgeschäft, wobei in beiden Bereichen nach Möglichkeit identische Inputparameter Verwendung finden sollten. Die Abbildung 5.1-1 skizziert hierfür den grundlegenden prozessualen Ablauf des Gesamtsystems.

Der Ausgangspunkt des Systems wird durch die Bestimmung der benötigten Risikoparameter zur Quantifizierung des Kreditrisikos dargestellt, wobei die Restlaufzeit (M) und der Exposure at Default (EAD) über die bereits erläuterten Schätzverfahren bestimmt werden. Die zusätzlich benötigten Input-

<sup>1058</sup> Die manuellen Tätigkeiten sollten sich nach Möglichkeit auf die Datenbereinigung beschränken, die ggf. auch über eine Zwischenschicht erfolgen kann, so dass die Daten der operativen Systeme in solchen Fällen nicht direkt in den zentralen Datenbestand übernommen werden können.

<sup>1059</sup> Vgl. Balgheim/Kuhn/Schröck (2004), S. 1249 f.

<sup>1060</sup> Vgl. Balgheim/Kuhn/Schröck (2004), S. 1248, sowie Geuss et al. (2004), S. 28.

parameter Ausfall- (PD) und Migrationswahrscheinlichkeiten (MW) sowie die Verlustquote (LGD) ergeben sich demgegenüber aus dem internen Ratingsystem bzw. aus dem Bonitäts- und Transaktionsrating. Unterschiede lassen sich in Bezug auf den Zeitpunkt der jeweiligen Schätzung feststellen. Während die Parameter M, EAD und LGD bei jedem neuen Kreditantrag geschätzt werden müssen, kann die Bestimmung der PD sowie der MW ggf. nur in zyklischen Abständen (z. B. monatlich) oder bei bestimmten Ereignissen (nur PD) (z. B. Vorlage eines aktuellen Jahresabschlusses) vorgenommen werden. Ein Bestandskunde, der über ein aktuelles Bonitätsrating und damit über eine aktuelle PD verfügt, müsste somit bei einem Neukreditantrag nicht zwingend neu geratet werden. Neben der zyklischen Ratingaktualisierung wird die Generierung eines neuen Ratingurteils vor allem durch Veränderungen der Kundensituation angestoßen. Neue Informationen zu einem Kunden führen somit i. d. R. immer zu einer Ratingüberprüfung.

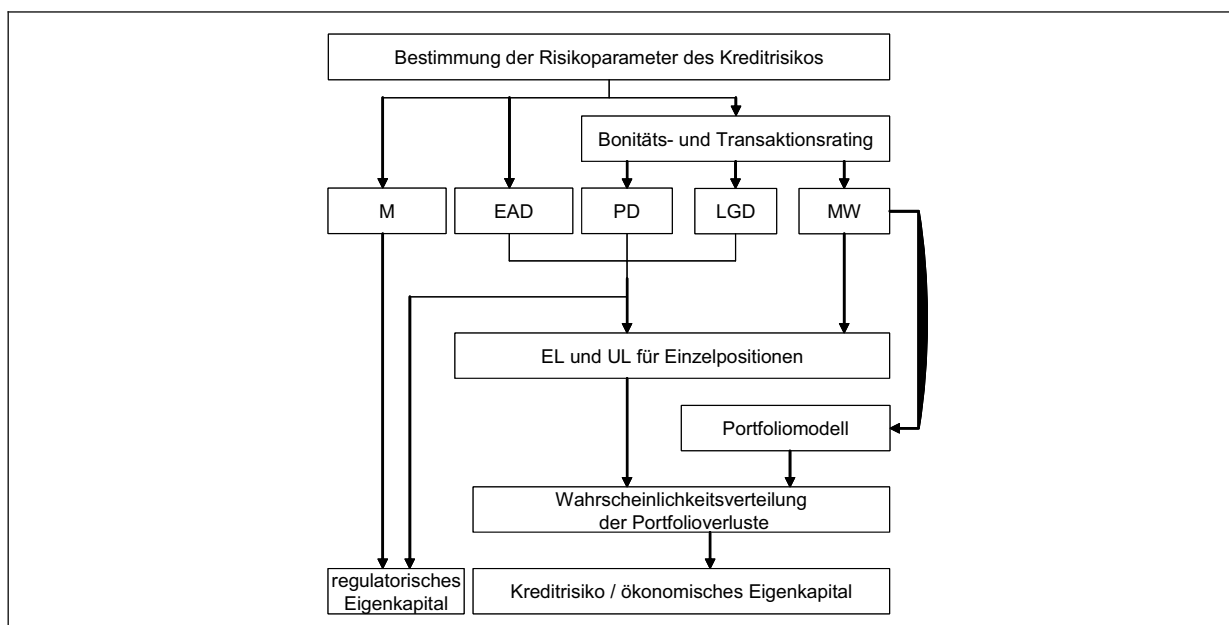


Abbildung 5.1-1: Prozessablauf des Gesamtsystems

Nachdem die genannten Risikoparameter bestimmt worden sind, gehen alle, mit Ausnahme der MW, als Inputparameter in die Risikogewichtungsfunktionen ein, über die das regulatorische Eigenkapital berechnet wird. Parallel werden die Größen EAD, PD, LGD und MW innerhalb des Migrationsansatzes verwendet, um den erwarteten und unerwarteten Verlust für die einzelnen Kreditengagements zu berechnen. Die MW werden ergänzend im Portfoliomodell verwendet, in dem sie an den aktuellen Zustand des ökonomischen Umfeldes angepasst werden. In Kombination mit den Ergebnissen aus dem Migrationsansatz kann anschließend die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste generiert werden, anhand der das ökonomische Kreditrisiko bzw. das ökonomische Eigenkapital in Form eines Value at Risk oder eines Expected Shortfall parallel zum regulatorischen Eigenkapital ermittelt werden kann.

Anhand des aufgezeigten Prozessablaufes können nun im Vorfeld der eigentlichen Systemkonzeption bereits die einzelnen funktionalen Module abgeleitet werden, die an dieser Stelle deckungsgleich sind mit den Modellkomponenten aus Abschnitt 4.1. Dementsprechend erfolgt die Schätzung der Parameter

PD, LGD und MW innerhalb des Basel II-konformen Ratingsystems und die Schätzung von EAD und M in dem Modul für weitere Risikoparameter. Dem weiteren Prozessablauf folgend werden somit der erwartete und unerwartete Verlust der einzelnen Kredite innerhalb des Kreditrisikomoduls für Einzelengagements berechnet und die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste ergibt sich anhand des Portfoliomoduls. Die abschließende parallele Bestimmung des regulatorischen und ökonomischen Eigenkapitals wird über das Basel II-Modul bzw. über das Kreditrisikomodul für das Portfolio vorgenommen.

## 5.2 Architektur

Die Abbildung 5.2-1 zeigt die Architektur des integrierten Kreditrisikosystems, wobei zur Erfüllung der Anforderung eines modularen Aufbaus die in Abschnitt 4.1 aufgezeigten Modellkomponenten jeweils als eigenständige Module realisiert werden. Im Gegensatz zu den Modellkomponenten werden bei der Systemkonzeption mit dem Sicherheitenmodul und dem Reportingmodul zwei weitere Module ergänzt. Zusätzlich werden in der Abbildung symbolisch die sonstigen operativen Systeme (z. B. Kunden- bzw. Kontoführungssystem) mit angezeigt.

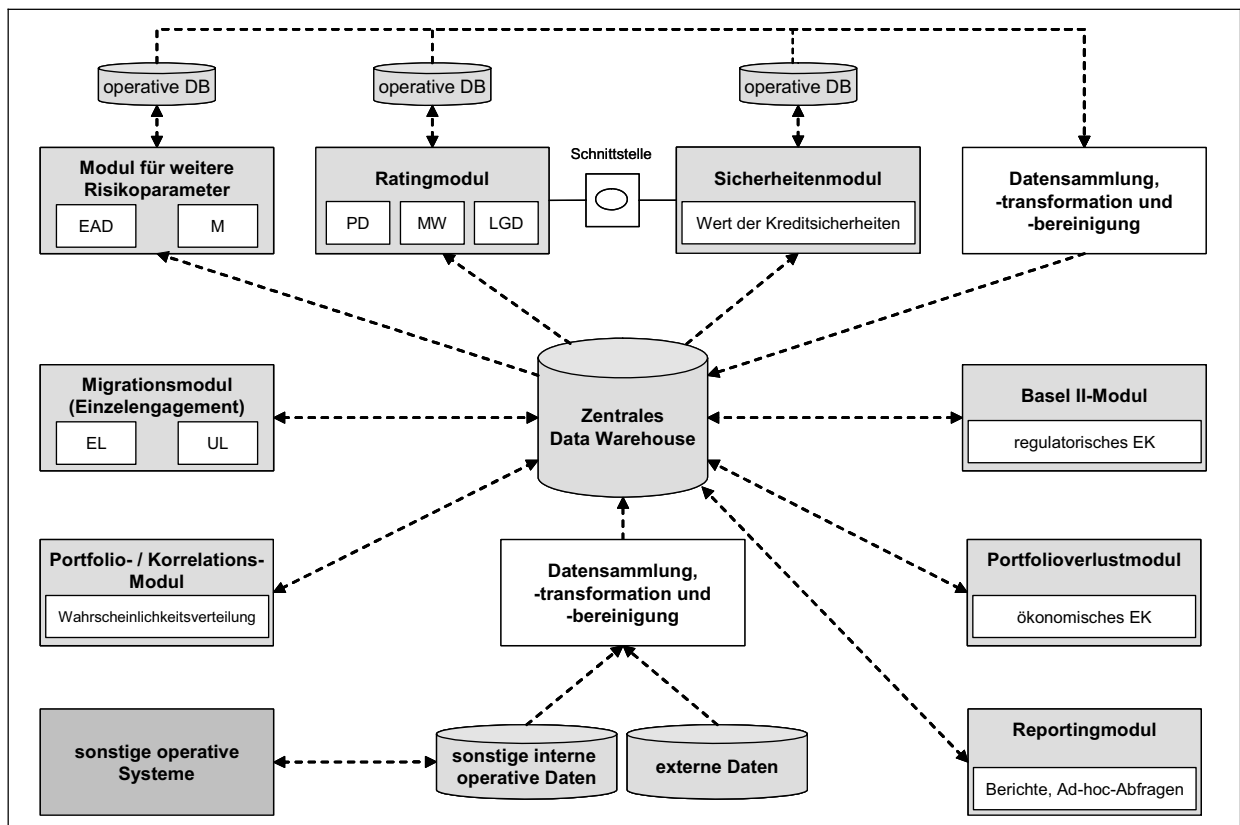


Abbildung 5.2-1: Architektur des integrierten Kreditrisikosystems

Die Reportinganwendung stellt eine gänzlich neu zu betrachtende Komponente des Systems dar, währenddessen das Sicherheitenmodul bei der Modellentwicklung bereits implizit im Basel II-konformen Ratingsystem enthalten war, da die Sicherheitenwerte obligatorische Inputparameter für die LGD-

Ermittlung darstellen. Bei der Betrachtung des integrierten Gesamtsystems kann eine Trennung des Rating- und des Sicherheitenmoduls ggf. sinnvoll oder sogar notwendig sein, da ein Großteil der Banken bereits über ein Sicherheitenverwaltungssystem verfügen wird. In Abhängigkeit des Funktionsumfangs des bestehenden Sicherheitensystems wird eine komplette Neuentwicklung eines Ratingmoduls mit integrierter Sicherheitenbewertung und –verwaltung nicht zwingend die beste Lösung darstellen. Wesentlich wahrscheinlicher ist es, dass das vorhandene Sicherheitensystem in das Gesamtsystem über eine Schnittstelle integriert wird, so dass dessen Ergebnisse innerhalb des Ratingmoduls zur LGD-Ermittlung verwendet werden können.<sup>1061</sup> Dieser Integrationsaspekt von Altsystemen betrifft jedoch nicht nur die Sicherheitenverwaltung, sondern kann auch für weitere der angegebenen Module zutreffen. So wird eine Bank i. d. R. bereits über ein Ratingsystem sowie über systemgestützte Verfahren zur Schätzung der Risikoparameter verfügen, so dass auch hier eine Entscheidung zwischen Neuentwicklung oder Integration der alten Applikationen vorgenommen werden muss.<sup>1062</sup> Vor dem Hintergrund der Modularisierung kommt somit den so genannten Wrappern eine große Bedeutung zu. Mithilfe von Wrappern können Funktionalitäten von (prozeduralen) Altsystemen in neu entwickelte (objektorientierte) Systeme integriert werden.<sup>1063</sup>

Die Module „Modul für weitere Risikoparameter“, „Ratingmodul“ und „Sicherheitenmodul“ nehmen in dem System eine gewisse Sonderstellung ein, da sie zum einen bei den Banken im operativen Geschäft eingesetzt werden und zum anderen den Großteil der Inputparameter für die weiteren Systemmodule bereitstellen. Aufgrund des operativen Charakters verfügen diese Module über jeweils eigenständige operative Datenbestände, die die benötigten Daten zur Schätzung der Risikoparameter und der Sicherheitenwerte sowie ergänzend die aus ihnen resultierenden Ergebnisse der Schätzungen enthalten.<sup>1064</sup> Demgegenüber weisen die übrigen in Abbildung 5.2-1 aufgeführten Module keinen ausgeprägten operativen Charakter auf, da die in ihnen vorgenommenen Berechnungen i. d. R. nicht für das direkte operative Geschäft benötigt werden, sondern vielmehr in bestimmten zyklischen Abständen durchgeführt werden. Da diese Module zu den bestimmten Zeitpunkten zeitgleich bzw. direkt nacheinander eingesetzt werden, sollten sie idealtypischer Weise auf einen gemeinsamen zentralen Datenbestand zugreifen, der ergänzend die Daten aus den drei genannten operativen Systemmodulen beinhalten sollte. Da neue Daten in den weiteren Systemmodulen i. d. R. nicht sofort verfügbar sein müssen, kann diese gemeinsame Datenbasis in Form eines Data Warehouse (DWH) realisiert werden.

Um bei der beschriebenen Konstellation der Systemmodule den beiden ersten in Abschnitt 5.1.1 aufgestellten Anforderungen der integrierten Datenhaltung und der Möglichkeit der Datenhistorisierung weitestgehend entsprechen zu können, bildet das zentrale DWH auch den Kern des integrierten Kreditrisikosystems. Im DWH werden neben den operativen Daten aus den operativen Systemmodulen (Modul

<sup>1061</sup> Die Schnittstelle könnte an dieser Stelle beispielweise über einen Web Service realisiert werden. Für den Begriff und die Funktionsweise von Web Services siehe Burghardt (2004), S. 11-19.

<sup>1062</sup> An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass die Altsysteme gemäß den Anforderungen von Basel II modifiziert werden.

<sup>1063</sup> Zum Begriff des Wrappers siehe beispielsweise Gamma et al. (2001), S. 171.

<sup>1064</sup> Im weiteren Verlauf des Kapitels werden diese drei Systemmodule als „operative Systemmodule“ und die verbleibenden Systemmodule aus Abbildung 5.2-1 als „weitere Systemmodule“ bezeichnet.

für weitere Risikoparameter, Rating- und Sicherheitenmodul) auch die internen Daten aus den sonstigen operativen (Alt-)Systemen redundant abgelegt, damit die weiteren Systemmodule auf diese Daten zugreifen können. Ergänzend werden in dem DWH auch externe Daten abgespeichert. Die für das Gesamtsystem benötigten Daten werden dabei über eine Zwischenschicht (Datensammlung, -transformation und -bereinigung) in das zentrale DWH überführt. Diese Schicht hat die Aufgabe, die Daten aus den operativen Systemmodulen bzw. (Alt-)Systemen zu extrahieren, zu bereinigen und in ein einheitliches Format zu überführen, bevor sie in das DWH übernommen werden. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass ausschließlich fehlerfreie, konsistente und integrierte Daten ins DWH aufgenommen werden.<sup>1065</sup>

Unter Berücksichtigung des DWH stellt sich der Datenzugriff für die operativen und für die weiteren Systemmodule teilweise unterschiedlich dar. Die operativen Module besitzen, wie bereits erläutert, eine eigenständige Datenbasis, in der die benötigten Informationen enthalten sind. Beispielsweise verfügt das Ratingmodul über eine eigene Rating-Datenbank, die den Großteil der relevanten Bonitäts- und Transaktionsratingkriterien enthält, anhand der das Modul sowohl die Ratingurteile als auch die Risikoparameter PD, MW und LGD bestimmt. Für die Bestimmung der Risikoparameter ist es notwendig, dass das Modul auf entsprechende historische Daten zurückgreifen kann, die in der operativen Datenbank vorgehalten werden müssen. D. h., an dieser Stelle wird der Anforderung der Datenhistorisierung bereits zu großen Teilen entsprochen. Die Ergebnisse des Ratingmoduls werden ebenfalls in der eigenständigen operativen Datenbank abgespeichert. Zusätzlich sollte für die operativen Module ein (ausschließlich lesender) direkter Zugriff auf das DWH realisiert werden, so dass die Module auf relativ einfache Weise auf die externen sowie auf die Daten der sonstigen operativen Systeme zugreifen können.

Im Gegensatz zu den operativen benötigen die weiteren Systemmodule nicht zwingend jeweils eine eigenständige Datenbank, sondern können prinzipiell direkt das DWH als gemeinsame Datenbasis verwenden. Da die Berechnungen innerhalb dieser Module zyklisch durchgeführt werden, ist es nicht notwendig, dass die Daten im DWH sekundengenau aktualisiert werden. Hier ist es ausreichend, die Daten aus den operativen (Alt-)Systemen und Systemmodulen zu den entsprechenden Zeitpunkten ins DWH zu überführen. Die beidseitig gerichteten Pfeile bei den weiteren Systemmodulen in der Abbildung 5.2-1 weisen darauf hin, dass die entsprechenden Module nicht nur Daten aus dem DWH abrufen, sondern abschließend auch die Ergebnisse wieder an das zentrale DWH zurückgeben. Auf diese Weise wird eine Datenhistorisierung auch im Bereich der Ergebnisse der weiteren Module gewährleistet.<sup>1066</sup>

Die zentrale Datenhaltung in einem DWH weist ergänzend den Vorteil auf, dass eine geringere Anzahl von Schnittstellen benötigt wird. Aufgrund der Datenübernahme aus den relevanten operativen (Alt-)Systemen und operativen Systemmodulen muss lediglich für jedes System eine Schnittstelle zum DWH implementiert werden. Ohne diese zentrale Datenintegration wären demgegenüber mehrere

<sup>1065</sup> Vgl. Schinzer/Bange/Mertens (1999), S. 379.

<sup>1066</sup> Die Historisierung der Daten der operativen Module wird durch die Übernahme in das DWH sogar redundant vorgenommen.

Schnittstellen zwischen den verschiedenen Systemen notwendig, was einen erheblichen Mehraufwand bedeuten würde. Am Beispiel des Ratingmoduls müssten somit Schnittstellen zum Sicherheitenmodul, zum Migrationsmodul, zum Portfoliomodul sowie zum Basel II-Modul berücksichtigt werden. Es bleibt jedoch zu beachten, dass die Überführung der relevanten Daten in das DWH durchaus mit größeren Problemen behaftet ist, da Banken häufig unflexible Datensilos betreiben. Diese Datensilos ergeben sich dadurch, dass innerhalb der Institute viele Abteilungen über individuelle und isolierte Datenbestände verfügen, die speziell auf den Einsatzbereich konzipiert wurden, aber keine bankweite Datenkonsistenz und Datenintegrität aufweisen.<sup>1067</sup> Des Weiteren setzen Banken häufig noch Host-Systeme ein, aus denen ebenfalls die Daten zu extrahieren sind.

Das aufgezeigte System stellt an dieser Stelle eine anzustrebende Lösung für den Bereich der parallelen regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung dar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass alleine die Realisierung der Basel II-Anforderungen für die Banken bereits eine enorme Anstrengung bedeutet, so dass die aufgezeigte Gesamtlösung nicht in einem Schritt vollständig implementiert werden kann. Allerdings sollte bereits bei der schrittweisen Implementierung der internen Rating-systeme und der Schätzmethoden sowie der Risikogewichtungsfunktionen die modulare Architektur in Verbindung mit einem zentralen DWH berücksichtigt werden, um eine spätere Erweiterung relativ einfach zu ermöglichen. Basierend auf der gezeigten Gesamtlösung für die Kreditrisikoquantifizierung kann die Architektur zu einem späteren Zeitpunkt z. B. zusätzlich um die Bereiche Pricing, Limit-Management, Asset- & Liability-Management sowie Kreditrisikosteuerung erweitert werden.<sup>1068</sup>

### 5.3 Modulbeschreibungen

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die Architektur des Gesamtsystems aufgezeigt wurde, befasst sich das folgende Unterkapitel mit der detaillierten Erläuterung der einzelnen Systemmodule. In den Abschnitten 5.3.1 bis 5.3.8 werden zunächst die in Abbildung 5.2-1 dargestellten funktionalen Module erläutert und ergänzend aufgezeigt, welche Daten von diesen jeweils benötigt werden. Im abschließenden Abschnitt 5.3.9 wird das DWH als zentrale Komponente des Systems aufgegriffen und eine Zusammenführung der vorher identifizierten Daten vorgenommen.

#### 5.3.1 Ratingmodul

Aufgrund der Notwendigkeit für verschiedene Kunden- und Produktsegmente unterschiedliche Ratingverfahren und Inputparameter einzusetzen, stellt das Ratingmodul das komplexeste Modul des Kreditrisikosystems dar. Um auch innerhalb des Moduls eine grundlegende Flexibilität in Bezug auf Modifikationen oder Austausch von Rating- und Schätzverfahren gewährleisten zu können, weist das Ratingmodul ebenfalls eine modulare Struktur auf. Die Architektur dieses Systemmoduls wird in Abbildung

<sup>1067</sup> Vgl. Wieners (2006), S. 10.

<sup>1068</sup> Vgl. Balgheim/Kuhn/Schröck (2004), S. 1250.



5.3-1 aufgezeigt, wobei die gestrichelten Pfeile die Interaktionen zwischen den Teilmodulen verdeutlichen sollen.

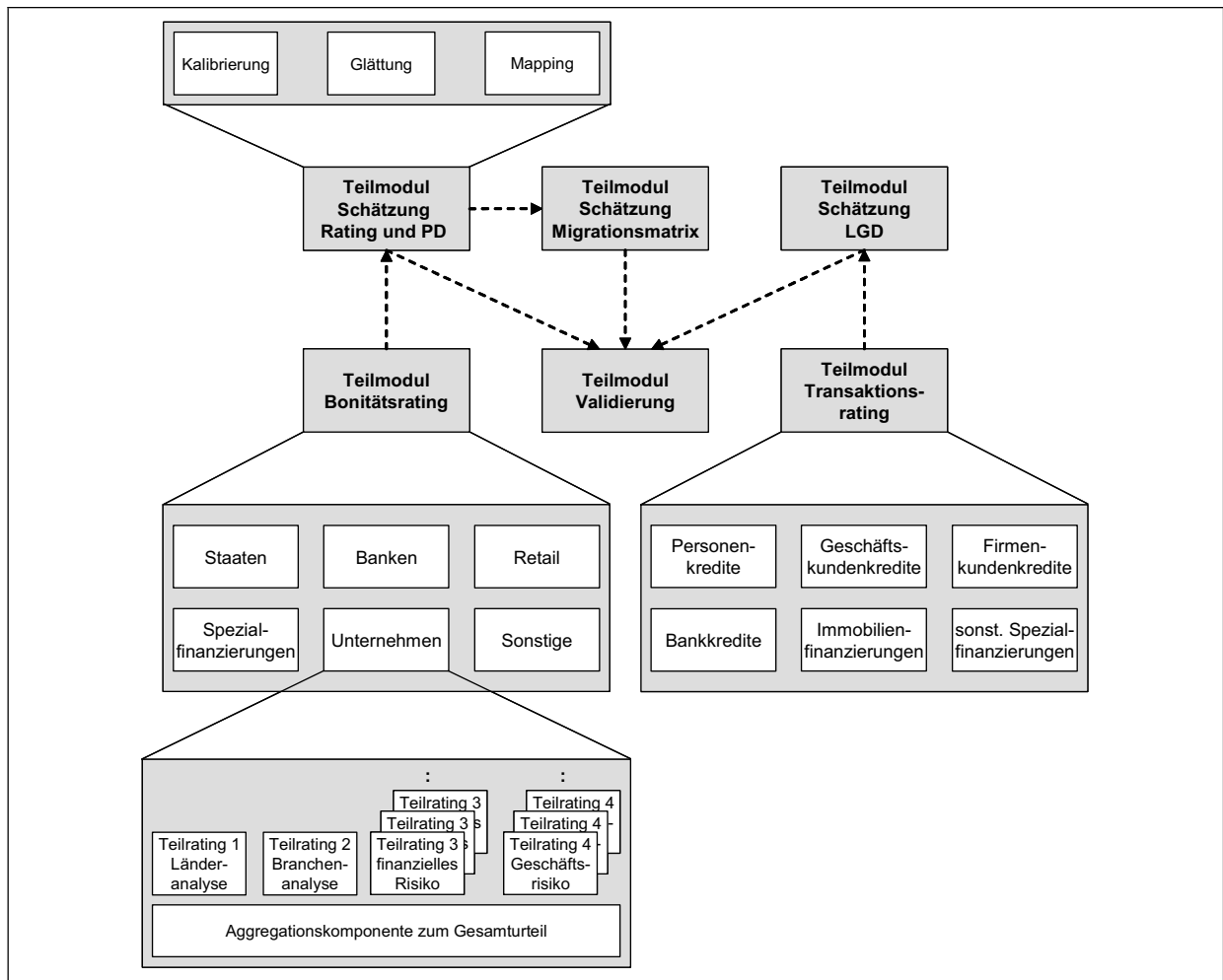


Abbildung 5.3-1: Architektur des Ratingmoduls

Insgesamt besteht das Ratingmodul aus den sechs Teilmodulen „Bonitätsrating“, „Transaktionsrating“, „Schätzung Rating und PD“, „Schätzung Migrationsmatrix“, „Schätzung LGD“ und „Validierung“. Die beiden erstgenannten Teilmodule stellen dabei aufgrund der in Abschnitt 4.2.1 erläuterten Anforderung der Zweidimensionalität von Ratingsystemen die Basiskomponenten des Ratingmoduls dar.

Die beiden Basiskomponenten werden in Abhängigkeit der jeweiligen Kreditnehmergruppen bzw. Forderungsklassen sowie Produktarten bzw. Geschäftsfeldern in weitere Rating-Teilmodule untergliedert. Für das Bonitätsrating können hier beispielsweise zunächst – in Analogie zu Basel II – die Forderungsklassen Staaten, Banken, Retail, Spezialfinanzierungen und Unternehmen unterschieden werden. Prinzipiell ist an dieser Stelle auch eine feinere Untergliederung möglich, was durch das Teilmodul „Sonstige“ in der Abbildung symbolisiert wird. Für einige dieser Forderungsklassen, wie z. B. Staaten, Banken und Retail beinhalten die Teilmodule auf dieser Ebene bereits die Ratingmethodik, anhand derer die Ausprägungen der relevanten Merkmale zu einem Ratingurteil verdichtet werden. Bei Forderungsklassen, wie z. B. den Spezialfinanzierungen und den Unternehmen, ist die Kreditnehmerstruktur allerdings nicht so homogen wie bei den Staaten, Banken und Retailkunden, so dass diese Teilmodule

in weitere Untermodule aufgeteilt werden. Aufgrund der Fokussierung der Arbeit auf Unternehmenskredite wird die weitergehende Differenzierung in Untermodule am Beispiel dieser Forderungsklasse vorgenommen. In Abschnitt 4.2.3.1 wurde bereits aufgezeigt, dass sich das Ratingurteil eines Unternehmens aus den vier Teilratings Länderanalyse, Branchenanalyse, finanzielles Risiko und Geschäftsrisiko zusammensetzt. Für jedes dieser Teilratings sowie für die Aggregationskomponente ist systemseitig daher ein eigenes Teilmodul zu entwickeln, welches die entsprechende Ratingmethodik beinhaltet. Für die Untermodule der Teilratings 1 und 2 ist jeweils eine einzige technische Realisierung ausreichend, da die zu betrachtenden Kriterien zur Ratingbestimmung für alle Länder und Branchen relativ identisch sein sollten. Anders verhält es sich jedoch mit den Teilratings 3 und 4, bei denen z. B. in Abhängigkeit der Sektorzugehörigkeit, der Unternehmensform sowie des Unternehmensalters (etabliertes oder Start-up Unternehmen) und der sonstigen Unternehmenscharakteristika unterschiedliche Inputparameter und ggf. sogar verschiedene Ratingverfahren berücksichtigt werden müssen. Diese Untermodule müssen daher für die jeweiligen bankindividuell gebildeten Unternehmensgruppen mehrfach in modifizierter Form implementiert werden (siehe Abbildung 5.3-1).

Die für das Bonitätsrating und die damit verbundenen Untermodule benötigten Daten müssen sowohl aus internen als auch aus externen Datenquellen bezogen werden.<sup>1069</sup> Die Informationen für die Länder- und die Branchenanalyse stammen entweder von externen Informationsanbietern, wie z. B. Statistisches Bundesamt, FERl, Creditreform und Vereinigte Wirtschaftsdienste (VWD), oder die Banken haben eigene volkswirtschaftliche Research-Abteilungen, die eigene Informationen zu Ländern und Branchen aufbereiten, so dass auch ein Zugriff auf diese internen Informationen berücksichtigt werden muss. Die im Rahmen der Analyse des finanziellen Risikos und des Geschäftsrisikos benötigten Daten stammen größtenteils aus den operativen Systemmodulen und den sonstigen operativen (Alt-)Systemen der Bank, in denen z. B. die Geschäfts- und Kundendaten vorgehalten werden. Ergänzend müssen ggf. für die Analyse des Geschäftsrisikos externe Datenquellen eingebunden werden, die zusätzliche Informationen zur Beurteilung der individuellen Wettbewerbsposition des Unternehmens bereitstellen. Das Ergebnis des Bonitätsratings stellt abschließend entweder einen Score-Wert oder eine individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit für den Kreditnehmer dar. Aufgrund der Anforderung des Baseler Ausschusses, dass für jede Ratingklasse eine durchschnittliche PD geschätzt werden muss, wird dieses Ergebnis zunächst in der operativen Rating-Datenbank abgespeichert, so dass im Anschluss das Teilmodul „Schätzung Rating und PD“ auf diese Daten zugreifen kann, um dem Kreditnehmer eine ratingklassenspezifische PD zuzuweisen. Gemäß der Abbildung 5.3-1 kommt es hier also zur Interaktion zwischen den beiden genannten Teilmodulen des Ratingmoduls.

Innerhalb des Teilmoduls „Schätzung Rating und PD“ lassen sich neben der Kalibrierung die Glättung sowie das Mapping als ergänzende Funktionalitäten identifizieren, die ebenfalls in einzelnen Untermodulen realisiert werden sollten. Die grundlegende Funktion liegt dabei in der Kalibrierung der einzelnen Ratingverfahren, die sowohl für die Kalibrierung von Score-basierten als auch für PD-basierte Ratingverfahren (statistische Ausfallmodelle) implementiert werden sollte, damit ein späterer Wechsel auf

---

<sup>1069</sup> Siehe Abschnitt 4.2.3.1 für eine Darstellung der spezifischen Kriterien, die beim Bonitätsrating verwendet werden.

andere Ratingverfahren relativ einfach möglich ist. Für die Kalibrierung der Ratingsysteme werden als grundlegende Daten die historischen Rating- und Ausfalldaten aller Kreditnehmer bzw. der Kreditnehmer einer spezifizierten Stichprobe sowie die entsprechenden Score-Werte oder individuellen PD der neu bewerteten Unternehmen benötigt. Die historischen Daten stammen entweder aus internen Datenquellen, aus einem Datenpool mit anderen Instituten oder von externen Ratingagenturen und werden ebenfalls in der operativen Rating-Datenbank vorgehalten. Für die Kalibrierung von Ratingsystemen, die einen Score-Wert als Ergebnis ausweisen, müssen zunächst die Verteilungen der Score-Werte und deren entsprechende Intervall-Einteilung auf die Ratingklassen in diesem Teilmodul hinterlegt sein. Anhand der Intervalle werden die neu bewerteten Unternehmen der richtigen Ratingklasse zugeordnet. Auf Basis der historischen Daten berechnet das Kalibrierungsmodul die langfristige durchschnittliche Ausfallrate für jede Ratingklasse, die als empirische Ausfallrate bzw. empirische PD für den jeweiligen Kreditnehmer in der operativen Datenbank abgelegt wird. Im folgenden Schritt werden die empirisch ermittelten PD der Ratingklassen durch das Glättungs-Modul (z. B. in Form einer exponentiellen Regression) modifiziert, so dass die empirischen PD entsprechend der Anforderung aus Abschnitt 4.2.1 monoton ansteigen. Für jeden Kreditnehmer wird nun ergänzend die seiner Ratingklasse entsprechende geglättete PD gespeichert, die bis zum Folgerating als Ausfallwahrscheinlichkeit für den Kreditnehmer verwendet wird.

Setzt die Bank demgegenüber statistische Ausfallmodelle als Ratingverfahren ein, bei denen das Ergebnis durch eine individuelle PD dargestellt wird, so ordnet das Kalibrierungsmodul die Kreditnehmer entsprechend hinterlegter PD-Intervalle ihren jeweiligen Ratingklassen zu. Die PD der Ratingklasse wird anschließend durch das arithmetische Mittel der individuellen PD der Kreditnehmer in der jeweiligen Ratingklasse berechnet. Bei dieser Vorgehensweise werden einem Kreditnehmer damit zum einen seine individuelle PD und zum anderen die ratingklassenspezifische PD als Ergebnis zugeordnet. Das Glättungsmodul wird bei der Verwendung von statistischen Ausfallmodellen als Ratingverfahren nicht benötigt, da die daraus entstehenden PD der Ratingklassen bereits monoton ansteigen.

Für den Fall, dass eine Bank über keine ausreichenden historischen Ausfalldaten zur Kalibrierung der Ratingsysteme verfügt, können alternativ die Daten externer Ratingagenturen verwendet werden. Hierzu dient das Mapping-Teilmodul, in dem die verschiedenen in Abschnitt 4.2.3.3.3 aufgezeigten Mapping-Verfahren implementiert sind. Für den Fall, dass als Mapping ein Vergleich von Kreditnehmern vorgenommen wird, die sowohl über ein internes als auch über ein externes Rating verfügen, müssen die externen Ratings entweder über geeignete Schnittstellen in die operative Datenbank des Ratingmoduls oder alternativ über die Zwischenschicht in das zentrale DWH überführt werden, so dass das Ratingmodul auf diese externen Daten zugreifen kann. Nach Abschluss des Ratingklassen-Mappings werden den internen die entsprechenden externen Ratingklassen zugeordnet, so dass für jeden Kreditnehmer zunächst die von den Ratingagenturen für die spezifischen Klassen ermittelten empirischen Ausfallwahrscheinlichkeiten abgespeichert werden. Durch die empirische Schätzung dieser PD wird ggf. auch hier das Glättungs-Modul eingesetzt, um monoton ansteigende PD zu generieren, damit den Unternehmen ergänzend die geglätteten PD zugeordnet werden können. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Ergebnisse, die aus den beiden Teilmodulen „Bonitätsrating“ und „Schätzung Rating und PD“ für einen Kreditnehmer abgespeichert werden.

<b>Ergebnisse aus den Teilmodulen Bonitätsrating und Schätzung Rating und PD</b>	
<b>Ergebniswerte:</b>	<b>Beispiel:</b>
Scorewert:	80
interne Ratingklasse:	3
externe Ratingklasse:	AA
Gültigkeitsablauf des Ratings:	30.06.2007
individuelle PD:	0,045%
empirische PD:	0,05%
geglättete PD:	0,0295%

Abbildung 5.3-2: Ergebnisse aus den Teilmodulen Bonitätsrating und Schätzung Rating und PD<sup>1070</sup>

Aufgrund der Abhängigkeit zu den eingesetzten Ratingverfahren werden pro Kreditnehmer jedoch nicht alle in der Abbildung aufgezeigten Ergebnisfelder in der operativen Datenbank befüllt. Basiert ein Ratingverfahren z. B. auf einem statistischen Ausfallmodell, so werden folglich die Felder „Scorewert“ und „geglättete PD“ nicht ermittelt. Analog wird bei Score-basierten Verfahren das Feld „individuelle PD“ leer bleiben.

Zusammenfassend für den Bereich des Bonitätsratings und der Ausfallwahrscheinlichkeit müssen in der operativen Rating-Datenbank im Bereich der Einzelwerte ggf. für jeden Kreditnehmer die prognostizierte, die geglättete prognostizierte und die beobachtete Ist-Ausfallwahrscheinlichkeit gespeichert werden. Ergänzend müssen auch aggregierte Werte der PD festgehalten werden, über die die durchschnittliche PD ermittelt werden kann.

Das Teilmodul „Schätzung Migrationsmatrix“ beinhaltet die Funktionalität zur Schätzung der Migrationswahrscheinlichkeiten. Um die entsprechenden (einjährigen) Migrationsmatrizen schätzen zu können, benötigt das Teilmodul unter anderem die geglätteten PD aus dem Teilmodul „Schätzung Rating und PD“. Des Weiteren werden historische Ratingdaten benötigt, so dass die Migrationswahrscheinlichkeiten als langfristiger Durchschnitt der relativen Häufigkeiten der für die internen Kreditnehmer beobachteten Ratingklassenwechsel ermittelt werden können. Dieses Teilmodul generiert daher aus den historischen Daten zunächst Kohorten von Unternehmen, anhand derer die Migrationsmatrizen bestimmt werden. Für den Fall, dass Unternehmen einer Kohorte im Zeitverlauf kein Rating mehr bekommen, beinhaltet das Teilmodul ergänzend die in Abschnitt 4.2.3.3.4 aufgezeigte Normierungsfunktion, damit die Wahrscheinlichkeitsmasse der nicht gerateten Unternehmen auf die einzelnen Ratingklassen verteilt werden kann. Des Weiteren können in dem Teilmodul nicht nur einperiodige, sondern auch mehrperiodige Migrationsmatrizen geschätzt werden, indem diese mehrperiodigen Migrationen als absorbierende, zeithomogene Markov-Ketten modelliert werden, so dass die geschätzten einperiodigen Migrationsmatrizen entsprechend der betrachteten Anzahl von Jahren potenziert werden können. An dieser Stelle wird die Anforderung der Datenhistorisierung besonders deutlich, da die in diesem Teilmodul benötigten Daten im Idealfall aus einer internen Datenbasis stammen, die durch die Ratinghistorisierung im Teilmodul „Schätzung Rating und PD“ geschaffen wird. Alternativ können auch

<sup>1070</sup> In Anlehnung an Schulze/Rujner (2004), S. 23.

an dieser Stelle Migrationsmatrizen von öffentlichen Ratingagenturen verwendet werden, wobei zunächst das Mapping-Untermodule aus dem zuvor beschriebenen Teilmodul „Schätzung Rating und PD“ zur Zuordnung von internen zu externen Klassen eingesetzt werden muss. Als Ergebnis des Teilmoduls „Schätzung Migrationsmatrix“ werden somit für die entsprechenden Ratingklassen die Migrationswahrscheinlichkeiten abgespeichert, die aufgrund der entsprechenden Klassenzugehörigkeit den jeweiligen Kunden zugeordnet werden können.

Das Teilmodul „Transaktionsrating“ stellt neben dem Bonitätsrating die zweite Basiskomponente des Ratingmoduls dar, welches ebenfalls in weitere Untermodule aufgeteilt wird. Der Grund für die Unterteilung liegt in der unterschiedlichen Bewertung der jeweiligen Transaktionen in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Geschäftsfelder. Daher wird für jedes Geschäftsfeld ein eigenes Ratingverfahren implementiert, wobei z. B. eine Unterteilung nach Personen-, Geschäftskunden-, Firmen- und Bankkrediten sowie Immobilien- und sonstigen Spezialfinanzierungen (z. B. Schiffs- und Flugzeugfinanzierungen) vorgenommen werden kann. Letztere stehen hierbei symbolisch für eine weitergehende Unterteilung.

Innerhalb dieser Untermodule kann das LGD- bzw. Transaktionsrating auf zwei verschiedene Arten bestimmt werden, die dem Vorgehen beim Bonitätsrating ähnlich sind. Bei der ersten Vorgehensweise werden verschiedene Kriterien über ein Ratingverfahren zu einem LGD-Score aggregiert, wobei für jedes Untermodul verschiedene Ratingmethoden implementiert werden können. Zu den benötigten Kriterien zählen z. B. der aktuelle Wert der Sicherheit, die durchschnittliche Erlösquote und die durchschnittlichen Verwertungskosten bei der jeweiligen Sicherheitenart. Weitere in das Ratingverfahren eingehende Kriterien beziehen sich nicht auf die Sicherheit, sondern auf die spezifische Kreditausgestaltung, wozu die Kreditart (feste oder variable Inanspruchnahme), die Kredithöhe, die Tilgungsart, mögliche Vertragsklauseln sowie ggf. der Verwendungszweck zu zählen sind.<sup>1071</sup> Die Daten, die sich direkt auf die Sicherheiten beziehen, sind die Ergebnisse aus dem Sicherheitenmodul (siehe Abschnitt 5.3.3) und können über eine geeignete Schnittstelle aus dessen operativer Datenbasis bezogen werden (siehe auch Abbildung 5.2-1). Die Informationen über die Kreditausgestaltung können aus den jeweiligen Vertragsdaten der Transaktion entnommen werden, die aus den sonstigen operativen Systemen stammen. Bei der zweiten Vorgehensweise sind in den Untermodulen Ratingverfahren implementiert, anhand derer für jede Transaktion ein individueller LGD ermittelt wird. Diese Ermittlung erfolgt entweder aus Marktpreisen von ausgefallenen Anleihen und ausgefallenen marktgängigen Krediten kurz nach dem Ausfallereignis (Market LGD) oder aus den Credit Spreads von noch nicht ausgefallenen Anleihen (Implied Market LGD). Bei diesen Verfahren werden aus externen Datenquellen, wie z. B. Reuters oder Bloomberg, Marktpreise benötigt, die über eine standardisierte Schnittstelle in eine interne Datenbank aufgenommen werden und so dem Teilmodul zur Verfügung stehen. Das Ergebnis des Teilmoduls „Transaktionsrating“ besteht somit entweder aus einem LGD-Score oder aus einem individuellen LGD für jedes Kreditgeschäft. Da auch beim Transaktionsrating die Anforderung besteht, dass für jedes Geschäft eine ratingklassenspezifische LGD bestimmt wird, werden diese Ergebnisse ebenfalls in der operativen Rating-Datenbank abgespeichert und dem Teilmodul „Schätzung LGD“ zur Verfügung gestellt.

<sup>1071</sup> Vgl. Bundesverband Deutscher Banken (2005a), S. 32.

Die Funktionsweise des Teilmoduls „Schätzung LGD“ kann in Analogie zum Teilmodul „Schätzung PD“ gesehen werden, so dass die Funktionalität für die Bestimmung der ratingklassenspezifischen LGD sowohl für die Score-basierten als auch für die LGD-basierten Ratingverfahren implementiert werden sollte. Für die Kalibrierung des Transaktionsratings werden als grundlegende Daten die historisch realisierten LGD für die entsprechenden Sicherheiten- und Kreditarten sowie die Scorewerte bzw. individuellen LGD der neu bewerteten Transaktionen benötigt. Die historische Datenbasis muss hierbei bankintern aufgebaut werden. Für die auf Score-Werten basierten Verfahren muss in diesem Teilmodul ebenfalls eine Intervall-Einteilung auf die Ratingklassen hinterlegt sein, so dass die neu bewerteten Transaktionen anhand ihres LGD-Scores der entsprechenden Ratingklasse zugeordnet werden können. Auf Basis der historischen Daten wird nun die langfristige durchschnittliche Verlustquote für jede Ratingklasse ermittelt, die als empirische LGD für jedes Kreditgeschäft festgehalten wird. Verwendet die Bank Verfahren, bei denen das Ergebnis durch eine individuelle LGD dargestellt wird, werden die einzelnen Kreditgeschäfte entsprechend hinterlegter LGD-Intervalle den Klassen zugeordnet. Die ratingklassenspezifische LGD ergibt sich dann durch die Bestimmung des arithmetischen Mittels der individuellen LGD einer Klasse. Als Ergebnis dieser Verfahren werden sowohl die individuelle als auch die ratingklassenspezifische LGD gespeichert. Ergänzend muss in diesem Teilmodul berücksichtigt werden, dass eine Bank bei der Verwendung des IRB-Basisansatzes zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals auf aufsichtsrechtlich vorgegebene Werte für die LGD zurückgreifen muss. Daher sollte hier die Möglichkeit implementiert werden, für die jeweiligen Forderungsarten die festgelegten LGD-Werte zu hinterlegen. Die Abbildung 5.3-3 fasst die Ergebnisse, die aus den beiden Teilmodulen „Transaktionsrating“ und „Schätzung LGD“ für eine Transaktion resultieren, zusammen, wobei in Abhängigkeit des zugrunde liegenden Ratingverfahrens einige Ergebnisfelder ggf. nicht ausgefüllt werden.

<b>Ergebnisse aus den Teilmodulen Transaktionsrating und Schätzung LGD pro Kreditgeschäft</b>	
<b>Ergebniswerte:</b>	<b>Beispiel:</b>
Scorewert:	80
interne Ratingklasse:	3
Gültigkeitsablauf des Ratings:	30.06.2007
individuelle LGD:	15%
empirische LGD:	20%
aufsichtsrechtliche LGD:	75%

Abbildung 5.3-3: Ergebnisse aus den Teilmodulen Transaktionsrating und Schätzung LGD

Analog zum Bonitätsrating kann für den Bereich des Transaktionsratings zusammenfassend festgestellt werden, dass in der operativen Rating-Datenbank ggf. für jeden Kreditnehmer die Einzelwerte der prognostizierten sowie der beobachteten Ist-Verlustquote sowie ergänzend die aggregierten Werte der LGD gespeichert werden.

Das letzte Teilmodul des Ratingmoduls wird durch das Validierungs-Teilmodul dargestellt, dessen grundlegende Funktionalität in der (quantitativen) Überprüfung der Prognosequalität der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten sowie der Verlustquote besteht. Des Weiteren wird in diesem Teilmodul auch die Trennschärfe des Ratingsystems in Bezug auf die korrekte Klassifikation zwischen solventen

und insolventen Kreditnehmern kontrolliert. Für die Prüfung der Klassifikationsgüte des Ratingsystems werden für die Teststichprobe die vom Ratingsystem generierten Urteile sowie der aktuelle Status von den Unternehmen einer Stichprobe benötigt. Die Informationen für die vom System erstellten Klassifikationen (solvent/insolvent) liegen dabei als Ergebnisse der jeweiligen Teilmodule vor. Der aktuelle Status muss aus den sonstigen operativen Systemen gewonnen werden, so dass im Anschluss das Teilmodul „Validierung“ sowohl in der Lage ist, die Trennschärfe graphisch (z. B. durch die CAP- oder ROC-Kurve) als auch in Form einer Kennzahl (z. B. Gini-Koeffizient oder Area under Curve) darzustellen.

Für die Validierung der genannten Risikoparameter werden jeweils die prognostizierten und die beobachteten Werte benötigt. Wird ergänzend oder alternativ ein Benchmarking durchgeführt, so müssen die entsprechenden Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten sowie die Verlustquoten von externen Ratingagenturen über standardisierte Schnittstellen in die interne Datenbasis überführt werden. Für die abschließende Validierung sind in diesem Teilmodul die entsprechenden Methoden, wie z. B. der Binomialtest oder der Brier-Score zu implementieren. Im Rahmen der Prognoseüberprüfung der LGD müssen jedoch ergänzend die geschätzten und beobachteten Werte für die entsprechenden Sicherheiten übernommen werden. Für den Fall, dass das Sicherheitenmodul des Gesamtsystems im Rahmen der Gesamtkonzeption neu entwickelt wird, sollte es als Teilmodul des Ratingmoduls realisiert werden, so dass auch die Validierung der prognostizierten Sicherheitenwerte an dieser Stelle vorgenommen wird. Existiert bereits ein zu integrierendes Sicherheitenmodul in Form eines Alt-Systems, so kann ggf. die Validierung auch innerhalb dieses Moduls umgesetzt werden.

### 5.3.2 Modul für weitere Risikoparameter

Neben den im Ratingmodul ermittelten Risikoparametern müssen für die Ermittlung des regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikos ergänzend die Risikoparameter EAD und M ermittelt werden. Da diese Parameter nicht im Rahmen eines Ratingsystems geschätzt werden, wird hierfür ein eigenes Modul, bestehend aus drei Teilmodulen, im Gesamtsystem entwickelt. Zwei Teilmodule dienen dabei der Schätzung der beiden Risikoparameter, während das dritte Teilmodul die Methodik für die Validierung des EAD beinhaltet. Die Abbildung 5.3-4 verdeutlicht die Architektur dieses Moduls, wobei die weitere Aufteilung der beiden Teilmodule „Schätzung M“ und „Schätzung EAD“ eine funktionale Aufteilung symbolisieren soll. Aufgrund der geringen Komplexität der dort hinterlegten Rechenmethoden müssen diese jedoch nicht als Untermodule des Systems implementiert werden.

Die Restlaufzeit M wird als expliziter Parameter ausschließlich für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals benötigt, so dass innerhalb dieses Moduls die in Abschnitt 3.2.2.2.1.1 aufgezeigten Regeln von Basel II zur Bestimmung von M implementiert werden. Innerhalb des Basisansatzes wird M i. d. R. konstant mit 2,5 Jahren von der Bankenaufsicht vorgegeben, so dass das Teilmodul „aufsichtliche Werte beim Basisansatz“ die Möglichkeiten der Veränderung dieser Konstanten bieten sollte, damit ggf. Änderungen dieser Vorgabe von Seiten der Aufsicht berücksichtigt werden können. Die Hauptfunktionalität dieses Teilmoduls „Schätzung M“ besteht somit in der Bestimmung der nominalen und effektiven Restlaufzeiten bei der Verwendung des fortgeschrittenen IRB-Ansatzes. Die nominale Restlaufzeit lässt sich relativ einfach aus den Laufzeitdaten des Kreditvertrages ermitteln, so dass diese entspre-

chend aus den Geschäftsdaten der sonstigen operativen Systeme bzw. operativen Systemmodule bereitgestellt werden müssen. Ähnlich verhält es sich bei der Berechnung der effektiven Restlaufzeit, für die ergänzend aus den Vertragsdaten der Cash Flow für jedes Jahr, bestehend aus Nominalbetrag, Zinsen und Gebühren, berechnet werden muss.

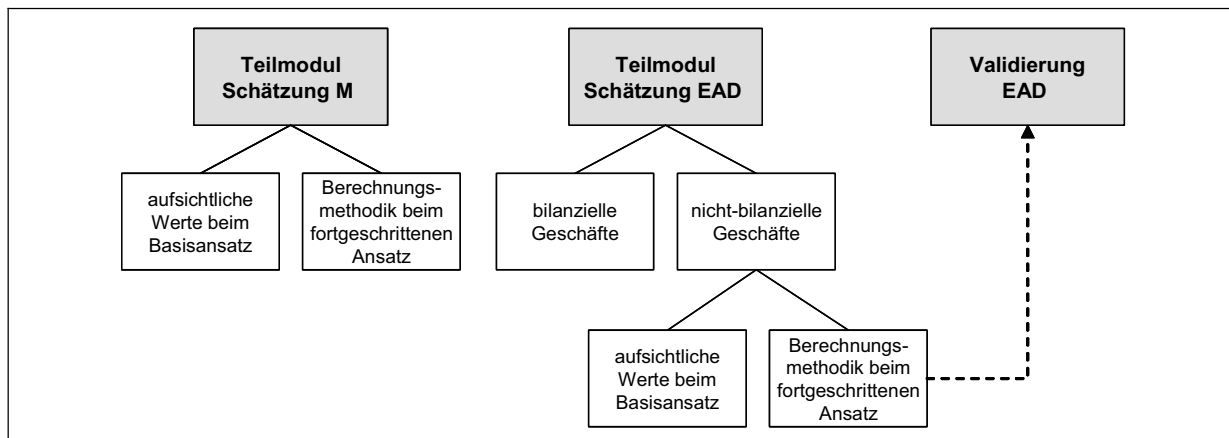


Abbildung 5.3-4: Architektur des Moduls für weitere Risikoparameter

Innerhalb des zweiten Teilmoduls zur Schätzung der EAD muss zunächst zwischen bilanziellen und nicht-bilanziellen Geschäften differenziert werden. Der EAD bei bilanziellen Geschäften ergibt sich sowohl beim Basisansatz als auch beim fortgeschrittenen Ansatz von Basel II als bilanzieller Wert der Forderung, wobei die benötigten Daten zu dessen Bestimmung in den sonstigen operativen Systemen bzw. operativen Systemmodulen der Bank existieren. Bei außerbilanziellen Geschäften erfolgt eine Unterscheidung zwischen den beiden IRB-Ansätzen, so dass in diesem Teilmodul – analog zum Teilmodul zur Schätzung von M – für den Basisansatz die aufsichtsrechtlich vorgegebenen Werte hinterlegt sein müssen. Beim fortgeschrittenen Ansatz ergibt sich der EAD als Summe aus dem zurzeit in Anspruch genommenen Kreditbetrag und der noch offenen Zusage multipliziert mit einem Credit Conversion Factor (CCF). Die aktuelle Inanspruchnahme lässt sich wiederum den operativen Systemen bzw. Systemmodulen entnehmen, so dass in diesem Teilmodul der CCF ergänzend zu schätzen ist. An dieser Stelle sollte ebenfalls eine Datenhistorie der beobachteten CCF für die jeweiligen Kreditarten aufgebaut werden. Anhand dieser Daten schätzt das Teilmodul die zu verwendende CCF, indem ihr langjähriger Durchschnitt ermittelt wird. Sowohl die prognostizierten als auch die beobachteten CCF müssen neben den abschließend berechneten EAD abgespeichert werden.

Das dritte Teilmodul „Validierung EAD“ beinhaltet die Funktionalität zur Überprüfung der EAD-Prognose, wobei genauer gesagt der prognostizierte CCF validiert wird. In diesem Teilmodul werden somit die in Abschnitt 4.2.3.4 aufgezeigten Validierungsmethoden implementiert, die als Daten die beobachteten und die prognostizierten CCF benötigen. Während die prognostizierten Werte das Ergebnis des Teilmoduls „Schätzung EAD“ darstellen, müssen die beobachteten CCF ggf. im Vorfeld aus den sonstigen operativen Systemen bzw. aus den operativen Systemmodulen gewonnen werden.



### 5.3.3 Sicherheitenmodul

Das Sicherheitenmodul dient im Grundsatz der Verwaltung und Bewertung der jeweiligen Sicherheiten. Aufgrund der Unterschiede in Bezug auf die Verwertungsmöglichkeiten und Wertentwicklungen sollte das Sicherheitenmodul spezielle Bewertungsmethoden z. B. für die Sicherheitenarten Immobilien, abgetretene Forderungen, Sicherungsübereignung, Wertpapiere sowie Personensicherheiten beinhalten. Dadurch, dass jede Sicherheit bestimmten Transaktionen zugeordnet werden muss, sind Verbindungen zu den operativen Kunden- bzw. Kontodatensystemen erforderlich. Des Weiteren werden je nach Sicherheitenart teilweise unterschiedliche Daten für die Bewertung benötigt. Beispielsweise können für die Bewertung von Immobilien und Grundstücken Daten vom elektronischen Grundbuch der Grundbuchämter übernommen werden, was jedoch durch bestehende standardisierte Schnittstellen relativ problemlos möglich ist.<sup>1072</sup> Als weiteres Beispiel werden für die Bewertung von Wertpapieren die entsprechenden Kursdaten benötigt, die entweder aus internen Wertpapierverwaltungssystemen oder alternativ von externen Informationsanbietern bezogen werden können. Neben der Bestimmung der aktuellen Sicherheitenwerte werden in diesem Modul anhand historischer Daten ergänzend die durchschnittlichen Erlösquoten und Verwertungskosten bestimmt, die anschließend in der operativen Datenbank des Sicherheitenmoduls abgelegt werden und somit über eine Schnittstelle zur Ermittlung des Transaktionsratings zur Verfügung stehen (siehe auch Abbildung 5.2-1).

### 5.3.4 Basel II-Modul

Anhand von Teilen der in den bisher beschriebenen Modulen ermittelten Risikoparameter kann nun das regulatorische Eigenkapital innerhalb des Basel II-Moduls ermittelt werden. In diesem Modul ist es nicht notwendig, eine Differenzierung zwischen dem Basisansatz und dem fortgeschrittenen Ansatz vorzunehmen, da die zugrunde liegenden Risikogewichtungsfunktionen und somit die Berechnungsmethodik für das regulatorische Eigenkapital bei beiden Ansätzen identisch sind. Die grundlegende Aufteilung des Moduls in Teilmodule erfolgt in Anlehnung an die Kategorisierung der Aktiva bei Basel II, so dass innerhalb jedes Teilmoduls die Risikogewichtungsfunktionen für die entsprechenden Forderungsklassen implementiert sind. Auf diese Weise ergibt sich zunächst eine Aufteilung des Basel II-Moduls in die Teilmodule „Unternehmen“, „Staaten und Banken“, „Retail“ und „Beteiligungen“. Ergänzend enthält das Modul eine Aggregationskomponente, die das regulatorische Eigenkapital der einzelnen Engagements abschließend zur Eigenkapitalanforderung für das gesamte Kreditportfolio addiert. Abbildung 5.3-5 veranschaulicht die modulare Architektur dieses Moduls.

Eine Besonderheit weist das Teilmodul „Unternehmen“ auf, welches nochmals in zwei Untermodule aufgeteilt wird. Der Grund für diese weitere Untergliederung liegt darin, dass für Unternehmenskredite sowie für die vier angegebenen Spezialfinanzierungen eine einheitliche Risikogewichtungsfunktion verwendet werden kann, während die Funktion zur Bestimmung der Risikogewichte bei hochvolatilen gewerblichen Realkrediten eine Modifikation im Bereich der modellierten Korrelationen aufweist. Für die Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals benötigen die einzelnen Teilmodule die entsprechenden

<sup>1072</sup> Vgl. Wurster (1999), S. 225.

Ausprägungen der Risikoparameter PD, EAD, LGD und M, die als Ergebnisse aus den anderen operativen Systemmodulen vorliegen. Das Ergebnis für die einzelnen Kredite sowie für Teilportfolios oder das gesamte Portfolio werden entsprechend gespeichert.

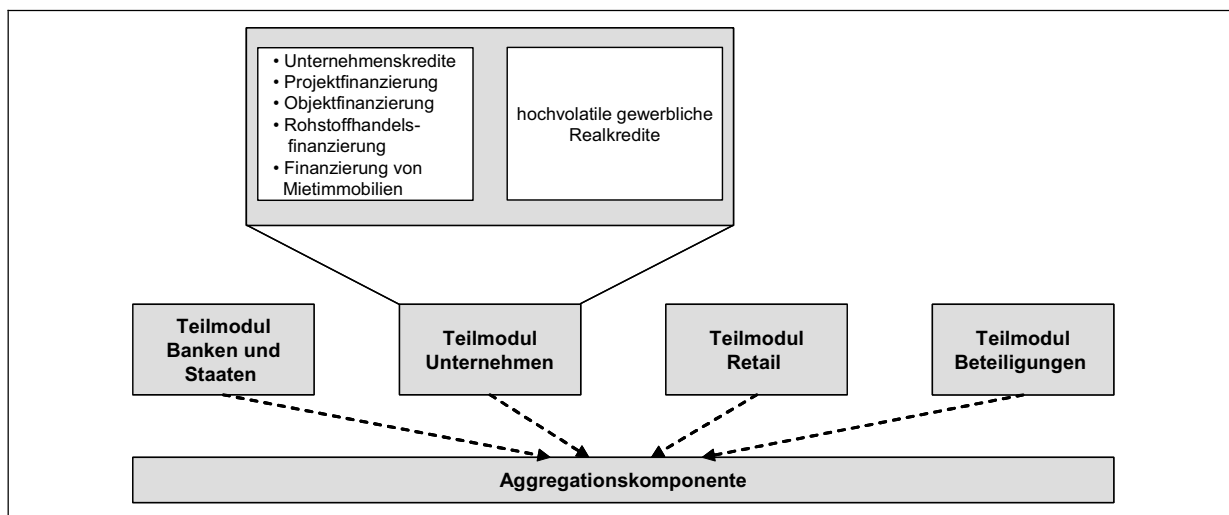


Abbildung 5.3-5: Architektur des Basel II-Moduls

### 5.3.5 Migrationsmodul

Das Migrationsmodul beinhaltet die Funktionalität des in Abschnitt 4.3 aufgezeigten Migrationsansatzes, mit dem der erwartete und der unerwartete Verlust von Einzelengagements ermittelt werden. Hierzu werden als Inputparameter die ein- bzw. mehrperiodigen Migrationsmatrizen und die Verlustquoten für die jeweiligen Ratingklassen aus dem Ratingmodul sowie die jeweiligen EAD der einzelnen Kredite aus dem Modul für weitere Risikoparameter benötigt. Diese Daten befinden sich zunächst in den Datenbanken der operativen Systemmodule und werden zusätzlich periodisch in das zentrale DWH übernommen. Das Migrationsmodul greift somit über das DWH auf die Daten zu. In einem ersten Schritt ermittelt das Modul für jede mögliche Ratingklasse, die der Kreditnehmer am Ende der Betrachtungsperiode einnehmen kann, den erwarteten Verlust. Durch die Gegenüberstellung der jeweiligen erwarteten Verluste zu den entsprechenden Migrationswahrscheinlichkeiten ergibt sich als Ergebnis die Verlustverteilung für die einzelne Kreditposition.

Anhand dieser Verteilung kann der erwartete Verlust für die Transaktion unter Berücksichtigung möglicher Bonitätsveränderungen des Kreditnehmers durch die Summe der mit den jeweiligen Migrationswahrscheinlichkeiten gewichteten erwarteten Verluste der potenziell möglichen Ratingklassen bestimmt werden. Ergänzend muss in dem Migrationsmodul die Funktionalität implementiert werden, das ökonomische Eigenkapital bzw. das ökonomische Kreditrisiko in Form eines VaR oder eines ES bestimmen zu können.

Die Ergebnisse dieses Moduls werden somit durch die Verlustverteilung sowie den erwarteten und unerwarteten Verlust für ein Kreditengagement dargestellt, die abschließend gespeichert werden, so dass sie weiteren Modulen ggf. als Inputparameter zur Verfügung stehen.

### 5.3.6 Portfolio- / Korrelationsmodul

Nachdem durch das Migrationsmodul das ökonomische Kreditrisiko von einzelnen Kreditengagements ermittelt werden kann, beinhaltet das Portfolio- / Korrelationsmodul die grundlegende Methodik zur Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen den Kreditnehmern eines (Teil-)Portfolios, wie sie in Abschnitt 4.4.2.4.3 aufgezeigt wurde. Das Modul untergliedert sich dabei in fünf Teilmodule, die in der folgenden Abbildung veranschaulicht werden.

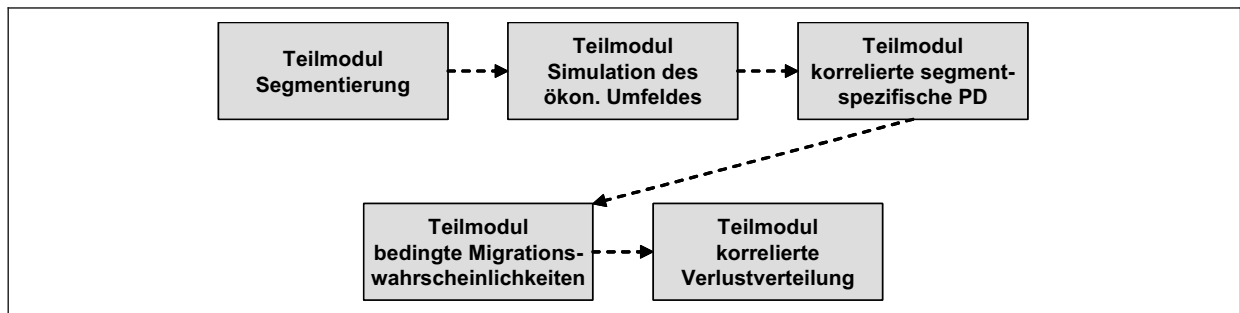


Abbildung 5.3-6: Architektur des Portfolio- / Korrelationsmoduls

Zur Berücksichtigung der Korrelationen gemäß dem aufgezeigten Ansatz muss das (Teil-)Portfolio zunächst in Risikosegmente unterteilt werden. Diese Einteilung der Kreditnehmer wird durch das Teilmodul „Segmentierung“ vorgenommen, indem hier verschiedene mögliche Kriterien zur Strukturierung des Portfolios hinterlegt sind, so dass der Anwender ggf. auch eine „Umsegmentierung“ vornehmen kann, wobei die benötigten Daten zur Einteilung aus den sonstigen operativen Kundensystemen stammen. Innerhalb dieses Teilmoduls kann im Vorfeld festgelegt werden, ob die korrelierte Verlustverteilung für das Gesamtportfolio oder für ein Teilportfolio bestimmt werden soll. Die Spezifizierung des Teilportfolios erfolgt ebenfalls in diesem Teilmodul.

Wenn das (Teil-)Portfolio in verschiedene Segmente eingeteilt ist, simuliert das nächste Teilmodul das ökonomische Umfeld für jedes Segment. Hierfür werden vom Teilmodul „Segmentierung“ die entsprechenden Informationen übergeben, da die für die Simulation benötigten makroökonomischen Faktoren je nach Risikosegment variieren können. Innerhalb des Teilmoduls „Simulation des ökonomischen Umfeldes“ sind nun drei grundlegende Funktionalitäten hinterlegt. Zum einen sind dies die beiden Regressionsverfahren zur Bestimmung der Werte der jeweiligen makroökonomischen Faktoren sowie zur Bestimmung der segmentspezifischen Indizes. Zum anderen ist an dieser Stelle ein Simulationsverfahren implementiert, welches die Werte der Residualterme der beiden Regressionsverfahren bestimmt. Um den Zustand des ökonomischen Umfeldes simulieren zu können, ist die Kenntnis über die historischen Ausprägungen der entsprechenden makroökonomischen Faktoren notwendig. Diese Daten können beispielsweise vom Statistischen Bundesamt bezogen werden.

Nachdem anhand der Ausprägungen der makroökonomischen Faktoren für jedes Segment ein spezifischer Index ermittelt wurde, wird dieses Ergebnis im Teilmodul „korrelierte segmentspezifische PD“ beispielsweise anhand einer implementierten Logit-Funktion in eine korrelierte segmentspezifische Ausfallrate transformiert. Diese Ausfallrate wird ebenfalls als Ergebnis festgehalten und an das folgende Teilmodul „bedingte Migrationswahrscheinlichkeiten“ weitergegeben.

Innerhalb des letztgenannten Teilmoduls werden als Inputparameter neben den korrelierten segment-spezifischen Ausfallraten die unkorrelierten und unbedingten Migrationsmatrizen aus dem Ratingmodul benötigt. Die Funktionalität dieses Teilmoduls besteht nun in der Anpassung der unkorrelierten Migrationswahrscheinlichkeiten an das aktuelle ökonomische Umfeld, welches durch die segmentspezifischen Ausfallraten widergespiegelt wird. Diese Anpassung wird in Form einer Monte-Carlo-Simulation realisiert, so dass dieses Teilmodul als Ergebnis ein- oder mehrjährige korrelierte Verteilungen der Ausfall- und Migrationswahrscheinlichkeiten generiert. Anhand dieser Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden im letzten Teilmodul des „Portfolio- / Korrelationsmoduls“ die korrelierten Verlustverteilungen für das (Teil-)Portfolio ermittelt, wobei der an dieser Stelle verwendete Ansatz grundlegend dem Ansatz aus dem „Migrationsmodul“ entspricht.

### 5.3.7 Portfolioverlustmodul

Nachdem im vorangegangenen Modul bereits die (korrelierte) Verlustverteilung für ein (Teil-)Portfolio generiert wurde, verbleibt als letzter Schritt die Quantifizierung des ökonomischen Kreditrisikos bzw. Eigenkapitals in Form einer Kennzahl. Neben dieser Funktionalität beinhaltet dieses Modul ergänzend die Methodik zur Validierung des gesamten Modells zur ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung, so dass sich das Modul, wie in Abbildung 5.3-7 dargestellt, in die beiden Teilmodule „Quantifizierung“ und „Validierung“ unterteilt.

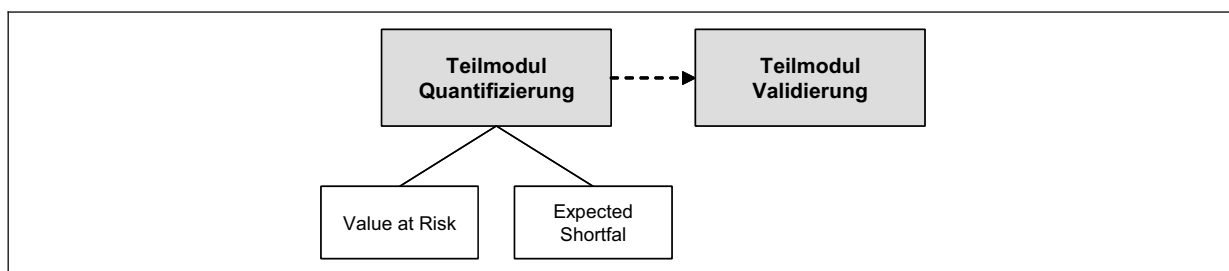


Abbildung 5.3-7: Architektur des Portfolioverlustmoduls

Im Rahmen des ersten Teilmoduls kann unter Vorgabe des jeweiligen Konfidenzniveaus alternativ oder ergänzend das ökonomische Eigenkapital über einen VaR oder einen ES bestimmt werden. Diese vom Modell berechneten Werte werden anschließend als Ergebnis festgehalten. Zusätzlich werden in diesem Teilmodul die tatsächlich realisierten (Teil-)Portfolioverluste dokumentiert, die neben den vom Modell prognostizierten Verlusten als Inputparameter im zweiten Teilmodul „Validierung“ benötigt werden.

Als Beispiel kann in dem Validierungs-Teilmodul der in Abschnitt 4.4.3 aufgezeigte Binomialtest implementiert werden, bei dem die Modellqualität anhand der Anzahl der Überschreitungen der beobachteten Verluste über die modellimmanent berechneten Verluste überprüft wird. Für den Fall einer nicht ausreichenden Datenbasis wird ergänzend ein Simulationsverfahren implementiert, um eine Vielzahl von Teilportfolios zu generieren, so dass auf diese Weise die Datenbasis zumindest in Bezug auf die Querschnittsinformationen auf einen pragmatisch anwendbaren Umfang zur Modellvalidierung erhöht wird.

### 5.3.8 Reportingmodul

Das Reportingmodul beinhaltet die Funktionalität, die ermittelten Ergebnisse in einer aufbereiteten Form zur Verfügung zu stellen. Das Modul sollte neben Standardberichten sowohl Abweichungsberichte als auch Bedarfs- bzw. Ad-hoc-Berichte generieren können.<sup>1073</sup> Als primäre Zielgruppe dieser Berichte können die Unternehmensführung bzw. die oberen Managementebenen der Bank identifiziert werden. Ergänzend werden die über das Reportingmodul aufbereiteten Informationen von den Mitarbeitern im Kreditrisikomanagement benötigt, um auf dieser Basis ggf. die Risikokontrolle und -steuerung vorzunehmen. Des Weiteren sollten Berichte erstellt werden können, die in Bezug auf die Ausweisung des Kreditrisikos von der Bankenaufsicht gefordert werden.

Im Optimalfall werden die Standardberichte in regelmäßigen Zeitabständen von dem Reportingmodul generiert und können von den jeweiligen Anwendern abgerufen werden. Diese Berichte sind vor allem durch ihre stark fixierte Gestaltungsform charakterisiert und enthalten die häufig vom Management benötigten Informationen.<sup>1074</sup> Beispiele hierfür wären zum einen ein monatlicher Bericht über den Umfang der Kreditrisiken, wobei die Risiken ergänzend differenziert nach bestimmten Kriterien (z. B. Branchen, Regionen etc.) ausgewiesen werden und zum anderen die regelmäßige Meldung der Eigenkapitalanforderungen an das Bundesaufsichtsamt fürs Finanzwesen. Die Generierung der im Vorfeld zu spezifizierenden Abweichungsberichte erfolgt ebenfalls automatisch vom Reportingmodul unter Berücksichtigung festgelegter Regeln. Sie dienen hauptsächlich der Überwachung von bestimmten Risikopositionen (z. B. bestimmte Engagements oder (Teil-)Portfolios) und werden automatisch vom System angefertigt, wenn der Risikostatus einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Häufig wird die Unternehmensführung ein Interesse an nicht standardisierten Abfragen haben, die das Modul in Form von Ad-hoc-Berichten zur Verfügung stellt. D. h., dass Modul muss einen flexiblen Berichtsgenerator implementiert haben, der eine Berichtsspezifizierung ermöglicht, die auch ohne SQL-Kenntnisse vorgenommen werden kann. Im Idealfall setzt das Reportingmodul direkt oder über eine Middleware-Schicht auf einem zentralen DWH auf, das alle benötigten Informationen bereitstellen sollte. Besteht kein zentrales DWH, so wird sich die Realisierung des Reportingmoduls wesentlich schwieriger darstellen, da zunächst eine entsprechende Datenintegration vorgenommen werden müsste. Ergänzend bietet es sich an, die Reports in einem maschinenlesbaren Format (z. B. XML) bereitzustellen, so dass diese auch an ein bereits bestehendes Management-Informationssystem übergeben werden können. In einem solchen Fall müsste das Reportingmodul nicht für Darstellungszwecke verwendet werden.

### 5.3.9 Data Warehouse

In den vorherigen Modulbeschreibungen wurde erläutert, welche Daten jeweils aus welchen Datenquellen benötigt werden. Abbildung 5.3-8 verdeutlicht zusammenfassend den Datenfluss innerhalb des integrierten Kreditrisikosystems, wobei die entsprechenden Module, die die Daten verarbeiten und die entsprechenden Ergebnisse weiterleiten, mit angegeben sind.

<sup>1073</sup> Vgl. Struckmeier (1997), S. 58.

<sup>1074</sup> Vgl. Gehrke (2000), S. 82 f.

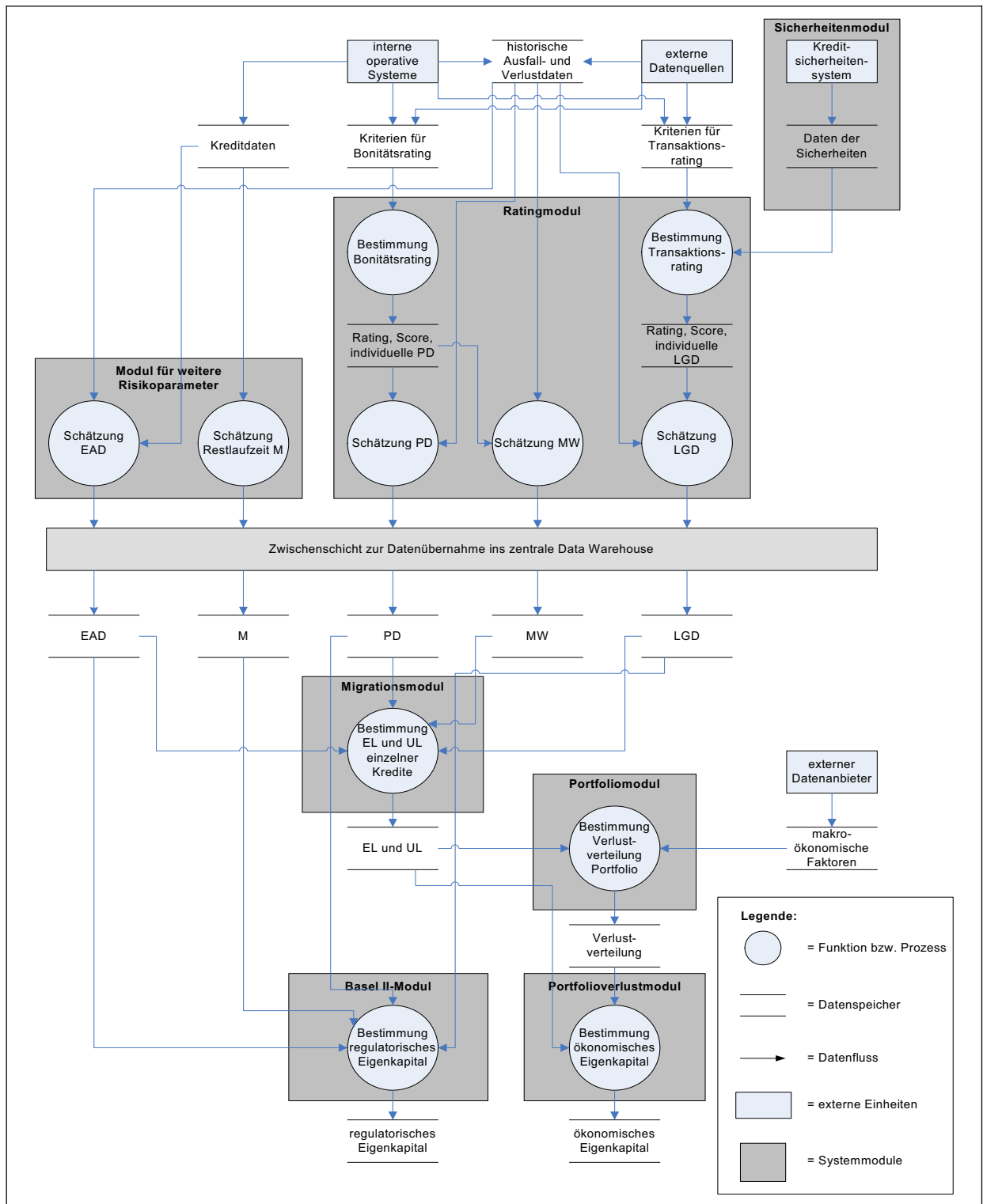


Abbildung 5.3-8: Datenfluss des integrierten Systems

Die in der oberen Hälfte der Abbildung eingezeichneten Datenspeicher symbolisieren die operativen Datenbanken der operativen Systemmodule, in denen die entsprechenden Daten und Ergebnisse abgespeichert werden. Diese Daten müssen zusätzlich transformiert und bereinigt in das DWH übernommen werden, damit die nachfolgenden weiteren Systemmodule auf diese Informationen zugreifen können.

nen. Dadurch, dass die weiteren Systemmodule das DWH als gemeinsame Datenbasis nutzen, stehen die Datenspeicher unterhalb der Transformationsschicht stellvertretend für das zentrale DWH.

Die erforderliche Extraktion, Transformation und Überführung der Daten aus den operativen Systemmodulen und den sonstigen operativen (Alt-)Systemen in das zentrale DWH stellt eine der größeren Herausforderung bei der Entwicklung eines integrierten Kreditrisikosystems dar. Die Vereinheitlichung der Formate und Inhalte kann dabei grundsätzlich als wesentlicher Teil des Transformationsprozesses der Daten angesehen werden. Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die Datenqualität. In Abschnitt 5.1 wurde bereits aufgezeigt, dass ein Kunde z. B. bankweit eindeutig identifizierbar sein muss. In der Realität sind die Institute jedoch von diesem Optimalzustand noch weit entfernt, da beispielsweise Kunden aufgrund von Schreibfehlern mehrfach in den Systemen vorhanden sind, so dass die Bereinigung der Daten einen enormen Aufwand bedeutet. Bei der Überführung der Daten in das DWH sollte daher deren Ordnungsmäßigkeit, Vollständigkeit und Integrität Rechnung getragen werden, damit die Ergebnisse, die aus diesen Daten resultieren, korrekt und interpretierbar sind. Damit aber eine möglichst fehlerfreie und (teil-)automatisierte Übernahme der Daten aus den operativen Systemmodulen, den sonstigen operativen (Alt-)Systemen und den externen Datenquellen überhaupt realisiert werden kann, muss als Grundvoraussetzung ein Datenmodell für das DWH korrekt definiert und auf die entsprechenden Geschäftsprozesse abgestimmt werden.<sup>1075</sup>

Neben den internen Daten, die aus den angegebenen Modulen sowie den sonstigen Kernbankapplikationen stammen, müssen an das DWH jedoch auch verschiedene externe Datenquellen angebunden werden. Häufig handelt es sich bei solchen Datenquellen um Informationsanbieter wie z. B. Reuters, Bloomberg, externe Ratingagenturen, VWD oder das Statistische Bundesamt. Dadurch, dass diese Informationsanbieter ihre Daten zumeist als strukturierte Textdatei zur Verfügung stellen, ist eine Integration dieser externen Daten in das DWH relativ einfach zu bewerkstelligen.<sup>1076</sup>

Wenn die zentrale Datenbasis, bestehend aus den relevanten internen und externen Informationen, realisiert ist, können die angebundenen Module ihre jeweils benötigten Inputparameter aus dem DWH auslesen und weiterverarbeiten. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden abschließend entweder direkt oder über eine Zwischenschicht an das DWH übergeben, so dass basierend auf diesem Datenbestand das Reporting über das entsprechende Modul vorgenommen werden kann.<sup>1077</sup>

Ein zentrales DWH, welches zum einen automatisiert die relevanten internen und externen Daten aufnimmt und zum anderen als direkt angebundene Datenquelle für die nicht direkt operativen Analyse-, Auswertungs- und Reportingmodule dient, bezeichnet die Optimallösung für ein integriertes Kreditrisikosystem, die jedoch nicht zwingend in allen Instituten vorgefunden werden kann. In einigen Fällen befinden sich die Banken erst im Anfangsstadium des Aufbaus einer zentralen Datenbasis, bei dem sich aufgrund der häufig abteilungsspezifischen und unabhängigen Datenbanken bereits die Identifikation der relevanten, anzuschließenden operativen Datenbestände als Problempunkt herausstellt. Auch wenn die Datenbestände identifiziert sind, wird in den seltensten Fällen im ersten Schritt eine automati-

<sup>1075</sup> Vgl. Steiner (1999), S. 320 f., sowie Propach/Reuse (2003), S. 324.

<sup>1076</sup> Vgl. Propach/Reuse (2003), S. 326.

<sup>1077</sup> In Abhängigkeit der DWH-Konzeption könnten die Reports auch direkt im DWH abgelegt werden.

sierte Übernahme in das DWH möglich sein, da aufgrund der unterschiedlichen Datendefinitionen und der daraus resultierenden Inkonsistenzen eine manuelle Einspeisung der Daten vorgenommen wird. Da mit dieser manuellen Vorgehensweise ein hoher Aufwand verbunden ist, wird die Aktualisierung des DWH in solchen Fällen nur in größeren Zeitabständen (z. B. monatlich oder quartalsweise) vorgenommen, was zur Folge hat, dass Auswertungen und Reports auf Basis dieser Daten nur zu bestimmten Terminen durchgeführt werden können.<sup>1078</sup> D. h., an dieser Stelle werden häufig nur bestimmte Standardberichte realisiert, während Abweichungs- und Ad-hoc-Berichte kaum zum Einsatz kommen. Der Anforderung, jederzeit auf eine weitestgehend aktuelle Datengrundlage zurückgreifen zu können, wird in diesem Punkt daher noch nicht entsprochen. Der Umfang des manuellen Eingriffs ist teilweise sogar noch so groß, dass die Auswertungen und Analysen nicht direkt auf dem DWH aufgesetzt werden. Häufig wird von der zentralen Datenbank ein Abbild erstellt, auf das die Analyse- und Auswertungstools (bzw. die einzelnen aufgeführten Module) zugreifen. Die in den Applikationen bzw. Modulen generierten Ergebnisse werden zunächst in dieser Kopie gespeichert und im Anschluss wiederum manuell in das zentrale DWH eingespielt. Von diesem aktualisierten DWH wird nun erneut ein Abbild erstellt, auf dem nun die Reportingwerkzeuge zur Berichtsgenerierung aufsetzen. Bei der Betrachtung dieser Vorgehensweise wird die Relevanz eines zentralen DWH mit einer automatisierten Datenübernahme aus den operativen Systemen besonders deutlich. Ohne die Realisierung der skizzierten Optimallösung sind die Banken nicht in der Lage, zu jeder Zeit aktuelle Berichte zu generieren. Insbesondere die Erstellung von Ad-hoc-Berichten durch die Führungsebene ist ohne eine zentrale Datenintegration mit zeitnaher Datenaktualisierung im DWH kaum zu realisieren.

Abschließend kann für das zentrale DWH festgehalten werden, dass dessen Vorteile und Synergien bestmöglich genutzt werden können, wenn es den Banken gelingt, eine gemeinsame Datenbasis zu schaffen, anstatt die verschiedenen Datenquellen miteinander zu verbinden. Eine Lösung über einzelne Data Marts sollte ausschließlich in Erwägung gezogen werden, falls die Performance der Datenbank des DWH dem praktischen Einsatz nicht mehr gerecht wird.<sup>1079</sup>

---

<sup>1078</sup> An dieser Stelle bleibt anzumerken, dass eine monatliche bzw. quartalsweise Berichterstattung den Anforderungen aus Basel II genügt. Vgl. Balgheim/Kuhn/Schröck (2004), S. 1246.

<sup>1079</sup> Vgl. Propach/Reuse (2003), S. 329.



## 6 Schlussbetrachtung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das Ziel verfolgt, ein integriertes IV-System zu konzipieren, anhand dessen das regulatorische und ökonomische Eigenkapital im Unternehmenskreditgeschäft parallel ermittelt werden kann. Innerhalb des **ersten Kapitels** wurde diesbezüglich die allgemeine Problemstellung erläutert sowie die methodische Vorgehensweise kurz aufgezeigt. Zusätzlich wurden vier Forschungsfragen formuliert, zu denen nachfolgend die Ergebnisse dieser Arbeit vorgestellt werden.

Im Vorfeld der Beantwortung der Forschungsfragen wurden im **zweiten Kapitel** die Grundlagen für die nachfolgenden Ausführungen erarbeitet. Hierbei wurde zunächst der Begriff des Kreditrisikos als die Gefahr einer negativen Abweichung des tatsächlichen Verlustes von dessen Erwartungswert definiert. Dieser über den erwarteten Verlust hinausgehende mögliche Verlustbetrag, und damit das Kreditrisiko im eigentlichen Sinne, wurden als unerwarteter Verlust bezeichnet. Des Weiteren wurde erläutert, dass der erwartete Verlust definitionsgemäß nicht zum Kreditrisiko zählt und im Vorfeld der Kreditvergabe bereits in Form von Ausfallprämien bei der Konditionenkalkulation berücksichtigt werden sollte. Im Rahmen der Berechnung des erwarteten Verlustes konnten mit der Ausfallwahrscheinlichkeit, dem Exposure at Default und der Verlustquote dessen Bestimmungsparameter identifiziert werden, die zudem die Basis für die Kreditrisikoquantifizierung darstellen. Im zweiten Teil des Grundlagenkapitels wurden Credit-Ratings eingeführt, die die Bonität (verknüpft mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit) widerspiegeln und eine zentrale Komponente der neuen Eigenkapitalvereinbarung Basel II verkörpern. Für die Credit-Ratings konnte dabei zwar festgestellt werden, dass sie die Bonität eines Kreditnehmers adäquat signalisieren, allerdings sind sie nicht in der Lage, den unerwarteten Verlust, und damit das Kreditrisiko, direkt aufzuzeigen. Aus diesem Grund wurden im abschließenden Teil des Grundlagenkapitels mit der Standardabweichung, der Varianz, den Lower Partial Moments, dem Value at Risk und dem Expected Shortfall verschiedene Risikomaße auf ihre Eignung zur Kreditrisikoquantifizierung analysiert. Als Ergebnis dieser Analyse konnte festgehalten werden, dass die symmetrischen Risikomaße Standardabweichung und Varianz für eine Risikomessung im Kreditbereich nicht geeignet sind. Im Bereich der asymmetrischen Risikomaße konnte für den VaR und den ES eine grundsätzliche Anwendbarkeit konstatiert werden, während die allgemeine Klasse der  $LPM_n(z)$  nicht den Anforderungen genügte. Im direkten Vergleich von VaR und ES konnte für den ES eine konzeptionelle Überlegenheit festgestellt werden, da der ES aufgrund seiner Kohärenz-Eigenschaft zur Lösung von Optimierungsproblemen sowie zur Portfoliosteuerung relativ besser geeignet ist als der VaR. Da sich der VaR in der Praxis jedoch als Standardmaßzahl etabliert hat, wurde die Empfehlung verdeutlicht, den ES als Ergänzung zum VaR-Konzept einzusetzen, um so auch das Risiko am Verteilungsende (Tail Risk) zu berücksichtigen.

Im **dritten Kapitel** wurde das Spannungsfeld sowie das Ausmaß der Konvergenzbestrebung zwischen der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung analysiert. Im Rahmen dieser Analyse wurde dabei zunächst auf die Gründe und Ziele der Existenz von Regulierungsvorschriften für Banken eingegangen, wobei als Hauptziele und Begründungen die Verhinderung von Bankinsolvenzen zur Sicherung der Stabilität des Bankensystems sowie ein ausreichender Gläubigerschutz aufgezeigt wurden. Im weiteren Verlauf des Kapitels wurde die Antwort auf die nachfolgende Forschungsfrage erarbei-

tet: *Welche Methoden und Modelle existieren im Bereich der Kreditrisikoquantifizierung und wie unterscheiden sie sich in den beiden Bereichen?* Im Rahmen der Beantwortung dieser Frage wurden die Methoden im Bereich der regulatorischen und der ökonomischen Risikomessung zunächst differenziert betrachtet.

Für den regulatorischen Bereich wurden dabei die Regelungen der zurzeit gültigen Eigenkapitalvereinbarung Basel I sowie der Standardansatz und die beiden IRB-Ansätze von Basel II analysiert. Für den Ansatz von Basel I konnte dabei aufgrund der pauschalen Unterlegung der Risikoaktiva mit 8% Eigenkapital eine gänzlich fehlende Risikodifferenzierung festgestellt werden. Zusätzlich ist der Einsatz von risikomindernden Instrumenten nur sehr begrenzt erlaubt und Abhängigkeiten zwischen den Kreditnehmern werden nicht berücksichtigt, so dass an dieser Stelle eine große Divergenz zur ökonomischen Betrachtungsweise identifiziert werden konnte. Grundlegend konnte für den Standardansatz von Basel II eine Verbesserung gegenüber den bestehenden Regelungen von Basel I konstatiert werden, da das individuelle Kreditrisiko der Schuldner durch die Verwendung von externen Ratings Berücksichtigung findet sowie eine umfangreichere Anerkennung von Kreditrisikominderungstechniken ermöglicht wird. Dieser Ansatz ist dabei durch seine geringe Komplexität charakterisiert und kann somit auch von kleineren Banken relativ einfach angewendet werden. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass der Einsatz dieses Verfahrens für europäische Banken problematisch ist, da Unternehmen im Euro-Raum im Gegensatz zum US-amerikanischen Umfeld kaum über externe Ratings verfügen, so dass die Eigenkapitalunterlegung aufgrund dieser Ratinglücke nahezu nach den bestehenden Regeln von Basel I bestimmt werden müssten, was ggf. zu Wettbewerbsnachteilen in Form von relativ höheren Eigenkapitalkosten dieser Banken führen kann. Aus diesen Gründen wurde die Vermutung aufgestellt, dass sich europäische Banken daher größtenteils für einen der beiden IRB-Ansätze entscheiden werden, die im Gegensatz zum Standardansatz durch eine weitergehende Komplexität und Risikosensitivität gekennzeichnet sind. Die Berechnung der Risikogewichte bzw. der Eigenkapitalunterlegung erfolgt bei den IRB-Ansätzen anhand von Risikogewichtungsfunktionen, die auf einem vereinfachten, standardisierten Kreditrisikomodell basieren. Es wurde dabei herausgestellt, dass dieser Ansatz trotz der Annahme eines asymptotischen Portfolios eine annehmbare Approximation für den Einsatz in der Praxis darstellt, insofern die betrachteten Portfolios relativ homogen sind und eine ausreichende Granularität aufweisen. Neben dieser vereinfachten Annahme des Grundmodells konnten ergänzend diskussionswürdige Punkte in Bezug auf die Modifikation des Modells im Rahmen der Korrelationsmodellierung sowie der Restlaufzeitanpassung identifiziert werden. Des Weiteren ist die nahezu ausschließliche Betrachtung von Einzelengagements und die damit verbundene geringe Berücksichtigung von Portfolioeffekten als Kritikpunkt von Basel II festzuhalten.

Für den Bereich der ökonomischen Kreditrisikobetrachtung wurden zunächst mit den firmenwertbasierten und den intensitätsbasierten Ansätzen die grundlegenden Kategorien von Kreditrisikomodellen aufgezeigt. Als Besonderheit der firmenwertbasierten Modelle wurde dargestellt, dass sie die PD mithilfe eines Optionspreisansatzes anhand der Veränderungen des Unternehmenswertes bestimmen und darauf aufbauend den erwarteten Verlust bestimmen. Demgegenüber leiten die intensitätsbasierten Modelle die PD aus historischen Ausfallraten ab, wobei der grundlegende Ausfallprozess als Poisson- bzw. Sprung-Prozess modelliert wird. Entsprechend konnten als wesentliche Unterschiede zwischen

den beiden Modellkategorien die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit sowie die Behandlung der Recovery Rate bzw. Verlustquote identifiziert werden. Im weiteren Verlauf des Kapitels wurden die vier in der Praxis entwickelten Modelle CreditMetrics<sup>TM</sup>, Credit Portfolio Manager<sup>TM</sup>, Credit Portfolio View<sup>TM</sup> und CreditRisk+<sup>TM</sup> erläutert, die jeweils einer der beiden aufgezeigten Modellkategorien zugeordnet werden konnten. Als Gemeinsamkeit der Modelle wurde das grundsätzliche Ziel der Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste unter Berücksichtigung von Korrelationen aufgezeigt. Doch trotz dieser gemeinsamen Zielsetzung unterscheiden sich die Modelle – sogar innerhalb der gleichen Modellkategorie – in Bezug auf die Verwendung und Schätzung der benötigten Inputparameter, wobei an dieser Stelle die Korrelationen im Vordergrund stehen. Aus diesem Grund weist jedes Modell zum Teil unterschiedliche Vor- und Nachteile auf, so dass keines als überlegenes Modell identifiziert werden konnte. Es konnte vielmehr festgestellt werden, dass sich jedes Modell für eine bestimmte Portfoliozusammensetzung bzw. für bestimmte Arten von Kreditnehmern besonders gut eignet.

Ergänzend zur vollständigen Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde übergreifend für die Bereiche der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikomessung die Antwort einer weiteren Forschungsfrage erarbeitet: Existieren Risikoparameter und entsprechende Schätzmethoden, die als Inputparameter sowohl für die Berechnung des regulatorischen als auch des ökonomischen Risikokapitals verwendet werden können? Im Zuge der Beantwortung dieser Frage wurden die Parameter Ausfallwahrscheinlichkeit (PD), Verlustquote (LGD) sowie die Forderungshöhe bei Ausfall (EAD) identifiziert, die als Inputparameter sowohl für die regulatorische als auch für die ökonomische Kreditrisikoquantifizierung eingesetzt und deren Werte über einheitliche Schätzverfahren bestimmt werden können. Durch diese Vereinheitlichung der Parameter PD, LGD und EAD ergibt sich somit zumindest für die Bestimmung des erwarteten Verlustes eine vollständige Konvergenz der regulatorischen und ökonomischen Betrachtungsweise. Unterschiede zwischen den Modellen der beiden Bereiche konnten lediglich für die Restlaufzeit (M) sowie vor allem für die in der Portfoliobetrachtung benötigten Korrelationen aufgezeigt werden. Während M bei der regulatorischen Eigenkapitalbestimmung als expliziter Inputparameter Eingang findet, wird die Restlaufzeit bei der ökonomischen Betrachtungsweise nur implizit berücksichtigt, so dass hier kein einheitliches Schätzverfahren ausgemacht werden konnte. Ein noch wesentlich größerer Unterschied konnte dagegen im Bereich der Korrelationen konstatiert werden, die bei der regulatorischen Kreditrisikobetrachtung nur über einen einfaktoriellen Ansatz berücksichtigt werden, während innerhalb der ökonomischen Betrachtungsweise wesentlich komplexere Konzepte (z. B. Multifaktormodelle) zum Einsatz kommen.

Neben der grundlegenden Beantwortung der ersten beiden Forschungsfragen wurden in diesem Kapitel die Auswirkungen von Basel II auf die interne Kreditrisikobehandlung der Banken analysiert. Als wesentliche Auswirkung konnte hierbei die Anforderung der Bankenaufsicht identifiziert werden, dass das der neuen Eigenkapitalvereinbarung zugrunde liegende Ratingsystem nicht nur zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals eingesetzt werden darf, sondern zusätzlich auch in den Bereichen der ökonomischen Risikobetrachtung verwendet werden muss. Als Folge können Banken ihre internen Methoden und Modelle nicht mehr losgelöst von den regulatorischen Anforderungen entwickeln und einsetzen, sondern müssen ihre weiterführenden Verfahren auf dem geforderten Ratingsystem aufset-

zen. Bei der Betrachtung weiterer Auswirkungen konnte konstatiert werden, dass an dieser Stelle grundlegend in Bezug auf die Wahl des Ansatzes zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals und in Bezug auf den Entwicklungsstand des Risikomanagements differenziert werden muss. So wurde aufgezeigt, dass Banken, die sich für einen der IRB-Ansätze entscheiden und zudem über ein weniger weit entwickeltes Risikomanagement verfügen, diesen aufsichtsrechtlichen Ansatz zunächst weiter in ihr internes Risikomanagement integrieren oder sogar vollständig übernehmen und ggf. erst zu einem späteren Zeitpunkt mit der Entwicklung und Implementierung eines internen Kreditrisikomodells beginnen. Demgegenüber werden sich Banken mit einem sophistizierten Risikomanagement weiterhin auf die Entwicklung interner Modelle konzentrieren, wobei ggf. die bestehenden Modelle modifiziert oder im schlechtesten Fall durch eine andere Modellkategorie ersetzt werden müssen, falls diese nicht die von Basel II geforderten Inputparameter aufnehmen können. In Bezug auf die Risikosteuerung und -allokation konnte festgehalten werden, dass sophistizierte Banken ihre interne Risikobetrachtung trotz Basel II weiterhin an der Größe des ökonomischen Eigenkapitals ausrichten.

Als ein zentrales Ergebnis dieses Kapitels wurde erläutert, dass Basel II zwar zu einer Verringerung der Divergenz zwischen regulatorischem und ökonomischen Eigenkapital bzw. zwischen der regulatorischen und ökonomischen Kreditrisikomessung beiträgt, dieser Konvergenztrend allerdings noch nicht ausreichend ist, um anhand des aufsichtlich bestimmten Eigenkapitals eine ökonomisch zufrieden stellende Kreditportfoliosteuerung, interne Eigenkapitalallokation sowie ein risikoadäquates Pricing durchführen zu können. Daher werden die großen Banken weiterhin beide Größen parallel berechnen.

Der letzte Abschnitt des dritten sowie das vollständige vierte Kapitel befassten sich mit der Beantwortung der dritten Forschungsfrage „Wie muss ein Kreditrisikomodell ausgestaltet sein, das sowohl den regulatorischen als auch den ökonomischen Anforderungen weitestgehend entspricht?“ Als Ergebnis konnte festgehalten werden, dass das Kreditrisikomodell aufgrund der Notwendigkeit der parallelen Berechnung des regulatorischen und des ökonomischen Eigenkapitals über einen modularen Aufbau verfügen sollte, wobei einige Komponenten des Systems identifiziert werden konnten, die für die Ermittlung beider Größen verwendet werden. Als gemeinsame zentrale Komponenten konnten hierbei zum einen das Basel II-konforme Ratingsystem zur Schätzung der Parameter PD, MW und LGD und zum anderen die Komponente zur Schätzung der Parameter EAD und M aufgezeigt werden. Anhand dieser Risikoparameter (exklusive MW) kann bereits das regulatorische Eigenkapital über die Basel II-Komponente berechnet werden, so dass die Anforderungen in diesem Bereich als erfüllt angesehen werden können. Für den Bereich der ökonomischen Kreditrisikoquantifizierung wurde als Basis zur Ermittlung des erwarteten und unerwarteten Verlustes von Einzelengagements ein migrationsbasiertes Kreditrisikomodell identifiziert, da die hierfür benötigten Migrationswahrscheinlichkeiten relativ einfach über das von Basel II geforderte interne Ratingsystem ermittelt werden können. Zur Berücksichtigung der Abhängigkeiten zwischen den Kreditnehmern wurde die Portfoliokomponente eingeführt, die ein Korrelationskonzept beinhaltet und als Ergebnis eine korrelierte Wahrscheinlichkeitsverteilung der Portfolioverluste generiert. Für die abschließende Bestimmung des ökonomischen Eigenkapitals wurde die Kreditrisikokomponente für das Portfolio aufgezeigt, die die Rechenmethodik für die Kennzahlen VaR und ES zur Verfügung stellt. Im weiteren Verlauf des vierten Kapitels wurden mit Ausnahme der Basel II-Komponente die einzelnen Komponenten des Systems genauer analysiert. Für das Basel-konforme

Ratingsystem konnte hierbei vor allem die Anforderung der Zweidimensionalität identifiziert werden, so dass das Ratingsystem für jeden Kreditnehmer ein Bonitätsrating mit zugehöriger PD sowie für jedes Kreditgeschäft ein Transaktionsrating mit entsprechender LGD bestimmt. Das Bonitätsrating erfolgt dabei über Ratingverfahren, die als Ergebnis entweder einen Score-Wert oder eine individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit aufweisen. Als geeignete Ratingverfahren zur Generierung von Score-Werten gemäß den Anforderungen von Basel II wurden dabei die lineare Diskriminanzanalyse, künstliche neuronale Netze sowie Expertensysteme / Fuzzy Logik herausgestellt. Analog wurden die lineare Regressionsanalyse sowie Logit- und Probit-Modelle als mögliche Basis für ein Ratingsystem zur Bestimmung einer individuellen PD identifiziert. Für das Transaktionsrating konnte eine zum Bonitätsrating ähnliche Vorgehensweise aufgezeigt werden, bei der über Ratingverfahren entweder ein LGD-Score zugewiesen oder durch alternative Verfahren direkt eine individuelle LGD ermittelt wird. In Bezug auf die LGD-Score-Ermittlung konnten die gleichen Ratingverfahren aufgezeigt werden, wie bei der Score-Bestimmung im Bonitätsrating, wohingegen bei der direkten LGD-Ermittlung mit den Verfahren der Market-, Workout- und Implied Market-LGD eine abweichende Methodik im Vergleich zur individuellen PD-Berechnung erläutert wurden.

Für den Migrationsansatz der Kreditrisikokomponente für Einzelengagements konnte als erstes Ergebnis festgehalten werden, dass er grundsätzlich auf den Anforderungen von Basel II aufbaut und somit einer geeigneten Modellkategorie für das Gesamtsystem entspricht. Ergänzend wurde verdeutlicht, dass ein- bzw. mehrjährige Migrationswahrscheinlichkeiten eine angebrachte Möglichkeit zur Berücksichtigung von Bonitätsveränderungen darstellen, wobei ergänzend die Annahme getroffen wurde, dass die (mehrjährigen) Migrationen als zeithomogene Markov-Ketten modelliert werden. Abschließend konnte für diesen Ansatz eine relativ einfache Vorgehensweise zur Kreditrisikoquantifizierung konstatiert werden, die zudem in der Praxis angewendet wird, obwohl die Modellierung der Migrationen als zeithomogene Markov-Ketten kritisierbar ist.

Zur Berücksichtigung von Korrelationen zwischen den Kreditnehmern konnte für die Portfoliokomponente als geeignetes Korrelationskonzept der Ansatz des Modells Credit Portfolio View<sup>TM</sup> identifiziert werden, bei dem unkorrelierte Migrationsmatrizen an den aktuellen Zustand des ökonomischen Umfeldes angepasst werden, so dass als Ergebnis auf den Stand der Ökonomie bedingte und korrelierte Migrations- und Ausfallwahrscheinlichkeiten generiert werden, über die abschließend korrelierte Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Portfolioverluste bestimmt werden können. Als Vorteil dieses Verfahrens wurde zum einen die implizite Berücksichtigung der Korrelationen angeführt, die im Vergleich zur direkten Korrelationsschätzung mit relativ geringeren Schätzfehlern und einem geringeren Modellrisiko verbunden ist. Zum anderen werden als Inputparameter lediglich die bereits aus dem Ratingsystem vorhandenen Migrationswahrscheinlichkeiten sowie Zeitreihen der makroökonomischen Faktoren benötigt. Dadurch, dass dieser Ansatz auf einem Simulationsverfahren basiert, konnte mit der relativ langen Rechenzeit allerdings auch ein wesentlicher Nachteil des Verfahrens aufgezeigt werden.

Im fünften Kapitel wurde abschließend die letzte der vier Forschungsfragen diskutiert „Wie sieht ein mögliches Konzept für die IV-technische Unterstützung der (integrierten) Kreditrisikoquantifizierung aus?“. Zunächst wurden hierzu mit der Möglichkeit der Datenhistorisierung, der integrierten Datenhal-

tung und dem modularen Aufbau die drei grundlegenden Anforderungen an das zu konzipierende System herausgestellt. Im Rahmen des Konzeptes wurde zur Erfüllung der ersten beiden Anforderungen die Entwicklung eines zentralen Data Warehouse als beste Alternative identifiziert. Um ergänzend der dritten Anforderung des modularen Aufbaus zu entsprechen, wurden die bereits bei der Modellentwicklung aufgezeigten Komponenten als eigenständige Module innerhalb des Systemkonzeptes realisiert, wobei als Ergänzung zu den Modellkomponenten das Sicherheitenmodul sowie das Reportingmodul aufgezeigt wurden. Anschließend konnte im Rahmen der Modulbeschreibungen festgehalten werden, dass auch innerhalb der Module eine grundlegende Flexibilität in Bezug auf Modifikationen und Austausch von Schätzverfahren und Modellen gewährleistet sein muss, so dass die Module ebenfalls eine modulare Struktur aufweisen und somit in verschiedene Teil- bzw. Untermodule aufgegliedert werden. Als Optimallösung wurde an dieser Stelle eine Neuentwicklung der Module mit direkter Anbindung an das DWH aufgezeigt. Häufig werden einige der dargestellten Module jedoch bereits existieren, so dass an dieser Stelle eine Integration dieser Altsysteme vorzunehmen ist. Abschließend konnte in Bezug auf eine zentrale Datenbasis eine schrittweise Vorgehensweise identifiziert werden, bei der die Banken zunächst eine grundlegend manuelle Überführung der internen und externen Daten in ein DWH vornehmen, bevor in einem weiteren Schritt der Automatisierungsgrad der Datenübernahme erhöht wird.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die regulatorischen und ökonomischen Anforderungen bzw. Verfahren zur Risikokapitalbestimmung grundlegend angenähert haben, wobei die Hauptunterschiede im Bereich der Korrelationsbetrachtung zu finden sind. In diesem Bereich kann somit auch der weitere Forschungsbedarf identifiziert werden, so dass zum einen die bestehenden Korrelationskonzepte weiterentwickelt werden müssen, so dass neben den Ausfallkorrelationen ergänzend Korrelationen zwischen den verschiedenen Risikoparametern berücksichtigt werden. Des Weiteren bleibt zu überprüfen, inwiefern die aufgezeigten Contagion-Modelle sowie die auf Copula-Funktionen basierenden Ansätze zu besseren Ergebnissen führen können. In Ansätzen sind zu diesen Punkten zwar bereits Forschungstätigkeiten zu erkennen, allerdings wäre an dieser Stelle die Etablierung eines Standardverfahrens hilfreich, damit die internen Kreditrisikomodelle ggf. von der Bankenaufsicht im Rahmen von „Basel III“ zur Bestimmung des regulatorischen Eigenkapitals Anerkennung finden. Neben der Weiterentwicklung dieser Modelle müssen für eine mögliche Anerkennung jedoch ergänzend geeignete Verfahren zum Backtesting entwickelt werden, die die Problematik der unzureichenden Datenbasis zumindest abschwächen.

## Literaturverzeichnis

- Acerbi/Nordio/Sirtori (2001): Acerbi, C./Nordio, C./Sirtori, C.: Expected Shortfall as a Tool for Financial Risk Management (Working Paper), Mailand, 2001, <http://www.gloriamundi.org/picsresources/ncs.pdf>.
- Acerbi/Tasche (2002a): Acerbi, C./Tasche, D.: On the Coherence of Expected Shortfall. In: Journal of Banking & Finance, 26 (2002) 7, S. 1487-1503.
- Acerbi/Tasche (2002b): Acerbi, C./Tasche, D.: Expected Shortfall: A Natural Coherent Alternative to Value at Risk. In: Economic Notes, 31 (2002) 2, S. 379-388.
- Adjemian/Schoder (2005): Adjemian, A./Schoder, M.: Rating für den Mittelstand: Fit für das Gespräch mit der Hausbank, 3. Auflage, Berlin, 2005.
- Albrecht (2001): Albrecht, P.: Portfolioselektion mit Shortfallrisikomaßen (Working Paper), Mannheim, 2001, <http://bibserv7.bib.uni-mannheim.de/madoc/volltexte/2004/231/pdf/MAMA25.pdf>.
- Albrecht (2003): Albrecht, P.: Zur Messung von Finanzrisiken (Working Paper), Mannheim, 2003, <http://www.bwl.uni-mannheim.de/Albrecht/download/extern/mm/mm143.pdf>.
- Albrecht/Koryciorz (2003): Albrecht, P./Koryciorz, S.: Bestimmung des Conditional Value-at-Risk (CVaR) bei Normal- bzw. Lognormalverteilung (Working Paper), Mannheim, 2003, <http://www.bwl.uni-mannheim.de/Albrecht/download/extern/mm/mm142.pdf>.
- Albrecht/Maurer (2002): Albrecht, P./Maurer, R.: Investment- und Risikomanagement: Modelle, Methoden, Anwendungen, Stuttgart, 2002.
- Allgäuer (2003): Allgäuer, G.: Kreditrisikoreduzierende Techniken. In: Bruckner, B./Schmoll, A./Stickler, R. (Hrsg): Basel II - Konsequenzen für das Kreditrisikomanagement, Wien, 2003, S. 231-249.
- Altman et al. (2002): Altman, E./Brady, B./Rest, A./Sironi, A.: The Link between Default and Recovery Rates: Implications for Credit Risk Models and Procyclicality (Working Paper), 2002, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=314719](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=314719).
- Altman/Kao (1992a): Altman, E. I./Kao, D. L.: Rating Drift in High-Yield Bonds. In: The Journal of Fixed Income, (1992) S. 15-20.
- Altman/Kao (1992b): Altman, E. I./Kao, D. L.: The Implications Of Corporate Bond Ratings Drift. In: Financial Analysts Journal, 48 (1992) 3, S. 64-75.
- 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.
- Altman/Saunders (2002): Altman, E. I./Saunders, A.: The Role of Credit Ratings in Bank Capital. In: Levich, R. M./Majnoni, G./Reinhart, C. M. (Hrsg): Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System, Boston, Mass. [u.a.], 2002, S. 99-116.
- Ammann/Jovic/Schmid (2001): Ammann, M./Jovic, D./Schmid, C.: Der IRB-Ansatz als strategische Herausforderung für Banken. In: Der Schweizer Treuhänder, (2001) 10, S. 915-922.

- Ammann/Schmid/Wegmann (2000): Ammann, M./Schmid, C./Wegmann, P.: Gesucht: Das beste Kreditportfolio-Modell. In: Schweizer Bank, 15 (2000) 1, S. 42-46.
- Angermüller/Eichhorn/Ramke (2004): Angermüller, N. O./Eichhorn, M./Ramke, T.: MaRisk - Noch mehr Regulierung in Sicht? In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 15, S. 833-834.
- Angstenberger/Nöthel (2005): Angstenberger, L./Nöthel, U.: Euler Hermes Fuzzy Expertensysteme zur Bonitätsbewertung im Kreditrisikomanagement. In: Schneider-Maessen, J./Schumann, M./Skiera, B./Weiß, B. (Hrsg): Die Optimierung der Performance im Credit Management, Heidelberg, 2005, S. 211-237.
- Artzner et al. (1997): Artzner, P./Delbaen, F./Eber, J./Heath, D.: Thinking Coherently. In: Risk, 10 (1997) 11, S. 68-72.
- Artzner et al. (1999): Artzner, P./Delbaen, F./Eber, J./Heath, D.: Coherent Measures of Risk. In: Mathematical finance, 9 (1999) 3, S. 203-228.
- Bachmann (2004): Bachmann, U.: Die Komponenten des Kreditspreads: Zinsstrukturunterschiede zwischen ausfallbehafteten und risikolosen Anleihen, Wiesbaden, 2004.
- Backhaus (2003): Backhaus, K.: Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung, 10. Auflage, Berlin [u.a.], 2003.
- Baetge (1994): Baetge, J.: Rating von Unternehmen anhand von Bilanzen. In: Die Wirtschaftsprüfung, 47 (1994) 1, S. 1-10.
- Baetge/Heitmann (2000): Baetge, J./Heitmann, C.: Creating a Fuzzy Rule-based Indicator for the Review of Credit Standing. In: Schmalenbach Business Review, 52 (2000) 4, S. 318-343.
- Baetge/Kruse/Uthoff (1996): Baetge, J./Kruse, A./Uthoff, C.: Bonitätsklassifikationen von Unternehmen mit Neuronalen Netzen. In: Wirtschaftsinformatik, 38 (1996) 3, S. 273-282.
- Baetge/Sieringhaus (1996): Baetge, J./Sieringhaus, I.: Bilanzbonitäts-Rating von Unternehmen. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 221-249.
- Bagus (1992): Bagus, T.: Wissensbasierte Bonitätsanalyse im Firmenkundengeschäft der Kreditinstitute, Frankfurt am Main [u.a.], 1992.
- Bakshi/Madan/Zhang (2001): Bakshi, G./Madan, D./Zhang, F.: Understanding the Role of Recovery in Default Risk Models: Empirical Comparisons and Implied Recovery Rates (Working Paper), Washington D.C., 2001, <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2001/200137/200137pap.pdf>.
- Balgheim/Kuhn/Schröck (2004): Balgheim, T./Kuhn, R./Schröck, G.: Implementierung von Basel II - Europa führend. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 22, S. 1246-1251.
- Bangia et al. (2002): Bangia, A./Diebold, F. X./Kronimus, A./Schagen, C./Schuermann, T.: Ratings Migration and the Business Cycle with Application to Credit Portfolio Stress Testing. In: Journal of Banking & Finance, 26 (2002) 2/3, S. 445-474.
- Bank of Japan (2005): Bank of Japan: Advancing Credit Risk Management through Internal Rating Systems (Working Paper), Tokyo, 2005, <http://www.boj.or.jp/en/type/release/zuiji/data/fsk0509a.pdf>.
- Barbosa/Ferreira (2004): Barbosa, A./Ferreira, M.: Beyond Coherence and Extreme Losses: Root Lower Partial Moment as a Risk Measure (Working Paper), Lissabon, 2004, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=609221](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=609221).



- Basel Committee on Banking Supervision (1996): Basel Committee on Banking Supervision: Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks, Basel, 1996.
- Basel Committee on Banking Supervision (1999): Basel Committee on Banking Supervision: A new capital adequacy framework: issued for comment by 31 March 2000, Basel, 1999.
- Basel Committee on Banking Supervision (2000): Basel Committee on Banking Supervision: Range of Practice in Banks Internal Ratings Systems (Working Paper), Basel, 2000, <http://www.bis.org/publ/bcbs66.pdf>.
- Basel Committee on Banking Supervision (2001): Basel Committee on Banking Supervision: The New Basel Capital Accord: issued for comment by 31 May 2001, Basel, 2001.
- Basel Committee on Banking Supervision (2003): Basel Committee on Banking Supervision: The New Basel Capital Accord: issued for comment by 31 July 2003, Basel, 2003.
- Basel Committee on Banking Supervision (2004): Basel Committee on Banking Supervision: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework, Basel, 2004.
- Basel Committee on Banking Supervision (2005): Basel Committee on Banking Supervision: An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions, Basel, 2005.
- Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht (2004): Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht: Internationale Konvergenz der Kapitalmessung und Eigenkapitalanforderungen - Überarbeitete Rahmenvereinbarung, Basel, 2004.
- Basler Ausschuss für Bankenaufsicht (2001): Basler Ausschuss für Bankenaufsicht: Erläuternde Angaben zur Neuen Basler Eigenkapitalvereinbarung, Basel, 2001.
- Baule (2004): Baule, R.: Wertorientiertes Kreditportfoliomanagement: Analyse von Optimierungs- und Steuerungsansätzen für Bankkreditportfolios vor dem Hintergrund des Shareholder-Value-Prinzips, Berlin, 2004.
- Baum (1987): Baum, B.: Rating-Systeme und ihre Methoden, Bonn, 1987.
- Bea/Friedl/Schweitzer (2004): Bea, F. X./Friedl, B./Schweitzer, M.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Band 1: Grundfragen, 9. Auflage, Stuttgart, 2004.
- Behr/Güttler (2004): Behr, P./Güttler, A.: Interne und externe Ratings: Bedeutung, Entwicklung, Testverfahren, Frankfurt am Main, 2004.
- Bennewitz/Kasterich (2004): Bennewitz, A./Kasterich, A.: Krisenfrüherkennung und Krisenbewältigung im mittelständischen Firmenkundengeschäft aus der Sicht von Kreditinstituten. In: Schmeisser, W./Bretz, M./Keßler, J./Krimphove, D. (Hrsg): Handbuch Krisen- und Insolvenzmanagement, Stuttgart, 2004, S. 3-22.
- Berblinger (1996): Berblinger, J.: Marktakzeptanz des Rating durch Qualität. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 21-110.
- Bertsimas/Lauprete/Samarov (2004): Bertsimas, D. J./Lauprete, G. J./Samarov, A.: Shortfall as a Risk Measure: Properties, Optimization and Applications. In: Journal of Economic Dynamics Control, 28 (2004) 7, S. 1353-1381.

- Beutler (2001): Beutler, M.: Anforderungen an das Kreditrisikomanagement von Banken: Messung und Unterlegung von Kreditrisiken aus bankwirtschaftlicher und regulatorischer Perspektive, St. Gallen, 2001.
- 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.
- Blanke (2004): Blanke, W.: Aussagekraft und Nutzbarkeit von Kennzahlen und Frühindikatoren im Rating. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): *Handbuch Ratingpraxis*, Wiesbaden, 2004, S. 465-480.
- Blochwitz et al. (2004): Blochwitz, S./Hamerle, A./Hohl, S./Rauhmeier, R./Rösch, D.: Was leisten Trennschärfemaße für Ratingsysteme? In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 57 (2004) 22, S. 1275-1278.
- Blochwitz/Eigermann (2000): Blochwitz, S./Eigermann, J.: Unternehmensbeurteilung durch Diskriminanzanalyse mit qualitativen Merkmalen. In: *Zfbf*, 52 (2000) 1, S. 58-73.
- Blochwitz/Eigermann (2001a): Blochwitz, S./Eigermann, J.: Interne Credit-Ratingverfahren - ein wichtiger Baustein in der Gesamtbanksteuerung. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): *Handbuch Gesamtbanksteuerung: Integration von Markt-, Kredit- und operationalen Risiken*, Stuttgart, 2001, S. 363-386.
- Blochwitz/Eigermann (2001b): Blochwitz, S./Eigermann, J.: Messung von Kreditrisiken durch interne Credit-Ratingverfahren. In: Szczesny, A. (Hrsg): *Kreditrisikomessung und Kreditrisikomanagement*, Baden-Baden, 2001, S. 83-106.
- Bluhm/Overbeck/Wagner (2003): Bluhm, C./Overbeck, L./Wagner, C.: *An Introduction to Credit Risk Modeling*, Boca Raton, Fla. [u.a.], 2003.
- Breinlinger/Glogova/Höger (2003): Breinlinger, L./Glogova, E./Höger, A.: Kalibrierung von Rating-systemen - eine erste Analyse. In: Oesterreichische Nationalbank (Hrsg): *Finanzmarktstabilitätsbericht 5*, Wien, 2003, S. 80-92.
- Brezski/Claussen/Korth (2004): Brezski, E./Claussen, C. P./Korth, H.: *Rating - Basel II und die Folgen*, Stuttgart [u.a.], 2004.
- Brezski/Kinne (2004): Brezski, E./Kinne, K.: Implikationen für die Kreditvergabepraxis. In: Übelhör, M./Warns, C./Nitschke, A./Brockmann, H. (Hrsg): *Basel II: Auswirkungen auf die Finanzierung - Unternehmen und Banken im Strukturwandel*, Heidenau, 2004, S. 185-208.
- Brown (2003): Brown, J. A.: Regulatory Capital Based on Bank Internal Ratings of Credit Risk. In: Ong, M. K. (Hrsg): *Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk*, London, 2003, S. 289-303.
- Bröker (2000): Bröker, F.: *Quantifizierung von Kreditportfoliorisiken: eine Untersuchung zu Modellalternativen und Anwendungsfeldern*, Frankfurt am Main, 2000.

- Bröker/Lehrbass (2001): Bröker, F./Lehrbass, F. B.: Kreditportfoliomodelle in der Praxis. In: Schierenbeck, H. (Hrsg): Handbuch-Bankcontrolling, 2. Auflage, Wiesbaden, 2001, S. 773-787.
- Bundesverband Deutscher Banken (2005a): Bundesverband Deutscher Banken: Bankinternes Rating mittelständischer Kreditnehmer im Zuge von Basel II (Working Paper), Berlin, 2005, [http://www.bankenverband.de/pic/artikelpic/062005/br0506\\_bi\\_rating.pdf](http://www.bankenverband.de/pic/artikelpic/062005/br0506_bi_rating.pdf).
- Bundesverband Deutscher Banken (2005b): Bundesverband Deutscher Banken: Bankinternes Rating mittelständischer Kreditnehmer im Zuge von Basel II, Berlin, 2005.
- Burghardt (2004): Burghardt, M.: Web Services: Aspekte von Sicherheit, Transaktionalität, Abrechnung und Workflow, Wiesbaden, 2004.
- Börner (1999): Börner, C. J.: Grundzüge der Migrationsanalyse zur Ermittlung des Bonitätsrisikos auf Portfolioebene (Working Paper), Köln, 1999.
- Bühler et al. (2002): Bühler, W./Engel, C./Korn, O./Stahl, G.: Backtesting von Kreditrisikomodelle. In: Oehler, A. (Hrsg): Kreditrisikomanagement, 2. Auflage, Stuttgart, 2002, S. 181-217.
- Büschgen (1999): Büschgen, H. E.: Bankbetriebslehre: Bankgeschäfte und Bankmanagement, 5. Auflage, Wiesbaden, 1999.
- Cantor/Packer (1995): Cantor, R./Packer, F.: The Credit Rating Industry. In: The Journal of Fixed Income, 5 (1995) 3, S. 10-34.
- Caouette/Altman/Narayanan (1998): Caouette, J. B./Altman, E. I./Narayanan, P.: Managing Credit Risk: The Next Great Financial Challenge, New York [u.a.], 1998.
- Carey/Hrycay (2001): Carey, M./Hrycay, M.: Parameterizing Credit Risk Models with Rating Data. In: Journal of Banking & Finance, 25 (2001) 1, S. 197-270.
- Catarineu-Rabell/Jackson/Tsomocos (2005): Catarineu-Rabell, E./Jackson, P./Tsomocos, D. P.: Pro-cyclicality and the New Basel Accord: Banks' Choice of Loan Rating System. In: Economic Theory, 26 (2005) 2, S. 537-557.
- Cech (2004): Cech, C.: Basel II: Die IRB-Formel zur Berechnung der Mindesteigenmittel für Kreditrisiko. In: Fachhochschule des BFI Wien (Hrsg): Wirtschaft und Management - Schriftenreihe zur wirtschaftswissenschaftlichen Forschung und Praxis, Wien, 2004, S. 53-71.
- Chorafas (2000): Chorafas, D. N.: Managing Credit Risk - Volume I: Analysing, Rating and Pricing the Probability of Default, London, 2000.
- Claussen (2004): Claussen, R.: Die Branche als Determinante für das Rating und das Advisory. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Ratingpraxis, Wiesbaden, 2004, S. 299-307.
- Commerzbank (2005): Commerzbank: Geschäftsbericht 2005, Frankfurt am Main, 2005.
- 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.
- Cover/Hart (1967): Cover, T. M./Hart, P. E.: Nearest Neighbor Pattern Classification. In: IEEE Transactions on Information Theory, 13 (1967) 1, S. 21-27.
- 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 (2003): Crosbie, P./Bohn, J.: Modeling Default Risk - Modeling Methodology (Working Paper), San Francisco, 2003, <http://www.moodyskmv.com/research/files/wp/ModelingDefaultRisk.pdf>.
- 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.
- Crouhy/Galai/Mark (2001a): Crouhy, M./Galai, D./Mark, R.: Risk Management, New York [u.a.], 2001.
- Crouhy/Galai/Mark (2001b): Crouhy, M./Galai, D./Mark, R.: Prototype Risk Rating System. In: Journal of Banking & Finance, 25 (2001) 1, S. 47-95.
- Crouhy/Galai/Mark (2003): Crouhy, M./Galai, D./Mark, R. M.: Internal Risk Rating Systems. In: Ong, M. K. (Hrsg): Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk, London, 2003, S. 369-389.
- Crouhy/Galai/Mark (2005): Crouhy, M./Galai, D./Mark, R.: The Use of Internal Models: Comparison of the New Basel Credit Proposals with Available Internal Models for Credit Risk. In: Scott, H. S. (Hrsg): Capital Adequacy beyond Basel: Banking, Securities, and Insurance, Oxford [u.a.], 2005, S. 197-257.
- Dahms/Grelek (2004): Dahms, O./Grelek, M.: Umsetzung der dritten Säule nach Basel II. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 3, S. 157-160.
- Daldrup (2006): Daldrup, A.: Rating, Ratingsysteme und ratingbasierte Kreditrisikoquantifizierung (Working Paper), Göttingen, 2006.
- Daldrup/Gehrke/Schumann (2004): Daldrup, A./Gehrke, N./Schumann, M.: Risikoadjustierte Konditionengestaltung im Ratenkreditgeschäft. In: Die Bank, (2004) 4, S. 238-243.
- Daldrup/Gehrke/Schumann (2006): Daldrup, A./Gehrke, N./Schumann, M.: Vergleich alternativer Kreditrisikomaße. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 59 (2006) 5, S. 238-243.
- Danielsson et al. (2001): Danielsson, J./Embrechts, P./Goodhart, C. K. C./Muennich, F./Renault, O./Shin, H. S.: An Academic Response to Basel II (Working Paper), London, 2001, [www.cermas.gsu.edu/Documents/embrechts.pdf](http://www.cermas.gsu.edu/Documents/embrechts.pdf).
- Dartsch/Graalman (2004): Dartsch, A./Graalman, B.: Das Gesamtprojekt 'Internes Rating' - Eine Betrachtung aus der Sicht kleinerer und mittelständischer Banken. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 181-196.
- Davis/Lo (2001): Davis, M./Lo, V.: Modelling Default Correlation in Bond Portfolios (Working Paper), London, Wien, 2001, [http://www.ma.ic.ac.uk/~mdavis/docs/mastering\\_risk.pdf](http://www.ma.ic.ac.uk/~mdavis/docs/mastering_risk.pdf).
- del Mestre (2001): del Mestre, G.: Rating-Leitfaden für Kreditinstitute und Unternehmen, Köln, 2001.
- Demey et al. (2004): Demey, P./Jouanin, J./Roget, C./Roncalli, T.: Maximum Likelihood Estimate of Default Correlations. In: Risk, 17 (2004) 11, S. 104-109.
- Denault (2001): Denault, M.: Coherent Allocation of Risk Capital (Working Paper), 2001, <http://www.risklab.ch/ftp/papers/CoherentAllocation.pdf>.
- Deutsche Bank AG (2005): Deutsche Bank AG: Jahresbericht 2005, Frankfurt am Main, 2005.

- Deutsche Bundesbank (2002): Deutsche Bundesbank: Das Eigenkapital der Kreditinstitute aus bankinterner und regulatorischer Sicht. Monatsbericht Januar 2002, Frankfurt am Main, 2002, S. 41-60.
- Deutsche Bundesbank (2003a): Deutsche Bundesbank: Neue Mindestanforderungen an das Kreditgeschäft: MaK und Basel II. Monatsbericht Januar 2003, Frankfurt am Main, 2003, S. 45-58.
- Deutsche Bundesbank (2003b): Deutsche Bundesbank: Validierungsansätze für interne Ratingsysteme. Monatsbericht September 2003, Frankfurt am Main, 2003, S. 61-74.
- Deutsche Bundesbank (2004): Deutsche Bundesbank: Neue Eigenkapitalanforderungen für Kreditinstitute (Basel II). Monatsbericht September 2004, Frankfurt am Main, 2004, S. 75-100.
- Devic (2001): Devic, G.: Bewertung des Bonitätsrisikos mit einem Unternehmenswertmodell. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H. (Hrsg): Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung, Frankfurt am Main, 2001, S. 127-148.
- Diamond/Dybvig (1983): Diamond, D. W./Dybvig, P. H.: Bank Runs, Deposit Insurance and Liquidity. In: The Journal of Political Economy, 91 (1983) 2, S. 401-419.
- Dietsch/Petey (2004): Dietsch, M./Petey, J.: Should SME Exposures be treated as Retail or Corporate Exposures? A Comparative Analysis of Default Probabilities and Asset Correlations in French and German SMEs. In: Journal of Banking & Finance, 28 (2004) 4, S. 773-788.
- Dimitrakopoulos/Spahr (2004): Dimitrakopoulos, D./Spahr, R.: Ablauf des Ratingverfahrens bei internationalen Ratingagenturen. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Ratingpraxis, Wiesbaden, 2004, S. 211-222.
- Dittmar/Steiner (2000): Dittmar, T./Steiner, M.: Quantitative Verfahren zur Unternehmensklassifikation - eine vergleichende Analyse. In: Rudolph, B./Johanning, L. (Hrsg): Handbuch Risikomanagement (Band 1), Bad Soden/Ts., 2000, S. 433-457.
- Dufey (2000): Dufey, G.: The Blurring Borders of Banking (Working Paper), Ann Arbor, Vallendar, 2000, <http://deepblue.lib.umich.edu/dspace/bitstream/2027.42/35570/2/b2034785.0001.001.pdf>.
- Duffie/Pan (1997): Duffie, D./Pan, J.: An Overview of Value at Risk. In: The Journal of Derivatives, 4 (1997) 3, S. 7-49.
- 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.
- Duffie/Singleton (2003): Duffie, D./Singleton, K. J.: Credit Risk: Pricing, Measurement, and Management, Princeton, NJ [u.a.], 2003.
- Dunemann (2001): Dunemann, O.: Kreditportfoliomodelle. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H. (Hrsg): Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung, Frankfurt am Main, 2001, S. 185-206.
- Durbin/Ng (2001): Durbin, E./Ng, D. T.: The Sovereign Ceiling and Emerging Market Corporate Bond Spreads (Working Paper), New York, St. Louis, 2001, [http://www.aem.cornell.edu/faculty\\_sites/dtn4/draft0901.pdf](http://www.aem.cornell.edu/faculty_sites/dtn4/draft0901.pdf).
- Döhring (1996): Döhring, J.: Gesamtrisiko-Management von Banken, München [u.a.], 1996.
- Düllmann/Scheule (2003): Düllmann, K./Scheule, H.: Determinants of the Asset Correlations of German Corporations and Implications for Regulatory Capital (Working Paper), Frankfurt am Main, Regensburg, 2003, <http://www.cofar.uni-mainz.de/dgf2003/paper/paper53.pdf>.

- Düsterlho/Pöhlisen (2004): Düsterlho, J. v./Pöhlisen, M.: Credit-Rating. In: DIRK e.V. (Hrsg): Handbuch Investor Relations, Wiesbaden, 2004, S. 419-426.
- Ebenroth/Koos (1996): Ebenroth, C. T./Koos, S.: Juristische Aspekte des Rating. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 483-519.
- Efron (1979): Efron, B.: Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. In: The Annals of Statistics, 7 (1979) 1, S. 1-26.
- Eftekhari (1998): Eftekhari, B.: Lower partial moment hedge ratios. In: Applied Financial Economics, 8 (1998) 6, S. 645-652.
- Eigermann (2002): Eigermann, J.: Quantitatives Credit-Rating unter Einbeziehung qualitativer Merkmale, 2. Auflage, Sternenfels, 2002.
- Elizalde (2006): Elizalde, A.: Credit Risk Models I: Default Correlation in Intensity Models (Working Paper), Madrid, 2006, <ftp://ftp.cemfi.es/wp/06/0605.pdf>.
- Embrechts/McNeil/Straumann (1999): Embrechts, P./McNeil, A./Straumann, D.: Correlation and Dependence in Risk Management: Properties and Pitfalls (Working Paper), Zürich, 1999, <http://www.risklab.ch/ftp/papers/CorrelationPitfalls.pdf>.
- Engelmann/Hayden/Tasche (2003): Engelmann, B./Hayden, E./Tasche, D.: Measuring the Discriminative Power of Rating Systems (Working Paper), Frankfurt am Main, 2003,
- Engelmann/Tasche (2004): Engelmann, B./Tasche, D.: Testing Rating Accuracy. In: Shimko, D. (Hrsg): Credit Risk Models and Management, 2nd Edition, London, 2004, S. 307-323.
- Estrella (2000): Estrella, A.: Credit Ratings and Complementary Sources of Credit Quality Information (Working Paper), Basel, 2000.
- Everling (1991): Everling, O.: Credit Rating durch internationale Agenturen: eine Untersuchung zu den Komponenten und instrumentalen Funktionen des Rating, Wiesbaden, 1991.
- Everling (2002): Everling, O.: Rating mittelständischer Unternehmen. In: Kolbeck, C./Wimmer, R. (Hrsg): Finanzierung für den Mittelstand: Trends, Unternehmensrating, Praxisfälle, Wiesbaden, 2002, S. 85-108.
- Everling (2004): Everling, O.: Objektive Grenzen subjektiver Ratingverfahren. In: Bank, M./Schiller, B. (Hrsg): Finanzintermediation - Theoretische, wirtschaftspolitische und praktische Aspekte aktueller Entwicklungen im Bank- und Börsenwesen., Stuttgart, 2004, S. 615-636.
- Everling (2005): Everling, O.: Perspektiven des Ratingmarktes. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 58 (2005) 4, S. 185-188.
- Everling/Bargende (2005): Everling, O./Bargende, D.: Externe Ratingsysteme als Frühwarnsysteme. In: Controlling, 17 (2005) 4/5, S. 261-269.
- Feidicker (1992): Feidicker, M.: Kreditwürdigkeitsprüfung: Entwicklung eines Bonitätsindikators, dargestellt am Beispiel von Kreditversicherungsunternehmen, Düsseldorf, 1992.
- Felsenheimer/Gisdakis/Zaiser (2006): Felsenheimer, J./Gisdakis, P./Zaiser, M.: Active Credit Portfolio Management: A Practical Guide to Credit Risk Management Strategies, Weinheim, 2006.
- Ferry (2005): Ferry, J.: Fortschritte bei Basel II. In: Deutsches Risk, 5 (2005) 3, S. 8-10.

- Finger (2001): Finger, C. C.: The One-Factor CreditMetrics Model in the New Basel Capital Accord. In: RiskMetrics Journal, 2 (2001) 1, S. 9-18.
- Fischer (2002): Fischer, T. R.: Auswirkungen des neuen Baseler Eigenkapitalakkords auf die Risiko- steuerung von Banken. In: Kolbeck, C./Wimmer, R. (Hrsg): Finanzierung für den Mittelstand - Trends, Unternehmensrating, Praxisfälle, Wiesbaden, 2002, S. 21-34.
- Fischer (2004): Fischer, A.: Qualitative Merkmale in bankinternen Ratingsystemen: eine empirische Analyse zur Bonitätsbeurteilung von Firmenkunden, Bad Soden /Ts., 2004.
- Fishburn (1977): Fishburn, P. C.: Mean-risk Analysis with Risk associated with Below-Target Returns. In: The American Economic Review, 67 (1977) 2, S. 116-126.
- Flach/Rommelfanger (2002): Flach, J./Rommelfanger, H. J.: Fuzzy-Logik-basiertes Bonitätsrating. In: Oehler, A. (Hrsg): Kreditrisikomanagement: Kernbereiche, Aufsicht und Entwicklungstendenzen, 2. Auflage, Stuttgart, 2002, S. 1-33.
- Fleck/Knaak (2006): Fleck, F./Knaak, C.: Anforderungen an interne Ratingsysteme nach Basel II. In: Reichmann, T./Pyszny, U. (Hrsg): Rating nach Basel II: Herausforderungen für den Mittelstand, München, 2006, S. 27-53.
- Freixas/Rochet (1998): Freixas, X./Rochet, J.: Microeconomics of Banking, 3rd Edition, Cambridge, Mass. [u.a.], 1998.
- Frerichs (2005): Frerichs, H.: Does Pooling of Financial Statements and Default Data across Speciali- zed Banks improve Internal Credit Rating Systems? In: Kredit und Kapital, 38 (2005) 3, S. 401-433.
- Frerichs/Löffler (2002): Frerichs, H./Löffler, G.: Evaluating Credit Risk Models: A Critique and a Propo- sal (Working Paper), Frankfurt am Main, 2002, [http://www.defaultrisk.com/\\_pdf6j4/ Evaluating\\_Cr\\_Rsk\\_Mdls-A\\_Crtq\\_N\\_Prpsl.pdf](http://www.defaultrisk.com/_pdf6j4/Evaluating_Cr_Rsk_Mdls-A_Crtq_N_Prpsl.pdf).
- Frerichs/Löffler (2004): Frerichs, H./Löffler, G.: Evaluating Credit Risk Models Using Loss Density Fore- casts. In: Jorion, P. (Hrsg): Innovations in Risk Management: Seminal Papers from the Journal of Risk, London, 2004, S. 569-596.
- Frerichs/Wahrenburg (2005): Frerichs, H./Wahrenburg, M.: Evaluating Credit Risk Models. In: Frenkel, M./Hommel, U./Rudolf, M. (Hrsg): Risk Management - Challenge and Opportunity, 2nd Edition, Berlin, Heidelberg, 2005, S. 219-238.
- Frey/McNeil (2002): Frey, R./McNeil, A. J.: VaR and Expected Shortfall in Portfolios of Dependent Cre- dit Risks: Conceptual and Practical Insights. In: Journal of Banking & Finance, 26 (2002) 7, S. 1317-1334.
- Friedrichs (1990): Friedrichs, J.: Methoden empirischer Sozialforschung, 14. Auflage, Opladen, 1990.
- Fritz/Luxenburger/Miehe (2004): Fritz, S./Luxenburger, M./Miehe, T.: Validierung und Güte von Rating- verfahren. In: Suyter, A. (Hrsg): Risikomanagement: Aktuelle Entwicklungen und Auswirkungen auf Banken und Unternehmen, Frankfurt am Main, 2004, S. 97-140.
- Füser (2001): Füser, K.: Intelligentes Scoring und Rating: moderne Verfahren zur Kreditwürdigkeitsprü- fung, Wiesbaden, 2001.

- Füser/Gleißner (2001): Füser, K./Gleißner, W.: Rating und interne Kreditrisikomodelle: neue Perspektiven durch Basel II. In: Gleißner, W./Meier, G. (Hrsg): Wertorientiertes Risiko-Management für Industrie und Handel: Methoden, Fallbeispiele, Checklisten, Wiesbaden, 2001, S. 309-334.
- Gaal/Plank (1998): Gaal, A./Plank, M.: Kreditrisikomodelle und Kreditderivate. In: Oesterreichische Nationalbank (Hrsg): Berichte und Studien 4/1998, Wien, 1998, S. 72-83.
- Gamma et al. (2001): Gamma, E./Helm, R./Johnson, R./Missides, J.: Entwurfsmuster – Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software, 5. Auflage, München [u. a.], 2001.
- Garside/Greenman (2003): Garside, T./Greenman, J.: Designing and Implementing Effective Credit Rating Systems. In: Ong, M. K. (Hrsg): Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk, London, 2003, S. 413-427.
- Garside/Stott/Strothe (1999): Garside, T./Stott, H./Strothe, G.: Portfoliomanagement des Kreditrisikos. In: Moormann, J./Fischer, T. (Hrsg): Handbuch Informationstechnologie in Banken, Wiesbaden, 1999,
- Gatzki/Gatzki (2005): Gatzki, C./Gatzki, Y.: Basel II - Schwerpunkte des Kreditratings. In: Controller-Magazin, (2005) 4, S. 320-327.
- Gaubatz (2004): Gaubatz, S.: Optimierung von Finanzstrukturen. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Ratingpraxis, Wiesbaden, 2004, S. 443-463.
- Gebhardt (1980): Gebhardt, G.: Insolvenzprognosen aus aktienrechtlichen Jahresabschlüssen, Wiesbaden, 1980.
- Gehrke (2000): Gehrke, C.: Informationsagenten im Data Warehousing, Heidelberg, 2000.
- 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.
- Geuss et al. (2004): Geuss, U./Gudjons, T./Schmitz, F./Stork, P.: IT-Architekturen für IFRS-Anforderungen in Banken. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 4, S. 27-30.
- Giesecke (2001): Giesecke, K.: Correlated Defaults, Incomplete Information and the Term Structure of Credit Spreads, Berlin, 2001.
- Giesecke/Weber (2004): Giesecke, K./Weber, S.: Cyclical Correlations, Credit Contagion, and Portfolio Losses. In: Journal of Banking & Finance, 28 (2004) 12, S. 3009-3036.
- Gleißner/Füser (2002): Gleißner, W./Füser, K.: Leitfaden Rating: Basel II: Rating-Strategien für den Mittelstand, München, 2002.
- Goovaerts/Kaas/Dhaene (2002): Goovaerts, M./Kaas, R./Dhaene, J.: Economic Capital Allocation Derived from Risk Measures (Working Paper), Amsterdam, 2002, <http://www.stat.ucl.ac.be/Samos2002/goovaetal.pdf>.
- Gordy (2000a): Gordy, M.: Credit VaR and Risk-Bucket Capital Rules: A Reconciliation. Proceedings of the 36th Annual Conference on Bank Structure and Competition, Chicago, 2000, S. 406-417.
- Gordy (2000b): Gordy, M.: A Comparative Anatomy of Credit Risk Models. In: Journal of Banking & Finance, 24 (2000) 1, S. 119-150.



- Gordy (2003): Gordy, M. B.: A Risk-Factor Model Foundation for Ratings-Based Bank Capital Rules. In: *Journal of Financial Intermediation*, 12 (2003) 3, S. 199-232.
- Grof (2002): Grof, E.: *Risikocontrolling und Kreditwürdigkeitsprüfung: risikoorientiertes Bankencontrolling unter Berücksichtigung neuerer Bonitätsprüfungsverfahren*, Wien, 2002.
- Groth (1999): Groth, F.: Das Branchen- und Kundenrating. In: *Der Schweizer Treuhänder*, (1999) 10, S. 945-952.
- Grundke (2000): Grundke, P.: Kreditrisikomodelle und Regulierung. In: *Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft*, 12 (2000) 2, S. 101-112.
- Grunert et al. (2002): Grunert, J./Kleff, V./Norden, L./Weber, M.: Mittelstand und Basel II: Der Einfluss der neuen Eigenkapitalvereinbarung für Banken auf die Kalkulation von Kreditzinsen (Working Paper), Mannheim, 2002, <http://bank.bwl.uni-mannheim.de/LS/Research/papers/GrunertKleffNordenWeber2002.pdf>.
- Grunert/Norden/Weber (2005): Grunert, J./Norden, L./Weber, M.: The Role of Non-Financial Factors in Internal Credit Ratings. In: *Journal of Banking & Finance*, 29 (2005) 2, S. 509-531.
- Grunert/Weber (2004): Grunert, J./Weber, M.: Ansätze zur Messung der Äquivalenz von Rating-systemen. In: *Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft*, (2004) 1, S. 28-37.
- Gupton (2000): Gupton, G. M.: Bank Loan Loss Given Default (Moody's Investors Service Special Comment) (Working Paper), New York, 2000, <http://www.moodyskmv.com/research/whitepaper/61679.pdf>.
- Gupton/Finger/Bhatia (1997): Gupton, G./Finger, C./Bhatia, M.: *CreditMetrics - A Technical Document*, New York, 1997.
- Guthoff/Pfingsten/Wolf (1998): Guthoff, A./Pfingsten, A./Wolf, J.: Der Einfluss einer Begrenzung des Value at Risk oder des Lower Partial Moment One auf die Risikoübernahme. In: Oehler, A. (Hrsg): *Credit Risk und Value-at-Risk Alternativen*, Stuttgart, 1998, S. 111-153.
- Gögel/Everling (2000): Gögel, S./Everling, O.: Rating für mittelständische Wirtschaftsunternehmen. In: *Bankinformation und Genossenschaftsforum (BI/GF)*, (2000) 1, S. 62-64.
- Günther/Grüning (2000): Günther, T./Grüning, M.: Einsatz von Insolvenzprognoseverfahren bei der Kreditwürdigkeitsprüfung im Firmenkundenbereich. In: *Die Betriebswirtschaft*, 60 (2000) 1, S. 39-59.
- Gürtler/Heithecker (2004): Gürtler, M./Heithecker, D.: Der Loss Given Default und die Behandlung erwarteter Verluste im Baseler IRB-Ansatz. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 57 (2004) 22, S. 1279-1283.
- Güttler (2004): Güttler, A.: Using a Bootstrap Approach to Rate the Raters (Working Paper), Frankfurt am Main, 2004, <http://opus.zbw-kiel.de/volltexte/2004/2343/pdf/835.pdf>.
- Hagen (2003): Hagen, L.: Basel II: ZKA-Erhebung legt Grundstein für internes Rating von Hypothekendarlehen. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 56 (2003) 20, S. 1196-1199.
- Hahn/Pfingsten/Wagner (2001): Hahn, C./Pfingsten, A./Wagner, P.: Assessing the Risk of Trading Books Empirically: Does the Choice of a Risk Measure matter? In: Buhl, H. U./Kreyer, N./Steck, W. (Hrsg): *e-Finance*, Berlin [u.a.], 2001, S. 275-294.

- Hahnenstein (2004): Hahnenstein, L.: Calibrating the CreditMetrics Correlation Concept: Empirical Evidence from Germany. In: *Financial Markets and Portfolio Management*, 18 (2004) 4, S. 358-381.
- Hamerle (2000): Hamerle, A.: Statistische Modelle im Kreditgeschäft der Banken. In: Rudolph, B./Johanning, L. (Hrsg): *Handbuch Risikomanagement (Band 1)*, Bad Soden/Ts., 2000, S. 459-490.
- Hamerle/Knapp/Wildenauer (2005): Hamerle, A./Knapp, M./Wildenauer, N.: Auswirkungen unterschiedlicher Assetkorrelationen in Mehr-Sektoren-Kreditportfoliomodellen (Working Paper), Regensburg, 2005, <http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2005/582/pdf/Auswirkungen.pdf>.
- Hamerle/Liebig/Rösch (2003): Hamerle, A./Liebig, T./Rösch, D.: Benchmarking Asset Correlations. In: *Risk*, 16 (2003) 11, S. 77-82.
- Hamerle/Rösch (2000): Hamerle, A./Rösch, D.: Zur Ermittlung systematischer Risikofaktoren und Korrelationen in 'bedingten' Kreditportfoliomodellen (Working Paper), Regensburg, 2000.
- Hamerle/Rösch (2003): Hamerle, A./Rösch, D.: Risikofaktoren und Korrelationen für Bonitätsveränderungen. In: *Zfbf*, 55 (2003) 3, S. 199-223.
- Hammes/Shapiro (2001): Hammes, W./Shapiro, M.: The Implications of the New Capital Adequacy Rules for Portfolio Management of Credit Assets. In: *Journal of Banking & Finance*, 25 (2001) 1, S. 97-114.
- Harris (2003): Harris, S.: Internal Risk Rating Systems for Banks. In: Ong, M. K. (Hrsg): *Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk*, London, 2003, S. 343-349.
- Hartmann-Wendels/Pfingsten/Weber (2004): Hartmann-Wendels, T./Pfingsten, A./Weber, M.: *Bankbetriebslehre*, 3. Auflage, Berlin [u.a.], 2004.
- Hausen/Rachev/Trück (2004): Hausen, F./Rachev, S. T./Trück, S.: Basel II: Letzte Änderungen der Risikogewichtskurve im IRB-Ansatz. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 57 (2004) 22, S. 1252-1257.
- Heim/Balica (2001): Heim, U./Balica, C. J.: Zentrale Aspekte der Kreditrisikomodellierung. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H. (Hrsg): *Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung*, Frankfurt am Main, 2001, S. 207-259.
- Heimann (2002): Heimann, J.: DV-gestützte Jahresabschlußanalyse: Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz computergestützter Verfahren zur Analyse und Bewertung von Jahresabschlüssen, Göttingen, 2002.
- Heinke (1998): Heinke, V. G.: Bonitätsrisiko und Credit Rating festverzinslicher Wertpapiere: eine empirische Untersuchung am Euromarkt, Bad Soden / Ts., 1998.
- Heinke (2000): Heinke, V. G.: Der Signal- und Zertifizierungswert von Credit Ratings am Euromarkt. In: *Die Betriebswirtschaft*, 60 (2000) 3, S. 314-335.
- Heitfield (2004): Heitfield, E.: Rating System Dynamics and Bank-Reported Default Probabilities under the New Basel Capital Accord (Working Paper), Washington, 2004, [http://www.fields.utoronto.ca/programs/cim/03-04/PRMIA/rating\\_philosophy\\_and\\_Basel\\_II.pdf](http://www.fields.utoronto.ca/programs/cim/03-04/PRMIA/rating_philosophy_and_Basel_II.pdf).

- Henley/Hand (1997): Henley, W./Hand, D.: Construction of a k-Nearest-Neighbour Credit-Scoring System. In: Institute of Mathematics and its Applications: IMA Journal of Mathematics applied in Business and Industry, 8 (1997) 4, S. 305-322.
- Henn (2001): Henn, J.: Bewertung von Kreditrisiken: empirische Untersuchungen am Schweizer Kapitalmarkt, Bamberg, 2001.
- Hillen (2004): Hillen, K.: Anforderungen der Bankenaufsicht. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 337-363.
- Hofmann/Lesko/Vorgrimler (2005): Hofmann, C./Lesko, M./Vorgrimler, S.: Eigene EAD-Schätzung für Basel II. In: Die Bank, (2005) 6, S. 48-52.
- Hofmann/Pluto (2005): Hofmann, B./Pluto, K.: Zentrale Aspekte der neuen aufsichtlichen Eigenmittelpfehlungen (Basel II). In: Neupel, J./Rudolph, B./Hahnenstein, L. (Hrsg): Sonderheft Zfbf: Aktuelle Entwicklungen im Bankcontrolling: Rating, Gesamtbanksteuerung und Basel II, Düsseldorf [u.a.], 2005, S. 241-270.
- Hollidt (1999): Hollidt, S.: Der Einsatz von Shortfall-Maßen im Portfoliomanagement, Frankfurt am Main, 1999.
- Homölle (1999): Homölle, S.: Eigenkapitalregulierung und Risikoübernahme von Kreditinstituten, Münster, 1999.
- 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.
- Humpert (2003): Humpert, O.: Basel II und internes Rating, Aachen, 2003.
- Humpert/Naujoks (2004): Humpert, O./Naujoks, H.: Internes Rating - wirksame Hilfe oder stumpfe Waffe der Bankenaufsicht? In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 3, S. 140-141.
- Hundt/Neitz/Grabau (2003): Hundt, I./Neitz, B./Grabau, F.: Rating als Chance für kleine und mittlere Unternehmen, München, 2003.
- Huschens (2000): Huschens, S.: Value-at-Risk-Berechnung durch historische Simulation (Working Paper), Dresden, 2000, <http://www.tu-dresden.de/wwqvs/VaR/varhist.pdf>.
- Huschens (2004a): Huschens, S.: Backtesting von Ausfallwahrscheinlichkeiten (Working Paper), Dresden, 2004, <http://www.gloriamundi.org/picsresources/sh1.pdf>.
- Huschens (2004b): Huschens, S.: Dreizehn Korrelationen in Kreditrisikomodellen. In: Burkhardt, T./Körnert, J./Walther, U. (Hrsg): Banken, Finanzierung und Unternehmensführung, Berlin, 2004, S. 177-188.
- Huschens/Locarek-Junge (2002): Huschens, S./Locarek-Junge, H.: Konzeptionelle und statistische Grundlagen der portfolioorientierten Kreditrisikomessung. In: Oehler, A. (Hrsg): Kreditrisikomanagement: Kernbereiche, Aufsicht und Entwicklungstendenzen, 2. Auflage, Stuttgart, 2002, S. 89-114.

- Huschens/Vogl/Wania (2005): Huschens, S./Vogl, K./Wania, R.: Estimation of Default Probabilities and Default Correlations. In: Frenkel; Michael; Hommel,/Michael; Hommel,/Hommel, U./Rudolf, M. (Hrsg): Risk Management: Challenge and Opportunity, 2nd Edition, Berlin [u.a.], 2005, S. 239-258.
- Hüls (1995): Hüls, D.: Früherkennung insolvenzgefährdeter Unternehmen, Düsseldorf, 1995.
- J.P. Morgan / Reuters (1996): J.P. Morgan / Reuters: RiskMetrics - Technical Document, 4th Edition, New York, 1996.
- Jacobs/Weinrich (2002): Jacobs, J./Weinrich, G.: Bonitätsbeurteilung kleiner Unternehmen mit nicht-linearen Klassifikationsverfahren. In: Die Betriebswirtschaft, 62 (2002) 4, S. 343-358.
- Jacobson/Lindé/Roszbach (2005): Jacobson, T./Lindé, J./Roszbach, K.: Credit Risk versus Capital Requirements under Basel II: Are SME Loans and Retail Credit really different? In: Journal of Financial Services Research, 28 (2005) 1, S. 43-76.
- Jansen (2001a): Jansen, S.: Bankinterne Ratingansätze im Firmenkundengeschäft. In: Rolfes, B./Schierenbeck, H. (Hrsg): Ausfallrisiken - Quantifizierung, Bepreisung und Steuerung, Frankfurt am Main, 2001, S. 95-125.
- Jansen (2001b): Jansen, S.: Ertrags- und volatilitätsgestützte Kreditwürdigkeitsprüfung im mittelständischen Firmenkundengeschäft der Banken, Frankfurt am Main, 2001.
- Japan Center for International Finance (1998): Japan Center for International Finance: Characteristics and Appraisal of Major Rating Companies (Working Paper), Tokyo, 1998, <http://www.jcif.or.jp/pdf/e981228.pdf>.
- 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/Protter (2006): Jarrow, R. A./Protter, P.: Structural versus Reduced-Form Models: A New Information-Based Perspective. In: Fong, H. G. (Hrsg): The Credit Market Handbook: Advanced Modeling Issues, Hoboken, NJ [u.a.], 2006, S. 118-131.
- 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.
- Jarrow/Yu (2001): Jarrow, R. A./Yu, F.: Counterparty Risk and the Pricing of Defaultable Securities. In: The Journal of Finance, 56 (2001) 5, S. 1765-1799.
- Jockusch (2002): Jockusch, A.: Value-at-risk-Modelle für Aktienportfolios auf der Basis der Varianz-Kovarianz-Methode: ein Vergleich vereinfachender Verfahren und Konzepte zur Einbeziehung impliziter Volatilitäten, Frankfurt am Main [u.a.], 2002.
- Johanning (1998): Johanning, L.: Zur Eignung des Value-at-Risk als bankaufsichtliches Risikomass. In: Finanzmarkt und Portfolio-Management, 12 (1998) 3, S. 283-303.
- 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.
- Jorion (2001): Jorion, P.: Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, 2nd Edition, New York [u.a.], 2001.

- 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.
- Kaiser (2004): Kaiser, T.: Berücksichtigung der Operationellen Risiken. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 227-239.
- Kaiser/Szczesny (2001): Kaiser, U./Szczyzny, A.: Einfache ökonometrische Verfahren für die Kreditrisikomessung. In: Szczyzny, A. (Hrsg): Kreditrisikomessung und Kreditrisikomanagement, Baden-Baden, 2001, S. 155-203.
- Kaiser/Szczesny (2003): Kaiser, U./Szczyzny, A.: Ökonometrische Verfahren zur Modellierung von Kreditausfallwahrscheinlichkeiten: Logit- und Probit-Modelle. In: Zfbf, 55 (2003) 8, S. 790-822.
- Kassberger/Wentges (1999): Kassberger, S./Wentges, P.: Die Schätzung der Ausfallwahrscheinlichkeiten von Unternehmen. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 23-50.
- Kastner (2001): Kastner, C.: Fehlende Werte bei korrelierten Beobachtungen, Frankfurt am Main [u.a.], 2001.
- Kealhofer (2003): Kealhofer, S.: Quantifying Credit Risk I: Default Prediction. In: Financial Analysts Journal, 59 (2003) 1, S. 30-44.
- Kealhofer/Bohn (2001): Kealhofer, S./Bohn, J. R.: Portfolio Management of Default Risk (Working Paper), San Francisco, 2001,
- Kendall (1980): Kendall, M.: Multivariate Analysis, 2nd Edition, London, 1980.
- Kern (2001): Kern, M.: Anwendbarkeit neuerer Kreditrisikomodelle auf mittelständische Portfolios. Baden-Baden, 2001, S. 207-223.
- Keysberg (1989): Keysberg, G.: Die Anwendung der Diskriminanzanalyse zur statistischen Kreditwürdigkeitsprüfung im Konsumentenkreditgeschäft, Köln, 1989.
- Kiesel/Schmid (2000): Kiesel, R./Schmid, B.: Aspekte der stochastischen Modellierung von Ausfallwahrscheinlichkeiten in Kreditportfoliomodellen. Stuttgart, 2000, S. 51-83.
- Kilb (2002): Kilb, T.: Credit Rating in Banken: interne Verfahren im Vergleich, St. Gallen, 2002.
- 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. (Hrsg): Das Firmenkundengeschäft - ein Wertvernichter?: Beiträge zum Münsteraner Top-Management-Seminar, Frankfurt am Main, 2001, S. 101-129.
- Kleine (2003): Kleine, A.: Zur Optimierung des Value at Risk und des Conditional Value at Risk (Working Paper), Stuttgart, 2003, [http://www.ufo.uni-hohenheim.de/infos/pdf\\_files/disku0903.pdf](http://www.ufo.uni-hohenheim.de/infos/pdf_files/disku0903.pdf).
- Knapp (2002): Knapp, M.: Zeitabhängige Kreditportfoliomodelle, Wiesbaden, 2002.

- Knapp/Hamerle (1999): Knapp, M./Hamerle, A.: Multi-Faktor-Modell zur Bestimmung segment-spezifischer Ausfallwahrscheinlichkeiten für die Kredit-Portfolio-Steuerung. In: *Wirtschaftsinformatik*, 41 (1999) 2, S. 138-144.
- Knight (1971): Knight, F. H.: *Risk, Uncertainty and Profit*, Chicago [u.a.], 1971.
- Krahen/Weber (2001): Krahen, J. P./Weber, M.: Generally accepted Rating Principles: A Primer. In: *Journal of Banking & Finance*, 25 (2001) 1, S. 3-23.
- Krause (1993): Krause, C.: *Kreditwürdigkeitsprüfung mit Neuronalen Netzen*, Düsseldorf, 1993.
- Kreische/Martin (2004): Kreische, K./Martin, M. R.: Anforderungen an die Risikoklassifizierungsverfahren. In: Becker, A./Gruber, W./Wohlert, D. (Hrsg): *Handbuch Bankenaufsichtliche Entwicklungen*, Stuttgart, 2004, S. 227-258.
- Kretschmer (1999): Kretschmer, J.: CreditRisk+ - Ein portfolioorientiertes Kreditrisikomodel. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): *Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate*, Stuttgart, 1999, S. 359-384.
- Kuhner (2001): Kuhner, C.: Financial Rating Agencies: Are they credible?: Insights into the Reporting Incentives of Rating Agencies in Times of enhanced Systemic Risk. In: *Schmalenbach Business Review*, 53 (2001) 1, S. 2-26.
- Kürsten/Straßberger (2004): Kürsten, W./Straßberger, M.: Risikomessung, Risikomaße und Value-at-Risk. In: *Das Wirtschaftsstudium*, 33 (2004) 2, S. 202-207.
- Lamberti (2005): Lamberti, H.: Neue Herausforderungen für Banken und Aufsicht. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 58 (2005) 10, S. 510-522.
- Leker/Schewe (1998): Leker, J./Schewe, G.: Beurteilung des Kreditausfallrisikos im Firmenkundengeschäft der Banken. In: *Zfbf*, 50 (1998) 10, S. 877-891.
- Lemke (2004): Lemke, R.: Haftungsausschluss bei Ratingagenturen. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): *Handbuch Ratingpraxis*, Wiesbaden, 2004, S. 721-733.
- Li (2000): Li, D. X.: *On Default Correlation: A Copula Function Approach (Working Paper)*, New York, 2000, [http://www.defaultrisk.com/\\_pdf6j4/On%20Default%20Correlation-%20A%20Copula%20Function%20Approach.pdf](http://www.defaultrisk.com/_pdf6j4/On%20Default%20Correlation-%20A%20Copula%20Function%20Approach.pdf).
- Liebig et al. (2005): Liebig, T./Baritsch, V./Bennett, R. L./Birn, M./Blochwitz, S.: *Studies on the Validation of Internal Rating Systems*, Basel, 2005.
- Linhart (1959): Linhart, H.: Techniques for Discriminant Analysis with Discrete Variables. In: *Metrika*, 2 (1959) S. 138-149.
- Lipponer (2000): Lipponer, A.: *Kreditportfoliomanagement*, Heidelberg, 2000.
- Loch/Thelen-Pischke (2004): Loch, F./Thelen-Pischke, H.: Basel II - Finales Rahmenwerk veröffentlicht - Start für den fortgeschrittenen IRB-Ansatz erst Ende 2007. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 57 (2004) 14, S. 732-733.
- Loeper (2004): Loeper, E.: Aufsichtlicher Überprüfungsprozess im Rahmen des neuen Baseler Akkords. In: Hofmann, G. (Hrsg): *Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen*, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 265-283.

- Lohrbach (1994): Lohrbach, T.: Einsatz von Künstlichen Neuronalen Netzen für ausgewählte betriebswirtschaftliche Aufgabenstellungen und Vergleich mit konventionellen Lösungsverfahren, Göttingen [u.a.], 1994.
- Lopez (2002): Lopez, J. A.: The Empirical Relationship between Average Asset Correlation, Firm Probability of Default and Asset Size (Working Paper), San Francisco, 2002, <http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2002/wp02-05bk.pdf>.
- Lopez/Saidenberg (2000): Lopez, J. A./Saidenberg, M. R.: Evaluating Credit Risk Models. In: Journal of Banking & Finance, 24 (2000) 1/2, S. 151-165.
- Lucas (1995): Lucas, D. J.: Default Correlation and Credit Analysis. In: The Journal of Fixed Income, 4 (1995) 4, S. 76-87.
- Löwe/Tiebing (2005): Löwe, D./Tiebing, O.: Bonitätsbeurteilung im aufsichtsrechtlichen Kontext. In: Kredit & Rating Praxis, (2005) 5, S. 14-17.
- Machauer (1998): Machauer, A.: Bank Behavior based on Internal Credit Ratings of Borrowers. In: Journal of Banking & Finance, 22 (1998) 10/11, S. 1355-1383.
- Mahadevan et al. (2006): Mahadevan, S./Lee, Y./Hjort, V./Schwartz, D./Dulake, S.: Valuing Corporate Credit: Quantitative Approaches versus Fundamental Analysis. In: Fabozzi, F. J./Martellini, L./Priault, P. (Hrsg): Advanced Bond Portfolio Management: Best Practices in Modeling and Strategies, Hoboken, NJ, 2006, S. 313-354.
- Meier (2004): Meier, C.: Risikotreiber in einem Kreditportfolio: von den Risikogewichten in Basel II zu einem umfassenden Kreditrisikomodell. In: Der Schweizer Treuhänder, 78 (2004) 4, S. 255-260.
- Merkl/Stäblein (2004): Merkl, M./Stäblein, F.: Konzeption und Umsetzung des internen Ratingansatzes aus Sicht einer Landesbank. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 163-180.
- 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.
- Meyer (1999): Meyer, C.: Value at Risk für Kreditinstitute: Erfassung des aggregierten Marktrisikopotentials, Wiesbaden, 1999.
- Meyer zu Selhausen (2004): Meyer zu Selhausen, H.: Das Modellrisiko der Kreditportfoliorisikomodelle - Konzeptionalisierung und Ursachen. In: Burkhardt, T./Körnert, J./Walther, U. (Hrsg): Banken, Finanzierung und Unternehmensführung, Berlin, 2004, S. 273-296.
- Meyer-Parpart (1996): Meyer-Parpart, W.: Ratingkriterien für Unternehmen. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 111-173.
- Millon/Thakor (1985): Millon, M. H./Thakor, A. V.: Moral Hazard and Information Sharing: A Model of Financial Information gathering Agencies. In: The Journal of Finance, 40 (1985) 5, S. 1403-1422.
- Modigliani/Miller (1958): Modigliani, F./Miller, M. H.: The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. In: The American Economic Review, 48 (1958) 3, S. 261-297.
- Moody's Investors Service (1998): Moody's Investors Service: Industrial Company Rating Methodology, New York, 1998.

- Moody's Investors Service (1999): Moody's Investors Service: Opening The Black Box: The Rating Committee Process at Moody's, New York, 1999.
- Moody's Investors Service (2000): Moody's Investors Service: Opening the Black Box: How Moody's Rates Defense Contractors Worldwide (Special Comment), New York, 2000.
- Moody's Investors Service (2005): Moody's Investors Service: Default and Recovery Rates of Corporate Bond Issuers, 1920-2004 (Special Comment), New York, 2005.
- Munsch (2006): Munsch, M.: Externes Rating - Ratingprozess und Ratingkriterien am Beispiel der Creditreform Rating AG. In: Reichmann, T. P. U. (Hrsg): Rating nach Basel II: Herausforderungen für den Mittelstand, München, 2006, S. 233-254.
- Munsch/Weiß (2002): Munsch, M./Weiß, B.: Externes Rating: Finanzdienstleistung und Entscheidungshilfe, 3. Auflage, Berlin, 2002.
- Müller (1996): Müller, H.: Funktionen des Rating für Banken. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 327-343.
- Müller (1997): Müller, J.: DV-gestützte Systeme zur Kreditwürdigkeitsprüfung bei Kreditversicherungen, Göttingen, 1997.
- Müller (2006): Müller, U.: Rating der National-Bank: Kriterien, Bewertungen und Notenskalen. In: Reichmann, T./Pyszny, U. (Hrsg): Rating nach Basel II: Herausforderungen für den Mittelstand, München, 2006, S. 55-72.
- Müller-Masiá et al. (2005): Müller-Masiá, C./Hahnenstein, L./Holzberger, H./Söhlke, T.: Verwendung von Ratinginformationen in der modernen Banksteuerung. In: Neupel, J./Rudolph, B./Hahnenstein, L. (Hrsg): Sonderheft Zfbf: Aktuelle Entwicklungen im Bankcontrolling: Rating, Gesamtbanksteuerung und Basel II, Düsseldorf [u.a.], 2005, S. 55-95.
- Naumann (2004): Naumann, T. K.: Bewertung der Offenlegungspflichten aus Sicht der Banken. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 365-377.
- Niehaus (1987): Niehaus, H. J.: Früherkennung von Unternehmenskrisen, Düsseldorf, 1987.
- Niethen (2001): Niethen, S.: Korrelationskonzepte zur Quantifizierung von Kreditausfallrisiken, Bad Soden/Ts., 2001.
- Norden/Weber (2005): Norden, L./Weber, M.: Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung von Rating-systemen durch Markt und Staat. In: Neupel, J./Rudolph, B./Hahnenstein, L. (Hrsg): Sonderheft Zfbf: Aktuelle Entwicklungen im Bankcontrolling: Rating, Gesamtbanksteuerung und Basel II, Düsseldorf [u.a.], 2005, S. 31-54.
- Oehler/Unser (2002): Oehler, A./Unser, M.: Finanzwirtschaftliches Risikomanagement, 2. Auflage, Berlin [u.a.], 2002.
- Oehler/Volmar/Schark (2003): Oehler, C./Volmar, U./Schark, E.: Datenpools für interne Ratings. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 56 (2003) 9, S. 458-463.
- Offerhaus (2004): Offerhaus, J.: Informationsstand und -bedarf zu Ratings - eine empirische Erhebung. In: Achleitner, A./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Ratingpraxis, Wiesbaden, 2004, S. 107-119.



- Offermann (2001): Offermann, C.: Kreditderivate: Implikationen für das Kreditportfoliomanagement 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. Stuttgart, 1999, S. 103-119.
- Overbeck/Stahl (1998): Overbeck, L./Stahl, G.: Stochastische Modelle im Risikomanagement des Kreditportfolios. In: Oehler, A. (Hrsg): Credit Risk und Value-at-Risk Alternativen, Stuttgart, 1998, S. 77-110.
- Overbeck/Stahl (2003): Overbeck, L./Stahl, G.: Stochastic Essentials for the Risk Management of Credit Portfolios. In: Kredit und Kapital, 36 (2003) 1, S. 52-81.
- Partnoy (2002): Partnoy, F.: The Paradox of Credit Ratings. In: Levich, R. M./Majnoni, G./Reinhart, C. M. (Hrsg): Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System, Boston, Mass. [u.a.], 2002, S. 65-95.
- Parzen (1962): Parzen, E.: On Estimation of a Probability Density Function Mode. In: The Annals of Mathematical Statistics, 33 (1962) 3, S. 1065-1076.
- Paul (1996): Paul, W.: Rating als Instrument des Finanzmarketing. In: Büschgen, H. E./Everling Oliver, (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 373-419.
- Paul (2004a): Paul, S.: Überwachung der Banken unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 303-333.
- Paul (2004b): Paul, S.: Basel II im Überblick. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 5-58.
- Paul/Brütting (2004): Paul, S./Brütting, C.: Bankaufsichtsrechtliche Anerkennung interner Risikomodelle: ein institutionelles Vorbild für die Bankrechnungslegung? In: Lange, T./Löw, E. (Hrsg): Rechnungslegung, Steuerung und Aufsicht von Banken: Kapitalmarktorientierung und Internationalisierung; Festschrift zum 60. Geburtstag von Jürgen Krumnow, Wiesbaden, 2004, S. 405-432.
- Paul/Stein/Kaltoven (2004): Paul, S./Stein, S./Kaltoven, D.: Kapitalanforderung für Retail-Portfolios nach Basel II. In: Die Bank, (2004) 5, S. 342-349.
- Pechtl (1999): Pechtl, A.: Rationales Risikomanagement - Bewertungsansätze für Ausfallrisiken. Stuttgart, 1999, S. 179-225.
- Pesaran et al. (2006): Pesaran, M./Schuermann, T./Tretler, B.-J./Weiner, S.: Macroeconomic Dynamics and Credit Risk: A Global Perspective. In: Journal of Money, Credit and Banking, 38 (2006) 5, S. 1211-1262.
- Peukert/Fleischer (2002): Peukert, T./Fleischer, S.: Rating aus Bankensicht - Entwicklungstendenzen vor dem Hintergrund von Basel II. In: Controller-Magazin, (2002) 6, S. 595-598.

- Pfeiffer (1999): Pfeiffer, T.: Kapitalmarktorientierte Konzepte des Kreditrisikomanagements. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 227-242.
- Pinches/Singleton (1978): Pinches, G. E./Singleton, J. C.: The Adjustment of Stock Prices to Bond Rating Changes. In: The Journal of Finance, 33 (1978) 1, S. 29-44.
- Poon (2003): Poon, W. P.: Are Unsolicited Credit Ratings Biased Downward? In: Journal of Banking & Finance, 27 (2003) 4, S. 593-614.
- Poon/Firth (2005): Poon, W. P./Firth, M.: Are Unsolicited Credit Ratings Lower? International Evidence from Bank Ratings. In: Journal of Business Finance & Accounting, 32 (2005) 9, S. 1741-1772.
- Propach/Reuse (2003): Propach, J./Reuse, S.: Data Warehouses in der Gesamtbanksteuerung - Entwicklung eines idealen Banken Data Warehouses und empirische Untersuchung des Status quo. In: Controlling, 15 (2003) 6, S. 323-330.
- Puppe (1991): Puppe, F.: Einführung in Expertensysteme, 2. Auflage, Berlin [u.a.], 1991.
- Rau-Bredow (2001): Rau-Bredow, H.: Kreditrisikomodellierung und Risikogewichte im Neuen Basler Accord. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 54 (2001) 18, S. 1004-1005.
- Rau-Bredow (2002): Rau-Bredow, H.: Value at Risk, Expected Shortfall and Marginal Risk Contribution (Working Paper), Würzburg, 2002, <http://www.wifak.uni-wuerzburg.de/wilan/wifak/bwl/bwl4/download/Value.pdf>.
- Rehm (2002): Rehm, F. C.: Kreditrisikomodelle: Bewertung von Kreditderivaten und Portfoliomodellen zur Kreditrisikomessung, Berlin, 2002.
- Rehnert (1999): Rehnert, H.: Kreditrisikocontrolling in Sparkassen - Mosaikstein der Gesamtbanksteuerung. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 385-422.
- Reichardt-Petry (2005): Reichardt-Petry, K.: Basel II: vom Kredit über die kreditrisikomindernden Techniken bis zur Verbriefung. In: Gruber, J./Gruber, W./Braun, H. (Hrsg): Praktiker-Handbuch Asset-Backed-Securities und Kreditderivate: Strukturen, Preisbildung, Anwendungsmöglichkeiten, aufsichtliche Behandlung, Stuttgart, 2005, S. 349-395.
- Ritchken (1987): Ritchken, P. H.: Options: Theory, Strategy and Applications, Glenview [u.a.], 1987.
- Rockafellar/Uryasev (2000): Rockafellar, R. T./Uryasev, S.: Optimization of Conditional Value-at-Risk. In: Journal of Risk, 2 (2000) 3, S. 21-41.
- Rohmann (2000): Rohmann, M.: Risikoadjustierte Steuerung von Ausfallrisiken in Banken, Bonn, 2000.
- Rolfes/Emse (2000): Rolfes, B./Emse, C.: Rating-basierte Ansätze zur Bemessung der Eigenkapitalunterlegung von Kreditrisiken (Working Paper), Duisburg, 2000, <http://www.ecfs.de/pdf/FolntRat.pdf>.
- Romer/McCambley (2003): Romer, M./McCambley, M. S.: Internal Rating Systems and Collateralised Loan Obligations. In: Ong, M. K. (Hrsg): Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk, London, 2003, S. 472-477.
- Rosenblatt (1956): Rosenblatt, M.: Remarks on some Nonparametric Estimates of a Density Function. In: The Annals of Mathematical Statistics, 27 (1956) 3, S. 832-837.

- Rowe/Jovic/Beutler (2003): Rowe, D. M./Jovic, D./Beutler, M.: Regulatory Issues on Credit Ratings. In: Ong, M. K. (Hrsg): Credit Ratings - Methodologies, Rationale and Default Risk, London, 2003, S. 315-334.
- Rudolf (2000): Rudolf, M.: Monte Carlo Simulation im Risikomanagement. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 29 (2000) 7, S. 381-387.
- Rösch (2001): Rösch, D.: Informationsgehalt des Ratings und Ausfallraten im Konjunkturzyklus (Working Paper), Regensburg, 2001,
- Rösch (2005): Rösch, D.: An Empirical Comparison of Default Risk Forecasts from Alternative Credit Rating Philosophies. In: International Journal of Forecasting, 21 (2005) 1, S. 37-51.
- Rösch/Scheule (2004): Rösch, D./Scheule, H.: Forecasting Retail Portfolio Credit Risk. In: Journal of Risk Finance, 5 (2004) S. 16-32.
- Rösch/Winterfeldt (2006): Rösch, D./Winterfeldt, B.: Estimating Credit Contagion in a Standard Factor Model (Working Paper), Regensburg, 2006, [http://www.wiwi.uni-regensburg.de/hamerle/mitarbeiter/assistenten/roesch/CreditContagion\\_20061004.pdf](http://www.wiwi.uni-regensburg.de/hamerle/mitarbeiter/assistenten/roesch/CreditContagion_20061004.pdf).
- Scheule (2003): Scheule, H.: Prognose von Kreditausfallrisiken, Bad Soden / Ts., 2003.
- Scheule (2005): Scheule, H.: Bewertung von Kreditportfoliorisiken. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 34 (2005) 9, S. 538-540.
- Schierenbeck (2003a): Schierenbeck, H.: Ertragsorientiertes Bankmanagement - Band 1: Grundlagen, Marktzinsmethode und Rentabilitäts-Controlling, 8. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- Schierenbeck (2003b): Schierenbeck, H.: Ertragsorientiertes Bankmanagement - Band 2: Risiko-Controlling und integrierte Rendite-/Risikosteuerung, 8. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- Schiller/Tytko (2001): Schiller, B./Tytko, D.: Risikomanagement im Kreditgeschäft: Grundlagen, neuere Entwicklungen und Anwendungsbeispiele, Stuttgart, 2001.
- Schinker/Bange/Mertens (1999): Schinker, H. D./Bange, C./Mertens, H.: Data Warehouse und Data Mining: marktführende Produkte im Vergleich, 2. Auflage, München, 1999.
- Schlüter (2005): Schlüter, B.: Empirische Analyse der Bedeutung interner Informationen von Kreditinstituten für die Bonitätsprüfung, Aachen, 2005.
- Schmid (2004): Schmid, B.: Credit Risk Pricing Models: Theory and Practice, 2nd Edition, Berlin [u.a.], 2004.
- Schmidt (2004): Schmidt, A.: Interner Rating-Ansatz aus Sicht einer Geschäftsbank. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 93-109.
- Schnabel (1996): Schnabel, H.: Die Funktion des Rating für deutsche Industrieunternehmen als Emittenten. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 305-325.
- Schuermann (2004): Schuermann, T.: What Do We Know About Loss-Given-Default? (Working Paper), New York, 2004, [http://www.newyorkfed.org/research/economists/schuermann/Schuermann\\_LGD\\_what\\_do\\_we\\_know1\\_1.pdf](http://www.newyorkfed.org/research/economists/schuermann/Schuermann_LGD_what_do_we_know1_1.pdf).

- Schulte (1994): Schulte, M.: Integration der Betriebskosten in das Risikomanagement von Kreditinstituten, Wiesbaden, 1994.
- Schulte-Mattler/Manns (2005): Schulte-Mattler, H./Manns, T.: Risk Mitigation Techniques: Das Kreditrisiko reduzieren. In: Die Bank, (2005) 5, S. 55-60.
- Schulte-Mattler/Tysiak (2002): Schulte-Mattler, H./Tysiak, W.: Basel II: neue IRB-Formel für den Mittelstand. In: Die Bank, (2002) 12, S. 836-841.
- Schulte-Mattler/von Kenne (2004): Schulte-Mattler, H./von Kenne, U.: Basel II Framework - Meilenstein in der Bankenaufsicht. In: Die Bank, (2004) 9, S. 37-40.
- Schulte/Horsch (2002): Schulte, M./Horsch, A.: Wertorientierte Banksteuerung II: Risikomanagement, Frankfurt am Main, 2002.
- Schulze/Rujner (2004): Schulze, O./Rujner, H.: Historisierung von Ratinginformationen - Ratingdaten voll im Griff. In: Geldinstitute, (2004) 5, S. 22-23.
- Schumann (1991): Schumann, M.: Neuronale Netze zur Entscheidungsunterstützung in der Betriebswirtschaft. In: Biethahn, J./Bloech, J./Bogaschewsky, R./Hoppe, U. (Hrsg): Wissensbasierte Systeme in der Wirtschaft 1991: Anwendungen und Tools, Wiesbaden, 1991, S. 23-50.
- Schwaiger/Thym (1999): Schwaiger, W. S. A./Thym, C.: Arbitragefreie Bewertung von ausfallgefährdeten Anleihen (Krediten) und Kreditderivaten. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 243-266.
- Schwarz (2004): Schwarz, M.: Management bankaufsichtsrechtlicher Eigenmittelanforderungen, Frankfurt am Main, 2004.
- Schwicht/Neske (1997): Schwicht, P./Neske, C.: CreditMetrics - neues System zur Risikoanalyse. In: Die Bank, (1997) 8, S. 470-473.
- Schäfer (2002): Schäfer, R.: Länderrating im Firmenkundengeschäft. In: Juncker, K./Priewasser, E. (Hrsg): Handbuch Firmenkundengeschäft: Technologie, Rating und Risikosteuerung als Kernkompetenz der Banken, Frankfurt am Main, 2002, S. 321-333.
- Schönbucher (2000a): Schönbucher, P. J.: Factor Models for Portfolio Credit Risk (Working Paper), Bonn, 2000, [http://www.math.ethz.ch/~schonbuc/papers/portfolio\\_fo.pdf](http://www.math.ethz.ch/~schonbuc/papers/portfolio_fo.pdf).
- Schönbucher (2000b): Schönbucher, P. J.: Kreditrisikomodelle zur Bewertung von Kreditderivaten. Stuttgart, 2000, S. 569-623.
- Schönbucher/Schubert (2001): Schönbucher, P. J./Schubert, D.: Copula-Dependent Default Risk in Intensity Models (Working Paper), Bonn, 2001, [http://www.defaultrisk.com/\\_pdf6j4/Copula-Dependent\\_Default\\_Rsk\\_Intnst\\_Mdls.pdf](http://www.defaultrisk.com/_pdf6j4/Copula-Dependent_Default_Rsk_Intnst_Mdls.pdf).
- Schüler (2002): Schüler, T.: Rating und Kreditvergabe an mittelständische Unternehmen, Lohmar [u.a.], 2002.
- Seifert (1984): Seifert, E.: Privilegierung und Regulierung im Bankwesen, Baden-Baden, 1984.
- Servigny/Renault (2003): Servigny, A. d./Renault, O.: Correlation Evidence. In: Risk, 16 (2003) 7, S. 90-94.

- Smith/Walter (2002): Smith, R. C./Walter, I.: Rating Agencies: Is there an Agency Issue? In: Levich, R. M./Majnoni, G./Reinhart, C. M. (Hrsg): Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System, Boston, Mass. [u.a.], 2002, S. 289-318.
- Sobehart et al. (2000): Sobehart, J. R./Stein, R. M./Mikityanskaya, V./Li, L.: Moody's Public Firm Risk Model: A Hybrid Approach to Modeling Short Term Default Risk (Working Paper), New York, 2000,
- Sobehart/Keenan (2001): Sobehart, J./Keenan, S.: Measuring Default Accurately. In: Risk (Credit Risk Special Report), (2001), S. 531-533.
- Sobehart/Keenan/Stein (2000): Sobehart, J. R./Keenan, S./Stein, R.: Benchmarking Quantitative Default Risk Models: A Validation Methodology (Working Paper), New York, 2000, <http://www.moodysqra.com/us/research/crm/53621.pdf>.
- Sobehart/Keenan/Stein (2003): Sobehart, J. R./Keenan, S. C./Stein, R.: Complexities and Validation of Default Risk Models. In: Gaeta, G. (Hrsg): Frontiers in Credit Risk: Concepts and Techniques for Applied Credit Risk Measurement, Singapore [u.a.], 2003, S. 179-211.
- Spellmann (2002): Spellmann, F.: Gesamtrisiko-Messung von Banken und Unternehmen, Wiesbaden, 2002.
- Standard & Poor's (2006): Standard & Poor's: Corporate Ratings Criteria, New York, 2006.
- Steiner (1992): Steiner, M.: Rating: Risikobeurteilung von Emittenten durch Rating-Agenturen. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 21 (1992) 10, S. 509-515.
- Steiner (1999): Steiner, A.: Data Warehouse und Data Mining. In: Moormann, J./Fischer, T. (Hrsg): Handbuch Informationstechnologie in Banken, Wiesbaden, 1999, S. 317-328.
- Steiner/Bruns (2000): Steiner, M./Bruns, C.: Wertpapiermanagement, 7. Auflage, Stuttgart, 2000.
- Steiner/Henke (1996): Steiner, M./Henke, V. G.: Rating aus Sicht der modernen Finanzierungstheorie. In: Büschgen, H. E./Everling, O. (Hrsg): Handbuch Rating, Wiesbaden, 1996, S. 579-628.
- Steiner/Starbatty (2003): Steiner, M./Starbatty, N.: Basel II und die Bedeutung von Ratings. In: Zeitschrift Führung + Organisation, 72 (2003) 1, S. 20-26.
- Struckmeier (1997): Struckmeier, H.: Gestaltung von Führungsinformationssystemen: betriebswirtschaftliche Konzeption und Softwareanforderungen, Wiesbaden, 1997.
- Süchting/Paul (1998): Süchting, J./Paul, S.: Bankmanagement, 4. Auflage, Stuttgart, 1998.
- Tasche (2002): Tasche, D.: Expected Shortfall and Beyond. In: Journal of Banking & Finance, 26 (2002) 7, S. 1519-1533.
- Taylor (2003): Taylor, J.: Risk-Grading Philosophy: Through the Cycle versus Point in Time. In: RMA - The Risk Management Association Philadelphia, 86 (2003) 3, S. 32-39.
- Tchistiakov/Smet/Hoogbruin (2004): Tchistiakov, V./Smet, J. d./Hoogbruin, P.: A Credit Loss Control Variable. In: Risk, 17 (2004) 7, S. 81-86.
- Theiler (2001): Theiler, U.: Risk-/Return-orientierte Optimierung des Gesamtbank-Portfolios unter Verwendung des Conditional Value At Risk (Working Paper), 2001, <http://www.uni-duisburg.de/or2001/pdf/Sek%2005%20-%20Theiler.pdf>.

- Theiler (2002): Theiler, U.: Optimierungsverfahren zur Risk-/Return-Steuerung der Gesamtbank, Wiesbaden, 2002.
- Thelen-Pischke (2005): Thelen-Pischke, H.: Internationale Rechnungslegung und aufsichtsrechtliche Kapitalanforderungen. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 58 (2005) 3, S. 140-144.
- Thonabauer/Nösslinger (2004): Thonabauer, G./Nösslinger, B.: Ratingmodelle und -validierung (Working Paper), Wien, 2004, [http://www.oenb.at/de/img/ratingmodelle\\_tcm14-16319.pdf](http://www.oenb.at/de/img/ratingmodelle_tcm14-16319.pdf).
- Treacy/Carey (1998): Treacy, W. F./Carey, M. S.: Credit Risk Rating at large U.S. Banks. In: Federal Reserve Bulletin, 84 (1998) 11, S. 897-921.
- Treacy/Carey (2000): Treacy, W./Carey, M.: Credit Risk Rating Systems at large US Banks. In: Journal of Banking & Finance, 24 (2000) 1, S. 167-202.
- Übelhör/Warns (2004a): Übelhör, M./Warns, C.: Grundlagen der neuen Eigenkapitalvereinbarung. In: Übelhör, M./Warns, C./Nitschke, A./Brockmann, H. (Hrsg): Basel II: Auswirkungen auf die Finanzierung, Heidenau, 2004, S. 13-41.
- Übelhör/Warns (2004b): Übelhör, M./Warns, C.: Grundlagen der neuen Eigenkapitalvereinbarung. In: Übelhör, M./Warns, C./Nitschke, A./Brockmann, H. (Hrsg): Basel II: Auswirkungen auf die Finanzierung - Unternehmen und Banken im Strukturwandel, Heidenau, 2004, S. 13-41.
- Uhlir/Aussenegg (1996): Uhlir, H./Aussenegg, W.: Value-at-Risk (VaR) - Einführung und Methodenüberblick. In: Bank-Archiv Wien, 44 (1996) 11, S. 831-836.
- Unal/Madan/Güntay (2003): Unal, H./Madan, D. B./Güntay, L.: Pricing the Risk of Recovery in Default with Absolute Priority Rule Violation. In: Journal of Banking & Finance, 27 (2003) 6, S. 1001-1025.
- Uthoff (1997): Uthoff, C.: Erfolgsoptimale Kreditwürdigkeitsprüfung auf der Basis von Jahresabschlüssen und Wirtschaftsauskünften mit Künstlichen Neuronalen Netzen, Stuttgart, 1997.
- van Aubel (2000): van Aubel, P.: Anleiherating und Bonitätsrisiko: Eine empirische Untersuchung der Renditespreads am deutschen Markt, Dresden, 2000.
- Varnholt (1997): Varnholt, B.: Modernes Kreditrisikomanagement, Zürich, 1997.
- Vazza/Aurora/Schneck (2005a): Vazza, D./Aurora, D./Schneck, R.: Standard & Poor's Quarterly Default Update & Rating Transitions, New York, 2005.
- Vazza/Aurora/Schneck (2005b): Vazza, D./Aurora, D./Schneck, R.: Standard & Poor's Annual Global Corporate Default Study: Corporate Defaults Poised to Rise in 2005, New York, 2005.
- Vazza/Aurora/Schneck (2006): Vazza, D./Aurora, D./Schneck, R.: Standard & Poor's Annual 2005 Global Corporate Default Study and Rating Transitions, New York, 2006.
- Völker (2001): Völker, J.: Value-at-Risk-Modelle in Banken: Quantifizierung des Risikopotentials im Portfoliokontext und Anwendung zur Risiko- und Geschäftssteuerung, Berlin, 2001.
- Wahrenburg (2005): Wahrenburg, M.: Pooling von internen Ratingdaten - Anwendungen und Perspektiven. In: Neupel, J./Rudolph, B./Hahnenstein, L. (Hrsg): Sonderheft Zfbf: Aktuelle Entwicklungen im Bankcontrolling: Rating, Gesamtbanksteuerung und Basel II, Düsseldorf [u.a.], 2005, S. 97-117.

- Wahrenburg/Niethen (2000a): Wahrenburg, M./Niethen, S.: Vergleichende Analyse alternativer Kreditrisikomodelle. In: *Kredit und Kapital*, (2000) 2, S. 235-257.
- Wahrenburg/Niethen (2000b): Wahrenburg, M./Niethen, S.: Portfolioeffekte bei der Kreditrisikomodellierung. In: Rudolph, B./Johanning, L. (Hrsg): *Handbuch Risikomanagement (Band 1)*, Bad Soden/Ts., 2000, S. 491-523.
- Weber (2004): Weber, S.: *Measures and Models of Financial Risk*, Berlin, 2004.
- Weber/Krahen/Voßmann (1999): Weber, M./Krahen, J. P./Voßmann, F.: Risikomessung im Kreditgeschäft: eine empirische Analyse bankinterner Ratingverfahren. In: Gebhardt, G./Pellens, B. (Hrsg): *Zfbf Sonderheft Nr. 41: Rechnungswesen und Kapitalmarkt*, Düsseldorf [u.a.], 1999, S. 117-142.
- Wehrspohn (2001): Wehrspohn, U.: Standardabweichung und Value at Risk als Maße für das Kreditrisiko. In: *Die Bank*, (2001) 8, S. 582-588.
- Wehrspohn (2002a): Wehrspohn, U.: *Credit Risk Evaluation: Modeling - Analysis - Management*, Heidelberg, 2002.
- Wehrspohn (2002b): Wehrspohn, U.: Bestimmung von Ausfallwahrscheinlichkeiten (2): Marktbasierende Verfahren. In: *Risknews*, (2002) 07, S. 9-23.
- Wehrspohn (2005a): Wehrspohn, U.: Marktdatenbasierte Verfahren zur Bestimmung von Ausfallwahrscheinlichkeiten. In: Romeike, F. (Hrsg): *Modernes Risikomanagement - Die Markt-, Kredit- und operationellen Risiken zukunftsorientiert steuern*, Weinheim, 2005, S. 99-118.
- Wehrspohn (2005b): Wehrspohn, U.: Das kanonische Verfahren zur Bestimmung von Ausfallwahrscheinlichkeiten. In: Romeike, F. (Hrsg): *Modernes Risikomanagement: Die Markt-, Kredit- und operationellen Risiken zukunftsorientiert steuern*, Weinheim, 2005, S. 85-98.
- Wei (2003): Wei, J. Z.: A Multi-Factor, Credit Migration Model for Sovereign and Corporate Debts. In: *Journal of International Money and Finance*, 22 (2003) 5, S. 709-736.
- White (2002): White, L. J.: The Credit Rating Industry: An Industrial Organization Analysis. In: Levich, R. M./Majnoni, G./Reinhart, C. M. (Hrsg): *Ratings, Rating Agencies and the Global Financial System*, Boston, Mass. [u.a.], 2002, S. 41-63.
- Wieben (2004): Wieben, H.: *Credit Rating und Risikomanagement: Vergleich und Weiterentwicklung der Analysekonzepte*, Wiesbaden, 2004.
- Wiedemann (2004): Wiedemann, A.: *Risikotriade: Zins-, Kredit- und operationelle Risiken*, Frankfurt am Main, 2004.
- Wiedemeier (2001): Wiedemeier, I.: Marktdeduzierte Verfahren zur Integration von Kreditrisiken in die Unternehmenssteuerung. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): *Handbuch Gesamtbanksteuerung: Integration von Markt-, Kredit- und operationalen Risiken*, Stuttgart, 2001, S. 335-362.
- Wieners (2006): Wieners, J. P.: Enterprise Risk Management: Softwarelösungen für Basel II. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen - Ausgabe Technik*, (2006) 1, S. 9-10.
- Wilde (1997): Wilde, T.: *CreditRisk+ - A Credit Risk Framework*, London, 1997.

- Wilkens/Baule/Entrop (2004a): Wilkens, M./Baule, R./Entrop, O.: Erfassung des Kreditrisikos nach Basel II - Eine Reflexion aus wissenschaftlicher Sicht. In: Hofmann, G. (Hrsg): Basel II und MaK - Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Bewertungen, 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2004, S. 61-92.
- Wilkens/Baule/Entrop (2004b): Wilkens, M./Baule, R./Entrop, O.: IRB-Ansatz in Basel II - die Behandlung erwarteter Verluste. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 57 (2004) 14, S. 734-737.
- Wilkens/Entrop/Scholz (2002): Wilkens, M./Entrop, O./Scholz, H.: Eigenkapitalanforderungen für Kreditrisiken - Analyse des modifizierten IRB-Ansatzes. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 55 (2002) 3-4, S. 141-146.
- Wilkens/Entrop/Völker (2001): Wilkens, M./Entrop, O./Völker, J.: Strukturen und Methoden von Basel II - Grundlegende Veränderungen der Bankenaufsicht. In: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 54 (2001) 4, S. 187-193.
- Wilkens/Völker (2001): Wilkens, M./Völker, J.: Value-at-Risk: eine anwendungsorientierte Darstellung zentraler Methoden und Techniken des modernen Risikomanagements. In: Götze, U./Henselmann, K./Mikus, B. (Hrsg): Risikomanagement, Heidelberg, 2001, S. 413-442.
- Wilson (1997): Wilson, T.: Portfolio Credit Risk (I). In: Risk, 10 (1997) 9, S. 111-119.
- Wilson (1998): Wilson, T. C.: Portfolio Credit Risk. In: Economic Policy Review, 4 (1998) 3, S. 71-82.
- Wilson (1999): Wilson, T.: Value at Risk. In: Alexander, C. (Hrsg): Risk Management and Analysis - Volume I: Measuring and Modelling Financial Risk, Chichester [u.a.], 1999, S. 61-124.
- Wittrock (1995): Wittrock, C.: Messung und Analyse der Performance von Wertpapierportfolios: eine theoretische und empirische Untersuchung, Bad Soden/Ts., 1995.
- Wittrock (1996): Wittrock, C.: Gesamtbankrisikosteuerung auf Basis von Value-at-Risk-Ansätzen. In: Bank-Archiv Wien, 44 (1996) 12, S. 909-918.
- Wohlert (1999): Wohlert, D.: Die Benchmark zur Messung von Kreditrisiken: JP Morgans CreditMetrics. In: Eller, R./Gruber, W./Reif, M. (Hrsg): Handbuch Kreditrisikomodelle und Kreditderivate, Stuttgart, 1999, S. 337-358.
- Wurster (1999): Wurster, H.: IT-gestützte Verwaltung von Sicherheiten. In: Moormann, J./Fischer, T. (Hrsg): Handbuch Informationstechnologie in Banken, Wiesbaden, 1999, S. 209-226.
- Yamai/Yoshihara (2002a): Yamai, Y./Yoshihara, T.: On the Validity of Value-at-Risk: Comparative Analyses with Expected Shortfall. In: Monetary and Economic Studies, 20 (2002) 1, S. 57-85.
- Yamai/Yoshihara (2002b): Yamai, Y./Yoshihara, T.: Comparative Analyses of Expected Shortfall and Value-at-Risk: Their Estimation Error, Decomposition, and Optimization. In: Monetary and Economic Studies, 20 (2002) 1, S. 87-121.
- Zeng/Zhang (2002): Zeng, B./Zhang, J.: Measuring Credit Correlations: Equity Correlations are not Enough! (Working Paper), 2002,
- Zhou (2001): Zhou, C.: An Analysis of Default Correlations and Multiple Defaults. In: The Review of Financial Studies, 14 (2001) 2, S. 555-576.





# Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 31: Dr. rer. pol. Christian Stummeyer  
Integration von Simulationsmethoden und hochintegrierter betriebswirtschaftlicher PPS-Standardsoftware im Rahmen eines ganzheitlichen Entwicklungsansatzes  
ISBN 3-89712-874-8
- Band 32: Dr. rer. pol. Stefan Wegert  
Gestaltungsansätze zur IV-Integration von elektronischen und konventionellen Vertriebsstrukturen bei Kreditinstituten  
ISBN 3-89712-924-8
- Band 33: Dr. rer. pol. Ernst von Stegmann und Stein  
Ansätze zur Risikosteuerung einer Kreditversicherung unter Berücksichtigung von Unternehmensverflechtungen  
ISBN 3-89873-003-4
- Band 34: Dr. rer. pol. Gerald Wissel  
Konzeption eines Managementsystems für die Nutzung von internen sowie externen Wissen zur Generierung von Innovationen  
ISBN 3-89873-194-4
- Band 35: Dr. rer. pol. Wolfgang Greve-Kramer  
Konzeption internetbasierter Informationssysteme in Konzernen  
Inhaltliche, organisatorische und technische Überlegungen zur internetbasierten Informationsverarbeitung in Konzernen  
ISBN 3-89873-207-X
- Band 36: Dr. rer. pol. Tim Veil  
Internes Rechnungswesen zur Unterstützung der Führung in Unternehmensnetzwerken  
ISBN 3-89873-237-1
- Band 37: Dr. rer. pol. Mark Althans  
Konzeption eines Vertriebscontrolling-Informationssystems für Unternehmen der liberalisierten Elektrizitätswirtschaft  
ISBN 3-89873-326-2
- Band 38: Dr. rer. pol. Jörn Propach  
Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher Theater  
Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems auf der Basis Evolutionärer Algorithmen  
ISBN 3-89873-496-X

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

# Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 39: Dr. rer. pol. Jochen Heimann  
DV-gestützte Jahresabschlußanalyse  
Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz computergeschützter Verfahren zur Analyse  
und Bewertung von Jahresabschlüssen  
ISBN 3-89873-499-4
- Band 40: Dr. rer. pol. Patricia Böning Spohr  
Controlling für Medienunternehmen im Online-Markt  
Gestaltung ausgewählter Controllinginstrumente  
ISBN 3-89873-677-6
- Band 41: Dr. rer. pol. Jörg Koschate  
Methoden und Vorgehensmodelle zur strategischen Planung von  
Electronic-Business-Anwendungen  
ISBN 3-89873-808-6
- Band 42: Dr. rer. pol. Yang Liu  
A theoretical and empirical study on the data mining process for credit scoring  
ISBN 3-89873-823-X
- Band 43: Dr. rer. pol. Antonios Tzouvaras  
Referenzmodellierung für Buchverlage  
Prozess- und Klassenmodelle für den Leistungsprozess  
ISBN 3-89873-844-2
- Band 44: Dr. rer. pol. Marina Nomikos  
Hemmnisse der Nutzung Elektronischer Marktplätze aus der Sicht von kleinen  
und mittleren Unternehmen eine theoriegeleitete Untersuchung  
ISBN 3-89873-847-7
- Band 45: Dr. rer. pol. Boris Fredrich  
Wissensmanagement und Weiterbildungsmanagement  
Gestaltungs- und Kombinationsansätze im Rahmen einer lernenden Organisation  
ISBN 3-89873-870-1

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

# Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 46: Dr. rer. pol. Thomas Arens  
Methodische Auswahl von CRM Software  
Ein Referenz-Vorgehensmodell zur methodengestützten Beurteilung und Auswahl von Customer Relationship Management Informationssystemen  
ISBN 3-86537-054-3
- Band 47: Dr. rer. pol. Andreas Lackner  
Dynamische Tourenplanung mit ausgewählten Metaheuristiken  
Eine Untersuchung am Beispiel des kapazitätsrestriktiven dynamischen Tourenplanungsproblems mit Zeitfenstern  
ISBN 3-86537-084-5
- Band 48: Dr. rer. pol. Tobias Behrendorf  
Service Engineering in Versicherungsunternehmen  
unter besonderer Berücksichtigung eines Vorgehensmodells zur Unterstützung durch Informations- und Kommunikationstechnologien  
ISBN 3-86537-110-8
- Band 49: Dr. rer. pol. Michael Range  
Aufbau und Betrieb konsumentenorientierter Websites im Internet  
Vorgehen und Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen von kleinen und mittleren Online-Angeboten  
ISBN 3-86537-490-5
- Band 50: Dr. rer. pol. Gerit Grübler  
Ganzheitliches Multiprojektmanagement  
Mit einer Fallstudie in einem Konzern der Automobilzulieferindustrie  
ISBN 3-86537-544-8
- Band 51: Dr. rer. pol. Birte Pochert  
Konzeption einer unscharfen Balanced Scorecard  
Möglichkeiten der Fuzzyifizierung einer Balanced Scorecard zur Unterstützung des Strategischen Managements  
ISBN 3-86537-671-1

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

# Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn • Prof. Dr. M. Schumann

- Band 52: Dr. rer. pol. Manfred Peter Zilling  
Effizienztreiber innovativer Prozesse für den Automotive  
Aftermarket  
Implikationen aus der Anwendung von kollaborativen und integrativen  
Methoden des Supply Chain Managements  
ISBN 3-86537-790-4
- Band 53: Dr. rer. pol. Mike Hieronimus  
Strategisches Controlling von Supply Chains  
Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes unter Einbeziehung der  
Wertschöpfungspartner  
ISBN 3-86537-799-8
- Band 54: Dijana Bergmann  
Datenschutz und Datensicherheit unter  
besonderer Berücksichtigung des elektronischen  
Geschäftsverkehrs zwischen öffentlicher  
Verwaltung und privaten Unternehmen  
ISBN 3-86537-894-3
- Band 55: Jan Eric Borchert  
Operatives Innovationsmanagement in Unternehmensnetzwerken  
Gestaltung von Instrumenten für Innovationsprojekte  
ISBN 3-86537-984-2

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen



