

---

## Indextranchen von Credit Default Swaps und die Bewertung von Kreditrisikokorrelationen<sup>1</sup>

*Standardisierte Tranchen mit definiertem Verlustrisiko auf Basis von Credit-Default-Swap-Indizes (CDS-Indizes) haben die Liquidität des Marktes für Kreditrisikokorrelationen erhöht. Trotz erster Fortschritte ist die Abbildung dieser Korrelationen über quantitative Modelle ein komplexer und noch nicht vollentwickelter Vorgang.*

*JEL-Klassifizierung: G12, G13, G14.*

Die Schaffung liquider Instrumente, die den Handel mit Kreditrisikokorrelationen ermöglichen, gehört zu den bedeutendsten Finanzmarktentwicklungen der letzten Jahre. Eine zentrale Rolle unter diesen Instrumenten nehmen CDS-Indextranchen ein. Allgemein ausgedrückt erhalten Investoren hierdurch die Möglichkeit, als Sicherungsgeber ein Engagement in spezifischen Segmenten („Tranchen“) der Ausfallverlustverteilung eines CDS-Index einzugehen, die sich nach ihrer Sensitivität gegenüber den Kreditrisikokorrelationen der im Index enthaltenen Adressen unterscheiden. Einer der Hauptvorteile der Nutzung von Indextranchen ist die höhere Liquidität, die primär auf Standardisierungseffekte zurückzuführen ist. Zusätzlich wirkt sich hier die Marktliquidität bei Einzeladressen-CDS und CDS-Indizes positiv aus. Dem gegenüber steht die begrenzte Marktaktivität bei Wertpapieren auf Basis von Unternehmensanleihenindizes, in der sich die eingeschränkte Liquidität des Marktes für Unternehmensanleihen widerspiegelt.

Die Standardisierung von Indextranchen könnte sich als ein weiterer wichtiger Schritt hin zu vollständigen Märkten erweisen. Obwohl Kreditrisikokorrelationen immer eine zentrale Risikokomponente bonitätssensitiver Wertpapierportfolios waren, existierten bislang keine standardisierten Produkte zum Handel dieser Korrelationen. Die Entwicklung von Indextranchen schliesst somit eine Lücke im Instrumentarium zum Transfer bestimmter Arten von Kreditrisiken zwischen Einzelpersonen und Institutionen.

---

<sup>1</sup> Die Autoren danken JPMorgan Chase für die Bereitstellung von Datenmaterial, Rishad Ahluwalia, Jakob Due und Mike Harris von JPMorgan Chase für hilfreiche Diskussionen, Henrik Baun, Claudio Borio, Ingo Fender, Frank Packer und Eli Remolona für ihre unterstützenden Kommentare sowie Marian Micu für die Unterstützung bei den Recherchen. Das Feature gibt die Meinung der Autoren wieder, die sich nicht unbedingt mit dem Standpunkt der BIZ deckt.

Dieses Feature befasst sich mit CDS-Indextranchen. Dabei werden diese Instrumente zunächst vorgestellt, wobei im Mittelpunkt die Funktionsweise von Kontrakten auf CDS-Basis sowie die Marktliquidität stehen. Danach wird die Preisbildung von CDS-Indextranchen behandelt, mit Schwerpunkt auf den Einsatz dieser Instrumente beim Handel von Kreditrisikokorrelationen.

## Kontrakte auf CDS-Basis – Eigenschaften und Liquidität

Zum Verständnis der Vorteile von CDS-Indextranchen für den Handel mit Kreditrisikokorrelationen muss zunächst ihre Zusammensetzung – genauer: die Struktur von CDS-Indizes und der diesen zugrundeliegenden Einzeladressen-CDS – betrachtet werden.

### *CDS-Kontrakte*

Ein Einzeladressen-CDS ist ein Versicherungsvertrag, der das Ausfallrisiko einer bestimmten Adresse abdeckt. Bei Eintritt eines definierten Kreditereignisses erhält der Sicherungsnehmer vom Sicherungsgeber eine Zahlung zum Ausgleich des Ausfallverlusts. Für diese Absicherung zahlt der Sicherungsnehmer dem Sicherungsgeber während der Laufzeit des Kontrakts eine Prämie.<sup>2</sup>

Einzeladressen-  
CDS als Bausteine

Für die im Vergleich zu den meisten Unternehmensanleihen höhere Liquidität von CDS-Kontrakten gibt es zwei Hauptgründe: Zunächst spielt der höhere Standardisierungsgrad eine Rolle. So wurden die Kreditereignisse, die eine Zahlungsverpflichtung an den Sicherungsnehmer auslösen, zwischenzeitlich in den Kreditderivatdefinitionen der ISDA (ISDA 2003)<sup>3</sup> eindeutig definiert; auch die Erfüllung wurde entsprechend festgelegt.<sup>4</sup> Ausserdem können CDS-Kontrakte zum Aufbau einer Long-Position in Kreditrisiken ohne Baraufwand eingesetzt werden; auch eine Short-Position lässt sich deutlich einfacher und kostengünstiger aufbauen als mit Unternehmensanleihen.

### *CDS-Indizes*

Ein CDS-Indexkontrakt ist ein Versicherungsvertrag, der das Ausfallrisiko des Pools der im Index enthaltenen Adressen abdeckt. Indexkontrakte unterscheiden sich in einigen Details von Einzeladressentiteln. Als wesentlicher Unterschied ist der Sicherungsnehmer wirtschaftlich zur Zahlung der gleichen Prämie (der sogenannten „Fixed Rate“) auf alle Adressen im Index verpflichtet. Ausserdem sind die anerkannten Kreditereignisse bei Indexkontrakten auf

---

<sup>2</sup> Mehrere Quellen enthalten Beschreibungen von CDS-Kontrakten und ihren Merkmalen (z.B. Anson et al. 2003 oder O’Kane, Naldi et al. 2003).

<sup>3</sup> Zu den Kreditereignissen gehören Insolvenz und Nichtzahlung sowie die Nichtanerkennung von Schulden oder eine materielle Umschuldung (einschl. vorzeitige Fälligkeitstellung).

<sup>4</sup> Die Erfüllung der Verpflichtungen kann durch Barausgleich erfolgen (bei dem der Sicherungsnehmer den Nennwert abzüglich des Preises der Referenzforderung nach Ausfall erhält) oder durch physische Lieferung (bei der der Sicherungsnehmer das vom Ausfall betroffene Wertpapier dem Sicherungsgeber gegen Barzahlung des Nennwerts liefert).

Insolvenz oder Nichtzahlung beschränkt.<sup>5</sup> Bei Eintritt eines Kreditereignisses wird die betroffene Adresse aus dem Index entfernt, und der Kontrakt besteht bis zur Fälligkeit mit entsprechend reduziertem Nennwert weiter.

Förderung der Liquidität von CDS-Indizes ...

Die Marktliquidität von CDS-Indexkontrakten wird durch drei Faktoren gefördert: 1. die Entwicklung allgemein im Markt akzeptierter Benchmarkindizes auf Basis der liquidesten Einzeladressen-CDS, für die eine Reihe globaler Händler als Marktmacher Preise stellt; 2. die klare geografische Ausrichtung und relativ stabile Branchen- bzw. Ratingstruktur jedes Index, verbunden mit standardisierten Kontraktfälligkeiten; und 3. die Verfügbarkeit zweier alternativer Kontraktformate. Nachstehend wird jeder Faktor im Einzelnen behandelt.

CDS-Indizes <sup>1</sup>						
Nach Region						
	Nordamerika	Europa	Japan	Asien ohne Japan	Australien	Aufstrebende Volkswirtschaften
Hauptindex	CDX.NA.IG (125) CDX.NA.HY (100)	iTraxx Europe (125) iTraxx Corporate (52) <sup>4</sup> iTraxx Crossover (30) <sup>5</sup>	iTraxx CJ (50) <sup>2</sup>	iTraxx Asia (30)	iTraxx Australia (25)	CDX.EM (14) <sup>3</sup>
Subindizes	Finanz (24) Konsumgüter (34) Energie (15) Industrie (30) TMT (22) Hochvolatil (30) B (44) BB (43) HB (30)	Finanz (15) Autos (10) Konsumgüter zyklisch (15) Konsumgüter zyklusunabhängig (15) Energie (20) Industrie (20) TMT (20) Hochvolatil (30)	Finanz (10) Investitionsgüter (10) Tech (10) Hochvolatil (10)	Korea (8) Greater China (9) <sup>6</sup> Übriges Asien (13) <sup>7</sup>	Keine	Keine

<sup>1</sup> Es werden immer noch ältere Generationen der Indizes DJ Trac-x und iBoxx gehandelt. Diese Tabelle fasst die Zusammensetzung der neusten Serien, DJ CDX and DJ iTraxx, zusammen; diese sind ein Nebenprodukt der Fusion der DJ Trac-x- und iBoxx-Familien. Die Anzahl der Referenzschuldner in jedem Index ist in Klammern angegeben. <sup>2</sup> Höchstens 10 Adressen in einer bestimmten Branche. <sup>3</sup> Umfasst nur Staaten: Brasilien, Bulgarien, Kolumbien, Korea, Malaysia, Mexiko, Panama, Peru, die Philippinen, Rumänien, Russland, Südafrika, Türkei und Venezuela. <sup>4</sup> Umfasst die größten, liquidesten Adressen ausserhalb des Finanzsektors des iBoxx-EUR-Unternehmensanleiheindex. <sup>5</sup> Liquideste Adressen ausserhalb des Finanzsektors mit Rating BBB/Baa3 oder tiefer und mit negativem Ausblick. <sup>6</sup> Umfasst China, SVR Hongkong und Taiwan (China), mit je mindestens zwei Adressen. <sup>7</sup> Umfasst Indien, Malaysia, die Philippinen, Singapur und Thailand.

Tabelle 1

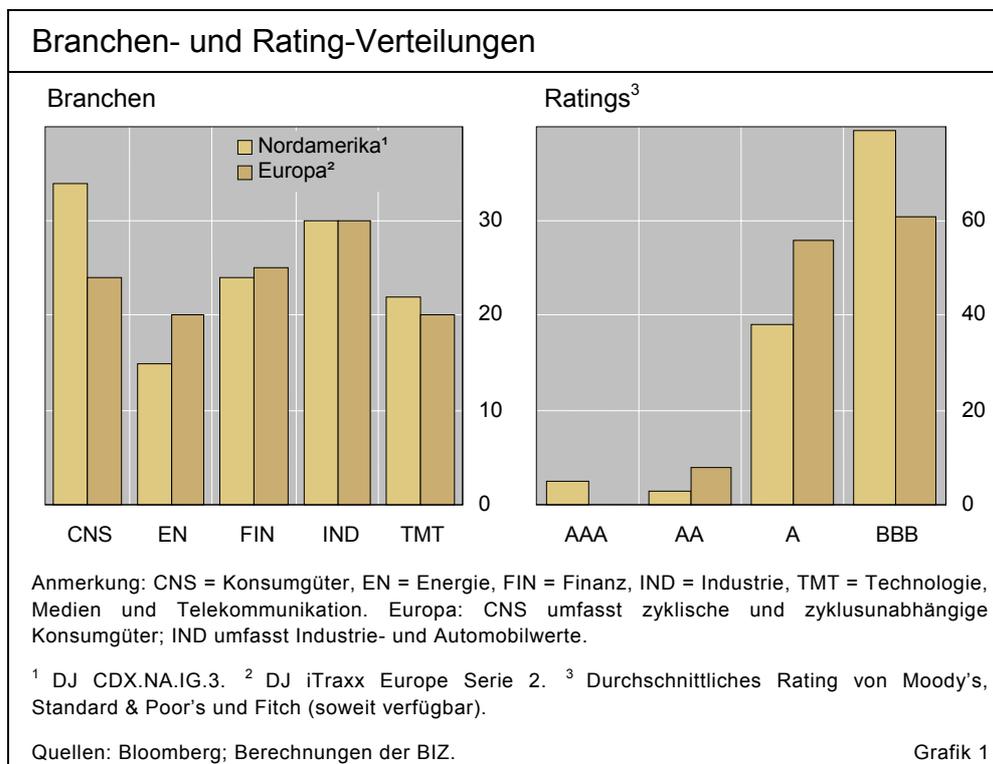
<sup>5</sup> Dies entspricht der „No-Restructuring“-Klausel („XR-Klausel“) bei Einzeladressen-CDS, mit der die Umschuldung als auslösendes Ereignis ausgeschlossen wird (s. ISDA 2003 für eine Beschreibung der Dokumentationselemente). Gängige Marktusancen werden bei O’Kane, Pedersen und Turnbull 2003 sowie im Beitrag von Packer und Zhu in dieser Ausgabe des *BIZ-Quartalsberichts* dargestellt.

Die wichtigsten gehandelten CDS-Indizes wurden inzwischen in einer Indexfamilie zusammengefasst – für Adressen aus Nordamerika und aufstrebenden Volkswirtschaften unter der Bezeichnung „DJ CDX“, für Europa und Asien unter „DJ iTraxx“ (s. Tabelle 1).<sup>6</sup> Die Zusammensetzung der neuen Indizes wird von den beteiligten Händlern nach der Liquidität der einzelnen Kontrakte bestimmt – so basieren die Indizes auf den meistgehandelten Adressen. Nach Auflegung bleibt jeder Index über seine gesamte Laufzeit konstant, nur bei Ausfall einer Adresse wird diese aus dem Index genommen. Alle sechs Monate wird jedoch ein neu zusammengesetzter Index aufgelegt und entsprechend „aktuelle“ Instrumente werden emittiert.

... durch Entwicklung von Benchmarkindizes ...

Zudem sind Indizes für die wichtigsten Währungen, für „Investment-grade“- bzw. „Non-Investment-Grade“-Adressen sowie für die wichtigsten Branchen geschaffen worden. Die breitangelegten – und am aktivsten gehandelten – Investment-Grade-Indizes für Nordamerika („CDX.NA.IG“) und Europa („iTraxx Europe“) umfassen jeweils 125 gleichgewichtete Referenzschuldner. Darüber hinaus existieren spezielle Indizes für ausgewählte Branchen, ein Index auf Basis von Adressen mit hohem systematischem Risiko (d.h. mit einem hohen Betafaktor), Indizes für als „spekulativ“ eingestufte Adressen sowie Indizes für Regionen ausserhalb Nordamerikas und Europas (beispielsweise für Japan, Asien ohne Japan, Australien sowie einige ausgewählte aufstrebende Volkswirtschaften). Grafik 1 zeigt die Branchen- und Rating-

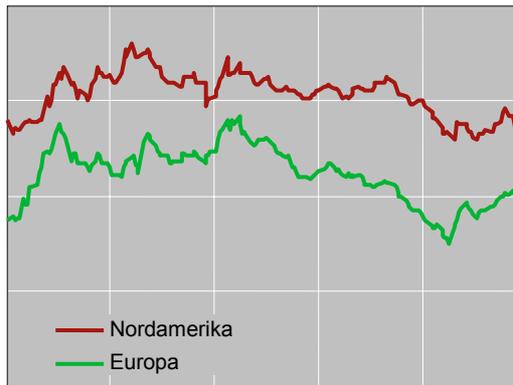
... mit unterschiedlicher Regional- und Branchenstruktur ...



<sup>6</sup> 2003 waren ursprünglich zwei konkurrierende Indexfamilien („Trac-x“ und „iBoxx“) aufgelegt worden, die von jeweils verschiedenen Händlern unterstützt wurden; letztes Jahr wurden sie zu den jetzigen Indizes zusammengelegt und werden nun durch Dow Jones verwaltet.

## CDS-Index-Spreads<sup>1</sup>

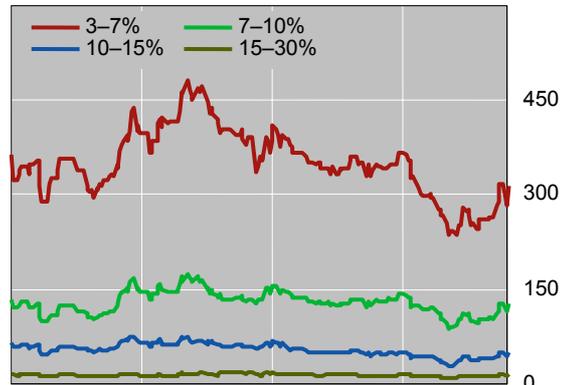
„Investment-grade“-Hauptindizes



Jan. 04 März 04 Mai 04 Juli 04 Sept. 04

— Nordamerika  
— Europa

Tranchen<sup>2</sup>



Nov. 03 Febr. 04 Mai 04 Aug. 04

— 3–7% — 7–10%  
— 10–15% — 15–30%

<sup>1</sup> Aktuelle 5-Jahres-Swapsreads, in Basispunkten. <sup>2</sup> „Investment-grade“-Hauptindex für Nordamerika.

Quelle: JPMorgan Chase.

Grafik 2

Verteilung innerhalb des CDX.NA.IG- und iTraxx-Europe-Index in der jeweils aktuellsten Zusammensetzung. Für die Hauptindizes sind Wertpapiere mit 5- und 10-jähriger Laufzeit verfügbar.

... und durch unterschiedliche Kontraktvarianten

Schliesslich sind die Instrumente in zwei Varianten handelbar – als reiner Derivatkontrakt („Unfunded Contract“) oder als strukturiertes Wertpapier („Funded Contract“) – und können somit genau auf die Investorenpräferenz hinsichtlich Finanzierungsart und Kontrahentenrisiko abgestimmt werden. Bei der Ausgestaltung als reiner Derivatkontrakt handelt es sich schlicht um einen CDS auf Basis mehrerer Adressen. Bei der Ausgestaltung als strukturiertes Wertpapier hingegen zahlt der Sicherungsnehmer dem Sicherungsgeber nicht nur eine vierteljährliche Prämie, sondern er erhält von diesem Deckung in Form eines Wertpapierpools und zahlt hierfür bei Auflegung einen Nennwert. Bei einem reinen Derivatkontrakt ist der Sicherungsnehmer somit dem Kontrahentenrisiko ausgesetzt. Dies ist bei der strukturierten Transaktion nicht der Fall – hier besteht jedoch das Risiko der Bonitätsverschlechterung im Pool der als Sicherheit dienenden Wertpapiere.<sup>7</sup>

Enge Geld-Brief-Spannen

Die im Vergleich zu anderen Kreditinstrumenten relativ hohe Liquidität dieser Produkte zeigt sich in recht engen Geld/Brief-Spannen, zumindest für die meistgehandelten Kontrakte. So liegen die Spannen für reine Derivatkontrakte auf den CDX.NA.IG-Index mit 5-jähriger Laufzeit meist zwischen 0,5 und 4 Basispunkten. Als Vergleichsmaßstab für diese Spannen kann man die Spreads für breit angelegte Investment-Grade-Indizes heranziehen, die seit Januar 2004 durchschnittlich bei 62 Basispunkten in Nordamerika bzw. 45 Basispunkten in Europa lagen (Grafik 2 links).<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Bei einem Ausfall einer der im Index enthaltenen Adressen verkauft der Sicherungsnehmer zum Ausgleich der Verluste auf den CDS-Index im entsprechenden Umfang die Sicherheiten.

<sup>8</sup> Bei Auflegung entspricht der für den Indexswap festgelegte Spread ungefähr dem durchschnittlichen CDS-Spread für die im Index enthaltenen Adressen. Sofern die durchschnittlichen Spreads für die im Index enthaltenen Einzeladressen während der Laufzeit über

### CDS-Indextranchen

CDS-Indextranchen sind synthetische forderungsbesicherte Schuldverschreibungen („Collateralised Debt Obligations“ – CDO) auf Basis eines CDS-Index. Dabei bezieht sich jede Tranche auf ein spezifisches Segment der Ausfallverlustverteilung des zugrundeliegenden CDS-Index.<sup>9</sup> Der wesentliche Vorteil von Indextranchen liegt in der Standardisierung, sowohl im Hinblick auf die Zusammensetzung des Pools an Referenzschuldern als auch auf die Struktur („Breite“) der einzelnen Tranchen.

Die Standardisierung unterstützt die Liquiditätsentwicklung am Sekundärmarkt. Bislang liess sich kaum ein liquider Sekundärmarkt für andere CDO-Tranchen feststellen, was im Wesentlichen auf die in hohem Masse individualisierten Strukturen der meisten CDO zurückzuführen ist.<sup>10</sup>

Tranchen existieren auf mehrere Indizes. Der Handelsschwerpunkt liegt jedoch bislang auf dem CDX.NA.IG-Index.<sup>11</sup> Für diesen Index existieren fünf Tranchen. Die gemäss der Rangfolge niedrigste Tranche (Eigenkapital- oder „Equity“-Tranche) absorbiert die ersten 3% an Ausfallverlusten im Index. Kommt es während der Laufzeit des Tranchenkontrakts zu einem Ausfall, muss der Inhaber der Equity-Tranche seinem Kontrahenten den Ausfallverlust (als Differenz zwischen Nennwert und dem Rückzahlungswert des vom Ausfall betroffenen Vermögenswerts) bis zu einer Höchstgrenze von 3% des Index erstatten. Die darauffolgende „Mezzanine“-Tranche deckt den Verlustbereich zwischen 3% und 7% ab; somit ist sie durch die Eigenkapitaltranche vor Verlusten bis zu einem Niveau von 3% geschützt. Weitergehende Verluste werden durch höherrangige Tranchen abgedeckt. Die Verlustbereiche von 7–10% bzw. 10–15% werden als „Senior“-Tranchen bezeichnet; die sogenannte „Super-Senior“-Tranche deckt den Bereich von 15–30% ab.<sup>12</sup>

Stärkere Standardisierung und höhere Liquidität von Indextranchen im Vergleich zu anderen CDO

Indextranchen auf Basis spezifischer Segmente der Ausfallverlustverteilung

---

der „Fixed Rate“ liegen, hat der Indexswap einen positiven Wert für den Sicherungsnehmer – neu hinzu kommende Sicherungsnehmer müssten eine entsprechende Ausgleichszahlung an den Sicherungsgeber leisten. (Sollten die durchschnittlichen Spreads unter der „Fixed Rate“ liegen, wäre der Ausgleich umgekehrt.)

<sup>9</sup> Bei einer CDO-Emission handelt es sich um ein strukturiertes Finanzprodukt, bei dem das Kreditrisiko eines Pools von Vermögenswerten an Anleger verkauft wird. Die gegen die in einer CDO enthaltenen Vermögenswerte ausgegebenen Forderungen werden in einer Rangfolge priorisiert (strukturiert). Hieraus ergeben sich unterschiedliche Tranchen von Schuldverschreibungen, meist eine oder mehrere Investment-Grade-Tranchen und eine sogenannte Eigenkapitaltranche („First-Loss“-Position), die den höchsten Risikogehalt aufweist. Für eine detailliertere Darstellung von CDO und ihrer Wirkungsweise s. Ausschuss für das weltweite Finanzsystem 2005; Gibson 2004 erörtert die Risiken synthetischer CDO.

<sup>10</sup> In den letzten zwei Jahren war eines der wachstumsstärksten Segmente im CDO-Markt die Entwicklung massgeschneiderter „1-Tranchen-CDO“, die genau auf die Bedürfnisse des jeweiligen Anlegers abgestimmt werden. Am Markt scheinen sich also zwei entgegengesetzte Trends abzuzeichnen: standardisierte und somit aktiv handelbare Indextranchen einerseits und massgeschneiderte, auf Halten bis zur Endfälligkeit ausgelegte Tranchen andererseits.

<sup>11</sup> Laut Creditflux lag das Transaktionsvolumen im 2. Quartal 2004 bei US-\$ 10,2 Mrd.; davon entfielen insgesamt 82% auf den iBoxx CDX.NA.IG (Serie 2) und den Trac-x NA.

<sup>12</sup> Zurzeit existieren keine Kontrakte, die eine Verlustabsicherung oberhalb einer Grenze von 30% des Index bieten.

Als Ausgleich für das übernommene Risiko erhält der Investor vom Sicherungsnehmer vierteljährlich eine Prämie, die auf Basis des effektiv ausstehenden Nennwerts der jeweiligen Tranche berechnet wird.<sup>13</sup> Prämien auf Mezzanine- und Senior-Tranchen werden als laufender Spread (ohne Anfangszahlung) verrechnet. Im Gegensatz hierzu leistet der Sicherungsnehmer bei einer Eigenkapitaltranche eine als Prozentsatz des ursprünglichen Kontrakt-nennwerts berechnete Anfangszahlung sowie eine als laufender Spread berechnete Prämie von 500 Basispunkten.<sup>14</sup> Bei einer (relativ grossen) Anfangszahlung auf eine Eigenkapitaltranche ändert sich die zeitliche Verteilung erwarteter Zahlungsströme für den Anleger im Vergleich zu einem Kontrakt, der nur einen laufenden Spread vorsieht. Entsprechend verändert sich auch das Risiko des Anlegers in Bezug auf den Zeitpunkt von Ausfällen. Grafik 2 rechtes Feld zeigt Marktquotierungen der Prämien für Mezzanine- und höherrangige Tranchen.<sup>15</sup>

## Der Handel mit Kreditrisikokorrelationen – Preisbildung der Tranchen

Kreditrisikokorrelationen als Einflussfaktor für den Risikogehalt von Indextranchen

Die Kreditrisikokorrelationen der im Index enthaltenen Adressen sind ein wesentlicher Einflussfaktor für den Risikogehalt von CDS-Indextranchen: Die hohe Sensitivität zeigt sich deutlich in der Preisbildung der Tranchen. In Verbindung mit der höheren Liquidität im Vergleich zu anderen Kreditderivaten auf Basis mehrerer Adressen legt dies den Schluss nahe, dass CDS-Indextranchen einen relativ effizienten Handelsmechanismus für diese Art von Risiken bieten.

Zur Veranschaulichung des Einflusses von Kreditrisikokorrelationen auf den Wert der Tranchen werden 5-jährige Tranchen auf einen aus 125 Adressen bestehenden CDS-Index herangezogen, die eine dem CDX.NA.IG Serie 3-Index vergleichbare Durchschnittsbonität aufweisen.<sup>16</sup> Das linke Feld von

---

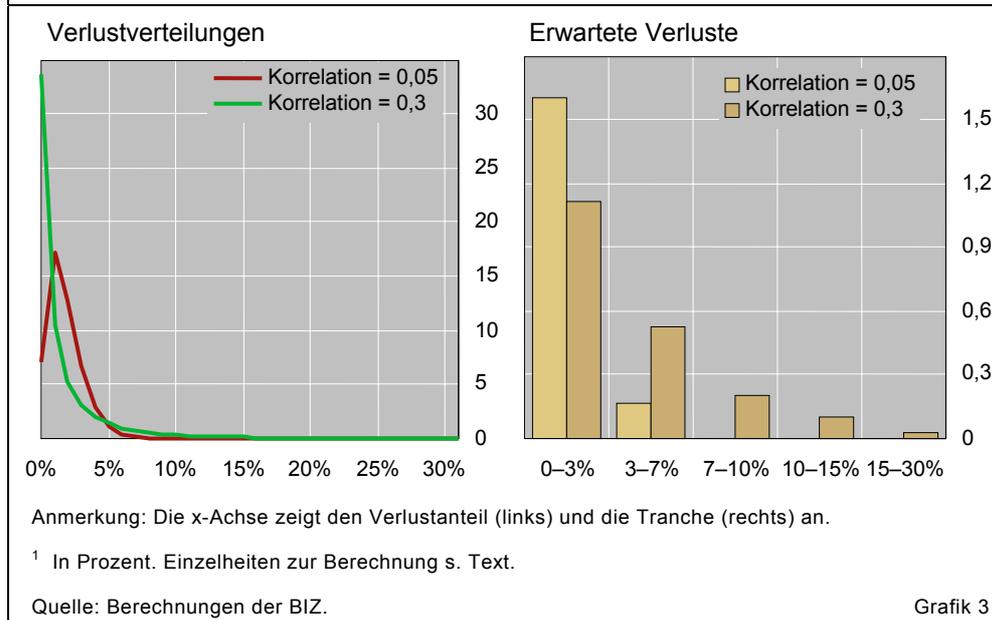
<sup>13</sup> Der effektive Nennwert entspricht dem ursprünglichen Nennwert abzüglich eventueller Ausfallverluste auf die jeweilige Tranche; dieser Wert kann nicht unter null fallen.

<sup>14</sup> Ein Kontrakt mit Anfangszahlung kann in einen Kontrakt mit laufendem Spread (ohne Anfangszahlung) umgewandelt werden. Hierzu ist die Anfangszahlung durch die (risikobehaftete) Duration der Tranche zu dividieren; ein eventueller laufender Spread wird dazu addiert. Eine Eigenkapitaltranche mit einer Anfangszahlung von 37,5%, einem laufenden Spread von 500 Basispunkten und einer risikobehafteten Duration von 3,75 entspricht somit einem Kontrakt mit einem laufenden Spread von  $(37,5 \cdot 100 / 3,75) + 500$  Basispunkten = 1 500 Basispunkten. S. den Vergleich der Quotierungsusancen für Anfangszahlungen und laufende Spreads von O'Kane und Sen 2003.

<sup>15</sup> Geld-Brief-Spannen liegen bei 1–2 Basispunkten für die höchstrangige Tranche bzw. 5–10 Basispunkten für Mezzanine-Tranchen, gegenüber 15–70 Basispunkten für die Eigenkapitaltranche.

<sup>16</sup> Zur Berechnung der Verlustverteilung wird ein 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell (s. unten) auf Basis folgender Annahmen verwendet: gleichförmige Ausfallwahrscheinlichkeiten auf 5-Jahres-Sicht (2,97%), konstante Eintreibungsquoten (40%) sowie identische und konstante Korrelation der Ausfallzeitpunkte für alle Paarungen der Adressen im Index (0,05 bzw. 0,3). Die Ausfallquote wird auf Basis von Moody's-Daten für US-Unternehmensanleihen mit Baa-Rating im Zeitraum von 1983 bis 2003 geschätzt. Die Eintreibungsquote ist der Durchschnittswert für vorrangige, unbesicherte US-Unternehmensanleihen, bei denen ein Ausfall eingetre-

## Verlustverteilungen im Index und erwartete Verluste auf Indextranchen<sup>1</sup>



Grafik 3 zeigt die Verlustverteilung (in Prozent des Tranchenumfangs) über einen Zeitraum von fünf Jahren, von der Eigenkapital- bis zur nachrangigen Mezzanine-Tranche. Im rechten Feld ist der erwartete Verlust pro Tranche in Prozent des Gesamtindex dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass der Verlust mit zunehmender Rangstufe der Tranche sowohl relativ als auch absolut abnimmt. Etwa 40% bis 50% der in der Grafik dargestellten erwarteten Nennwertverluste entfallen auf die Eigenkapitaltranche.

Das Beispiel zeigt, dass der Marktwert einer CDS-Indextranche von der Verteilung der gemeinsamen Ausfallverlustwahrscheinlichkeit aller im Index enthaltenen Referenzschuldner abhängt. In diese gehen sowohl die Korrelationen einzelner Ausfallwahrscheinlichkeiten als auch Korrelationen der Ausfallzeitpunkte ein. Die tatsächliche Verlustverteilung beinhaltet darüber hinaus Korrelationen zwischen Verlustquoten und Ausfallwahrscheinlichkeiten (bei generell höherem Ausfallrisiko, z.B. in einer Rezession, kann es zu höheren Verlusten kommen) sowie Korrelationen zwischen Verlustquoten und Ausfallzeitpunkten (bei einer zeitlichen Konzentration von Ausfällen, z.B. bei mehreren Ausfällen in der gleichen Branche innerhalb eines kurzen Zeitraums, können höhere Verluste eintreten).

Bislang konzentrierte sich die Preisbildung bei Indextranchen auf die Auswirkungen der Korrelation der Ausfallzeitpunkte (s. Kasten). Hierfür hat sich – analog zum Black-Scholes-Optionspreismodell – das sogenannte 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell im Markt als Standard zur Preisbestimmung bei Indextranchen herausgebildet. Der Begriff „Copula“ weist auf die in diesem Modellansatz verwendete „Kopplung“ der Verteilung der Ausfallwahrschein-

Korrelation der Ausfallzeitpunkte von zentraler Bedeutung für die Preisbildung bei Indextranchen

ten ist. Die für die Korrelation der Ausfallzeitpunkte gewählten Werte entsprechen ungefähr den von Rating-Agenturen verwendeten Parametern.

lichkeiten einzelner Adressen zur Bestimmung einer gemeinsamen Verteilung der Ausfallwahrscheinlichkeiten hin (s. Nelsen 1999). Das 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell basiert auf folgenden Annahmen: identische und konstante Korrelation der Ausfallzeitpunkte für alle Paarungen aller Adressen im Index, Normalverteilung der Ausfallzeitpunkte sowie Normalverteilung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeiten. Diese vereinfachenden Annahmen erleichtern den Einsatz des 1-Faktor-Gauss-Copula-Modells bei der Bewertung, was als einer der Hauptgründe für die Popularität des Modells anzusehen ist.

## Bewertung von CDS-Indextranchen

Die Prämie einer Indextranche ist der vom Sicherungsnehmer gezahlte Spread, bei dem der erwartete Barwert der vom Sicherungsgeber zu tragenden Ausfallkosten („Sicherungsseite“) dem erwarteten Barwert einer Investition in die Tranche („Prämienseite“) entspricht. Die Prämienseite wird über den Barwert der Spreadzahlungen des Sicherungsnehmers an den Sicherungsgeber bewertet. Ein Indexkontrakt legt  $M$  vierteljährliche Zahlungstermine ( $t = t_1, t_2, \dots, t_M$ ) fest, an denen der Sicherungsnehmer Zahlungen an den Sicherungsgeber leistet. Dabei ist zu beachten, dass diese Zahlungen nur so lange fließen, wie der (ungewisse) effektive Nennwert der Tranche zum Zeitpunkt  $t_i$  (als  $N(t_i)$  bezeichnet) positiv ist. Ferner ist anzunehmen, dass die Anleger erwartete zukünftige Zahlungseingänge mit den (ungewissen) Diskontierungsfaktoren  $D(0, t_i)$  abzinsen. Bei einer Tranchenprämie von  $S$  ist der erwartete Barwert der Prämienseite:<sup>①</sup>

$$V_{\text{prem}} = S \cdot E \left[ \sum_{i=1}^M D(0, t_i) \cdot N(t_i) \right]$$

Die erwarteten Tranchengrößen hängen von Anzahl und Zeitpunkt etwaiger zukünftiger Ausfälle und den erwarteten Kosten solcher zukünftiger Ausfälle (d.h. von den Eintreibungsquoten) ab.<sup>②</sup> Der Barwert der Prämienseite sinkt bei niedrigerer Prämie, niedrigerer Eintreibungsquote und bei früherem Eintritt eines Ausfallverlusts. Der erwartete Barwert der Sicherungsseite ist:<sup>③</sup>

$$V_{\text{prot}} = E \left[ \sum_{i=1}^M D(0, t_i) \cdot (N(t_i) - N(t_{i-1})) \right]$$

Der Barwert der Sicherungsseite sinkt bei unveränderter Tranchengröße, höherer Eintreibungsquote und bei späterem Eintritt eines Ausfallverlusts. Die Tranchenprämie ergibt sich durch Auflösung von  $V_{\text{prem}} = V_{\text{prot}}$  nach  $S$ :

$$S = \frac{E \left[ \sum_{i=1}^M D(0, t_i) \cdot (N(t_i) - N(t_{i-1})) \right]}{E \left[ \sum_{i=1}^M D(0, t_i) \cdot N(t_i) \right]}$$

### Implementierung

Wie aus den obengezeigten Gleichungen ersichtlich, werden zur Ermittlung von  $S$  zwei Schlüsselfaktoren benötigt: zukünftige effektive Tranchengrößen und Diskontierungsfaktoren. Zur Ermittlung von Diskontierungsfaktoren stehen Methoden zur Verfügung, die auch für andere Finanzinstrumente genutzt werden (s. Rebonato 2002). Zur Bestimmung der zukünftigen Tranchengrößen werden jedoch mehrere Parameter benötigt: 1. die Verlustquoten, 2. die Anzahl der Ausfälle und 3. deren Zeitpunkte. Da alle diese Parameter ungewiss sind, müssen Erwartungswerte formuliert werden.

<sup>①</sup> In der Praxis erhält der Sicherungsgeber beim Eintritt eines Ausfalls zwischen Zahlungsterminen am nächsten Zahlungstermin eine anteilige Zahlung auf Basis der vorherigen effektiven Tranchengröße. Anfangszahlungen für die Eigenkapitaltranche lassen sich durch Addieren einer Konstante in den Barwert der Prämienseite einbeziehen.

<sup>②</sup> Erwartungen werden auf risikoneutraler Basis getroffen (risikobereinigte Erwartungen). <sup>③</sup> Unter der Annahme, dass der Sicherungsnehmer zum nächsten planmässigen Zahlungstermin nach Eintritt eines Ausfalls eine Ausgleichszahlung erhält.

Ein einfacher Ansatz zur Schätzung der Verlustquote (bzw. 1 minus Eintreibungsquote) ist die Annahme konstanter Eintreibungsquoten auf Basis der durchschnittlichen historischen Eintreibungsquote für vorrangige, unbesicherte US-Unternehmensanleihen; diese liegt in der Regel bei rund 40%. Eine Schätzung der Eintreibungsquoten kann auch aus CDS-Spreads abgeleitet werden.

Einzelne Ausfallwahrscheinlichkeiten können direkt auf Basis der Spreads für Einzeladressen-CDS geschätzt oder indirekt aus Aktienkursen abgeleitet werden (z.B. über Daten zur erwarteten Ausfallhäufigkeit von Moody's KMV). Hierbei ist zu beachten, dass die Herleitung von Ausfallwahrscheinlichkeiten aus CDS-Spreads eine Annahme zu den Eintreibungsquoten erfordert.

Die Ausfallzeitpunkte für  $N$  Adressen während der Laufzeit des Kontrakts lassen sich aus der gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ausfallzeitpunkte errechnen. Diese ist jedoch unbekannt. Ein gebräuchlicher Ansatz ist die Annahme, dass Ausfallzeitpunkte einer  $N$ -dimensionalen, multivariaten Normalverteilung (der sogenannten Gauss-Copula) folgen (s. Nelsen 1999, Li 2000 sowie Cherubini et al. 2004).

Ein 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell basiert auf der Annahme gleicher und für alle Adressen konstanter Korrelationen der Ausfallzeitpunkte. Dies entspricht der Annahme einer direkten Zuordnung einer latenten Zufallsvariablen  $X_i$  zu Ausfallzeitpunkten, wobei  $X_i$  wie folgt definiert wird:

$$X_i = \sqrt{\rho} \cdot M + \sqrt{1-\rho} \cdot Z_i$$

Hierbei ist  $M$  eine normal verteilte Zufallsvariable, die  $Z_i$ -Werte sind untereinander unkorrelierte, normal verteilte Zufallsvariablen, und  $-1 < \rho < 1$  ist die konstante Korrelation für die Paarungen der Ausfallzeitpunkte (s. Hull und White 2004 für weitere Details). Gemäss einer Interpretation des 1-Faktor-Gauss-Copula-Modells steht  $X_i$  für den Wert des Vermögens von Unternehmen  $i$ , und es tritt ein Ausfall ein, wenn das Vermögen unter einen bestimmten Schwellenwert sinkt. Gedanklich entspricht dieser Ansatz einem Mertonschen Modell, bei dem die Option der Nichtrückzahlung von Schulden bei Erreichen eines bestimmten Schwellenwerts des Vermögens ausgeübt wird. Bei dieser Auslegung kann  $M$  als gemeinsamer Standardrisikofaktor interpretiert werden, während die  $Z_i$ -Werte idiosynkratische Risikofaktoren darstellen, die das Vermögen von Unternehmen – und somit den Zeitpunkt eines Ausfalls – beeinflussen. Der Korrelationsparameter  $\rho$  lässt sich aus der Korrelation von Aktienerträgen schätzen; diese liegt meist zwischen 0% und 30%.

### *Korrelation der Ausfallzeitpunkte und Preisbildung bei Tranchen*

Grafik 3 verdeutlicht den Einfluss der Korrelation von Ausfallzeitpunkten auf den Risikogehalt der unterschiedlichen Indextranchen. Das linke Feld zeigt, dass – je nach Tranche – die Wahrscheinlichkeit eines sehr geringen oder sehr grossen Verlusts bei höherer Korrelation der Ausfallzeitpunkte ansteigt. Dies lässt sich beim Vergleich zweier (allerdings unrealistischer) Extremszenarien nachvollziehen:

Stärkere Bündelung von Ausfällen bei höherer Korrelation

Liegt die Korrelation bei null, ist die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb eines 5-Jahres-Zeitraums bei keiner von 125 Adressen ein Ausfall eintritt,  $(100 - 2,97)^{125} = 2,31\%$  (2,97% ist die durchschnittliche historische Ausfallquote von Unternehmen mit Baa-Rating auf Sicht von fünf Jahren). Bei einer Korrelation von eins (bei der man das Portfolio als Einzelrisiko ansehen könnte) liegt diese Wahrscheinlichkeit bei 97,03%. Das heisst allerdings, dass der Index mit einer Wahrscheinlichkeit von 2,97% einen Verlust von 1 minus der Eintreibungsquote ( $= 1 - 0,4$ ) erleiden könnte, was einem erwarteten Verlust von 1,78% entspricht.<sup>17</sup> Das rechte Feld von Grafik 3 zeigt bei

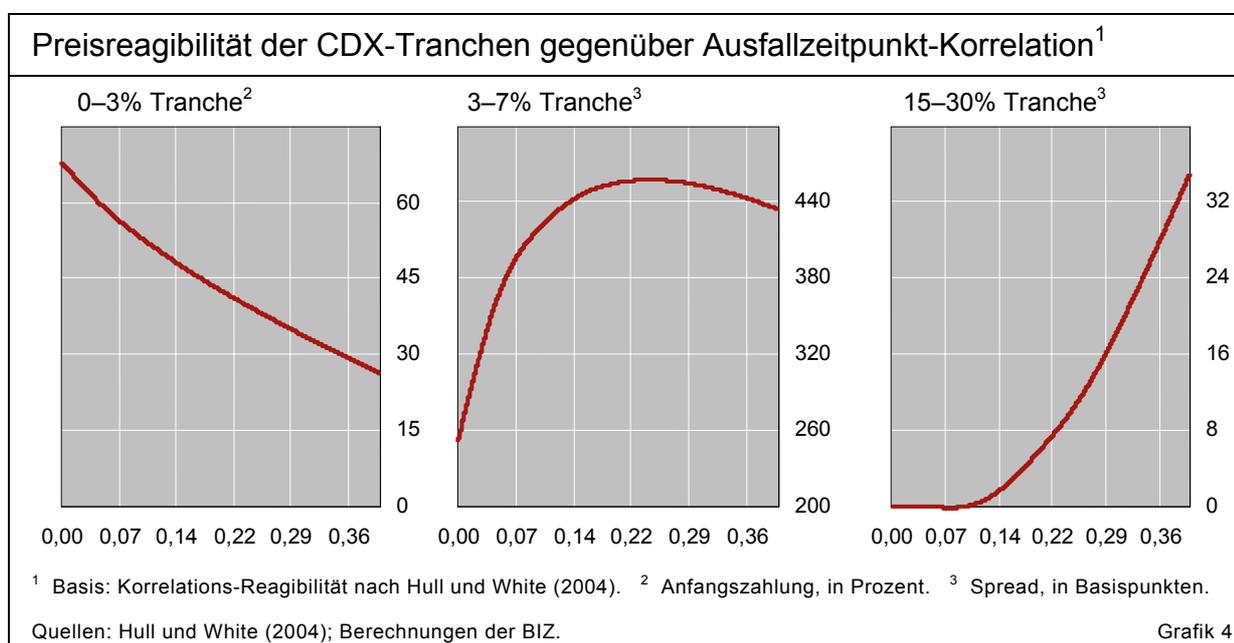
<sup>17</sup> Die Erhöhung der Korrelation der Ausfallzeitpunkte entspricht der Veränderung der Ausfallwahrscheinlichkeit auf einen zufälligen Wert, jedoch bei gleicher mittlerer Ausfallwahrscheinlichkeit. Dabei ist zu beachten, dass eine solche den Mittelwert erhaltende Verteilung aufgrund der Konvexität der gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsverteilung für Nicht-

niedrigerer Korrelation einen höheren erwarteten Verlust der Eigenkapitaltranche – im Gegensatz zu den Mezzanine- und Senior-Tranchen, bei denen die erwarteten Verluste bei höherer Korrelation ansteigen.

Sinkender Spread der Eigenkapitaltranche bei steigender Korrelation ...

Analog des sich abhängig von der Korrelation der Ausfallzeitpunkte ändernden Risikos der unterschiedlichen Tranchen wird auch die Preisbildung beeinflusst. Grafik 4 verdeutlicht dies: Hier werden die durch das Modell vorgegebene Anfangszahlung bei der Eigenkapitaltranche sowie die Spreads für die Mezzanine- und Super-Senior-Tranchen in Abhängigkeit von der Korrelation der Ausfallzeitpunkte dargestellt.<sup>18</sup> Bei der Eigenkapitaltranche hat eine zunehmende Ausfallkonzentration nur geringe negative Auswirkungen auf den Wert der Tranche, da hier bereits wenige Ausfälle zu wesentlichen Verlusten führen. Gleichzeitig steigt bei einer höheren Korrelation der Ausfallzeitpunkte die Chance, dass keine Ausfälle eintreten – somit sinkt die Anfangszahlung der Eigenkapitaltranche bei steigender Korrelation. Im Gegensatz hierzu zeigt sich bei der Bewertung der Senior-Tranche deren höheres Verlustrisiko bei stärkerer Ausfallkonzentration. Der Preis der Mezzanine-Tranche ist hingegen keine monotone Funktion der Korrelation der Ausfallzeitpunkte: Sowohl bei hoher als auch bei niedriger Korrelation besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass diese Tranche unbeeinträchtigt bleibt. Im mittleren Korrelationsbereich der Ausfallzeitpunkte besteht jedoch für die Mezzanine-Tranche ein erhebliches Ausfallrisiko.

... aber gleichzeitig steigender Spread der Senior-Tranche



ausfälle einen höheren durchschnittlichen Anteil von Nichtausfällen bedingt. Für eine weitere Betrachtung s. Lando 2004.

<sup>18</sup> Die Preise der Tranchen basieren auf Hull und White 2004.

### Marktpreise und implizierte Korrelation der Ausfallzeitpunkte

Die im Markt vorherrschende Einschätzung bezüglich der Korrelation der Ausfallzeitpunkte lässt sich aus den Marktpreisen für CDS-Indextranchen ableiten. Hierzu ist ein Preismodell mit allen erforderlichen Eingabewerten – ausgenommen die Korrelation der Ausfallzeitpunkte – zu definieren. So kann man beispielsweise das 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell zur Identifizierung der durch Marktquotierungen impliziten Korrelation einsetzen, indem alle Eingaben ausser der konstanten Korrelation der Ausfallzeitpunkte für Adressenpaare definiert werden.<sup>19</sup> Dies ist im linken Feld von Grafik 5 veranschaulicht, in dem die implizite Korrelation der Ausfallzeitpunkte für Indextranchen im Zeitablauf dargestellt wird.

Ableitung der Korrelation der Ausfallzeitpunkte aus Marktpreisen

Die linke Abbildung in Grafik 5 zeigt eines der bei Marktquotierungen beobachteten Verzerrungsphänomene – das sogenannte Lächeln der Korrelation („Correlation Smile“).<sup>20</sup> Dieser Effekt beschreibt das bei Ableitung mithilfe des 1-Faktor-Gauss-Copula-Modells auftretende Phänomen, dass Marktspreads für die Mezzanine-Tranche (meist) eine niedrigere Korrelation der Ausfallzeitpunkte implizieren als die Spreads für die Eigenkapital- und Senior-Tranchen. Der Grad der vom Markt angenommenen Ausfallkonzentration scheint für die Eigenkapital- und Senior-Tranchen höher zu sein. Unterstellt man jedoch das 1-Faktor-Gauss-Modell als korrekte Beschreibung der Abhängigkeiten für gleichzeitige Ausfälle, dann sollte für alle Tranchen ein einheitlicher Korrelationswert gelten.

Zweifache Verzerrung der durch Marktpreise implizierten Korrelation der Ausfallzeitpunkte – Lächeln („Smile“) ...

Ein weiteres Phänomen der Marktquotierungen (die Korrelationsschiefe – „Correlation Skew“) zeigt sich im rechten Feld von Grafik 5, das die Basis-korrelation in Beziehung zur Obergrenze jeder Tranche setzt. Beim CDX.NA.IG-Index beispielsweise wäre die Basis-korrelation für das Intervall von 0–10% die Korrelation für diese synthetische First-Loss-Tranche, die sich aus der Gesamtheit der beobachteten Marktwerte für die Tranchen 0–3%, 3–7% und 7–10% ergibt. Aus Sicht des Sicherungsnehmers lässt sich die Basis-korrelation als Korrelation eines Versicherungsvertrags interpretieren, der bis zu einem bestimmten Verlustniveau Zahlungen leistet. Die Steigung oder „Schiefe“ der Basis-korrelationskurve zeigt den in den Marktpreisen implizierten Anstieg der Korrelation der Ausfallzeitpunkte mit zunehmender Rangstufe der Tranche. Hieraus ergibt sich eine hohe Bewertung der Spreads für Senior-Tranchen, zumindest im Verhältnis zu dem vom Modell implizierten niedrigen Niveau erwarteter Verluste für diese Tranchen. Dieser Effekt erinnert an den bei Unternehmensanleihen beobachteten positiven Zusammenhang zwischen Risikoprämien und Bonität.<sup>21</sup>

... und Korrelations-schiefe („Skew“)

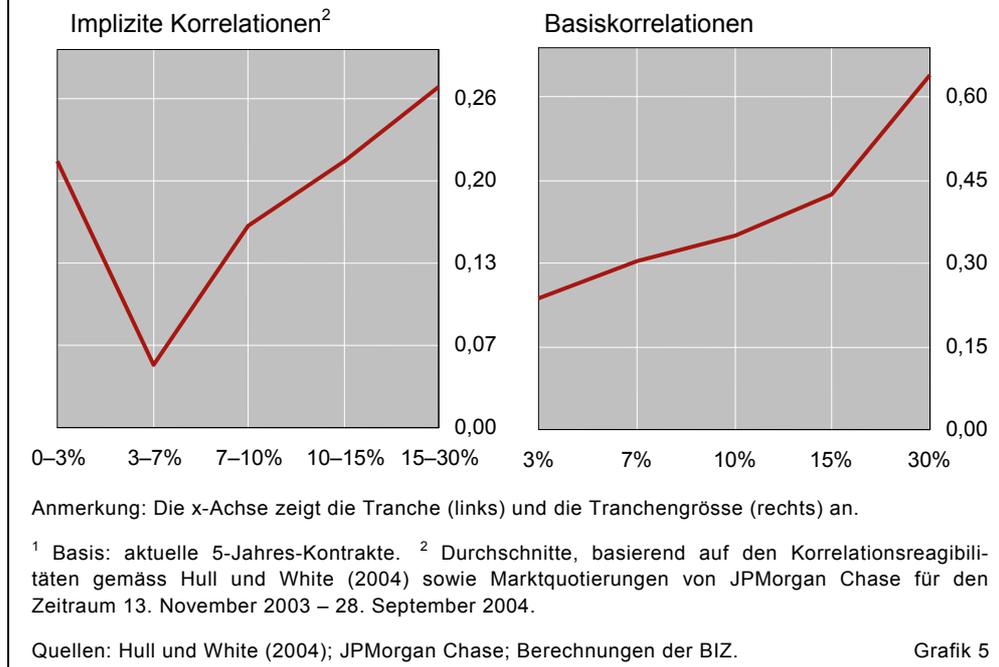
---

<sup>19</sup> Indextranchen werden bisweilen auch auf Basis der impliziten Korrelation (an Stelle eines Spreads) quotiert.

<sup>20</sup> Dieser Effekt erinnert an eine ähnliche Verzerrung bei mithilfe des Black-Scholes-Modells ermittelten impliziten Volatilitäten für unterschiedliche Basispreise bei Aktienoptionen.

<sup>21</sup> Für eine weitere Betrachtung s. Amato und Remolona 2004.

## Implizite Korrelationen und Basiskorrelationen der Ausfallzeitpunkte<sup>1</sup>



Erklärungsansätze für das Korrelationslächeln: Marktsegmentierung ...

Für die Effekte des Korrelationslächelns sowie der Schiefe existieren mehrere Erklärungsansätze.<sup>22</sup> Einer dieser Ansätze basiert auf der Tranchensegmentierung nach Investorengruppen und der unterschiedlichen Korrelationseinschätzung durch diese Gruppen. So könnte sich die Einschätzung von Sicherungsgebern bei Eigenkapitaltranchen (z.B. Hedge-Fonds) von der Sichtweise der Sicherungsgeber für Mezzanine-Tranchen (z.B. Banken und Wertpapierhäuser) unterscheiden. Es gibt jedoch keine zwingende Begründung, warum die verschiedenen Investorengruppen die Korrelationen systematisch unterschiedlich einschätzen würden.

... Unsicherheit bezüglich Kreditrisikokorrelationen ...

Ein weiterer Erklärungsversuch deutet das Lächeln als Auswirkung der Unsicherheit der Marktteilnehmer bezüglich der bestmöglichen Modellierung von Kreditrisikokorrelationen. Dies impliziert einen Aufschlag für das „Modellierungsrisiko“ in der Preisbestimmung der korrelationssensitiveren Eigenkapital- und Senior-Tranchen. Zwar würde dieser Ansatz die relativ hohe Prämie für die Senior-Tranche erklären, nicht jedoch die relativ geringe Prämie für die Eigenkapitaltranche.

... lokale Nachfragestrukturen ...

Der dritte Erklärungsversuch weist darauf hin, dass die Preisbildung trotz des starken Marktwachstums für Indextranchen immer noch von lokalen Nachfragestrukturen bestimmt sein könnte. Hiernach würde z.B. die implizierte Korrelation der Mezzanine-Tranche starkes Verkaufsinteresse der in diesem Segment der Indexverlustverteilung aktiven Banken widerspiegeln. Als Grund hierfür wird der Absicherungsbedarf von Banken genannt, die vielleicht ihre bei

<sup>22</sup> S. auch Bernard et al. 2004.

Auflegung anderer CDO (primär Einzeltranchenstrukturen) eingegangenen Short-Positionen auf Kreditrisiken neutralisieren wollen.

Schliesslich besteht die Möglichkeit, dass Marktteilnehmer andere Preismodelle als das 1-Faktor-Gauss-Copula-Modell einsetzen. Hier kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage: 1) Verwendung einer Verteilung mit höherem Anteil der Extremwerte („Fat Tails“) wie z.B. einer Student-t-Verteilung, 2) Aufweichung der Bedingung konstanter Korrelationen für die Paarungen, 3) Definition einzelner Ausfallwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von makroökonomischen Risikofaktoren, und 4) Veränderung der Eintreibungsquoten im Zeitablauf und Korrelation mit Ausfallzeitpunkten und Ausfallwahrscheinlichkeiten.<sup>23</sup> So führt die Verwendung einer Verteilung mit höherem Extremwertanteil (die eine höhere Ausfallkonzentration impliziert) zu höheren Breakeven-Spreads für Senior-Tranchen bzw. zu niedrigeren Werten für nachrangige Tranchen. Alternativ würde die Annahme einer positiven Korrelation zwischen Verlustquoten und einer Konzentration der Ausfallzeitpunkte bei gegebener Korrelation der Ausfallzeitpunkte zu einem niedrigeren Preis für die meisten Senior-Tranchen führen. Hierbei würde die durch Senior-Tranchen implizierte Korrelation (bei als konstant angenommener Eintreibungsquote) eine Steigung aufweisen. Damit liesse sich auch die Preisbildung bei der Eigenkapitaltranche erklären, da höhere Eintreibungsquoten bei niedriger Ausfallkonzentration deren Wert steigern würden.

... oder Nutzung unterschiedlicher Preismodelle

## Ausblick

Ungeachtet des starken Wachstums ist der Markt für CDS-Indextranchen immer noch verhältnismässig klein. Ausserdem beinhalten die gehandelten Instrumente – trotz der besseren und kostengünstigeren Diversifizierungsmöglichkeiten für die Anleger – nach wie vor erhebliche idiosynkratische Risiken,<sup>24</sup> da sie auf lediglich 125 Adressen in fünf Branchen basieren. Im Laufe der weiteren Marktentwicklung dürfte sich die Anzahl der zugrundeliegenden Adressen jedoch erhöhen und so die Diversifizierung verbessern, was die Möglichkeiten des effizienteren Handels von Kreditrisikokorrelationen über Indextranchen erweitern sollte.

Entwicklungsfortschritte in CDS-Indexmärkten ...

... durch stärkere Diversifizierung ...

Die Weiterentwicklung der Modellierung von Kreditrisiken ist wichtig für die Verbesserung der Markteffizienz sowie die Reduzierung der Gefahr nicht vollständig erkannter Risikokonzentrationen. Die zentrale Herausforderung scheint in der Entwicklung von Ansätzen zur realistischen Erfassung von Kreditrisikokorrelationen zu liegen (s. Duffie 2004). Wie bereits ausgeführt, konzentriert sich die Bewertung von CDS-Indextranchen bisher im Wesentlichen auf die Modellierung der Korrelation von Ausfallzeitpunkten – im Gegensatz hierzu sind Korrelationen von Ausfallwahrscheinlichkeiten und Verlust-

... und bessere Modellierung von Kreditrisiken ...

<sup>23</sup> Die Bedeutung dieser Elemente bei der Modellierung von Kreditrisiken wird in den folgenden Veröffentlichungen diskutiert: Hull und White 2004, Gregory und Laurent 2004, Duffie und Singleton 2003 sowie Altman et al. 2004.

<sup>24</sup> Für eine Erörterung der Bedeutung des idiosynkratischen Risikos in Kreditportfolios s. Amato und Remolona 2004.

quoten (d.h. Korrelationen von Credit-Spreads) eher im Hintergrund geblieben. Zweifellos sind bei der Entwicklung allgemeiner Modellansätze zur Erfassung der Wechselbeziehungen bei Kreditrisiken Fortschritte festzustellen.<sup>25</sup> So beziehen einige Modelle „Ansteckungseffekte“ in die Betrachtung ein, mit denen sie die Auswirkungen einer allgemeinen Verschlechterung der Marktliquidität, den Ausfall grosser Unternehmen oder ungünstige Brancheneinflüsse erfassen können.<sup>26</sup> Der Einfluss grosser Ausfälle auf den gesamten Markt wurde bei Enron und WorldCom deutlich. Die Ermittlungen der New Yorker Staatsanwaltschaft bezüglich bestimmter Praktiken der US-Versicherungsbranche sind ein neueres Beispiel für negative Einflüsse auf eine bestimmte Branche. Die zukünftige Herausforderung für Marktteilnehmer wie auch für politische Entscheidungsträger, die diese Märkte überwachen, liegt in der Entwicklung robuster Modelle zur Erfassung solcher systematischer und systemischer Ereignisse.

## Bibliografie

Altman, E.I., B. Brady, A. Resti und A. Sironi (2004): „The link between default and recovery rates: theory, empirical evidence and implications“, *Journal of Business*, erscheint demnächst.

Amato, J. und E. Remolona (2004): *The pricing of unexpected credit losses*, Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, Mimeo.

Anson, M., F. Fabozzi, M. Choudhry und R.-R. Chen (2003): *Credit derivatives: instruments, applications and pricing*, Wiley Finance.

Ausschuss für das weltweite Finanzsystem (2005): *The role of ratings in structured finance: issues and implications*, Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, Basel.

Bernard, A., F. Pourmokhtar, B. Jacquard, D. Baum, L. Gibson, L. Andersen und J. Sidenius (2004): „The Bank of America guide to advanced correlation products“, Beilage, *Risk* magazine, Mai.

Cherubini, U., E. Luciano und W. Vecchiato (2004): *Copula methods in finance*, Wiley, New York.

Collin-Dufresne, P., R. Goldstein und J. Helwege (2003): *Is credit event risk priced? Modelling contagion via the updating of beliefs*, Carnegie Mellon University, Mimeo.

Davis, M. und V. Lo (2001): „Infectious defaults“, *Quantitative Finance*, 1, S. 382–387.

---

<sup>25</sup> Korrelationen zwischen Diskontierungsfaktoren und Kreditrisiken könnten ebenfalls zu diesen Wechselbeziehungen zählen.

<sup>26</sup> S. Davis und Lo 2001 sowie Collin-Dufresne et al. 2003 für theoretische Modellansätze zu Ansteckungseffekten bei Kreditrisiken. Bei Schönbucher und Schubert 2001 wird gezeigt, wie bestimmte, allgemeiner definierte Copula-Modelle solche allgemeinen Kreditrisiko-Wechselbeziehungen erfassen können.

- Duffie, D. (2004): „Time to adapt copula methods for modelling credit risk correlation“, *Risk* magazine, April, S. 77.
- Duffie, D. und K.J. Singleton (2003): *Credit risk: pricing, measurement and management*, Princeton University Press.
- Gibson, M. (2004): „Understanding the risk of synthetic CDOs“, *FEDS Discussion Papers*, Nr. 2004-2036, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Gregory, J. und J.-P. Laurent (2004): „In the core of correlation“, *Risk* magazine, Oktober, S. 87–91.
- Hull, J. und A. White (2004): „Valuation of a CDO and an n-th-to-default CDS without Monte Carlo simulation“, *Journal of Derivatives*, erscheint demnächst.
- International Swaps and Derivatives Association (2003): „ISDA Credit Derivatives Definitions“, *Supplements and Commentaries*.
- Lando, D. (2004): *Credit risk modelling: theory and applications*, Princeton University Press.
- Li, D. (2000): „On default correlation: a copula function approach“, *Journal of Fixed Income*, März, S. 43–54.
- Nelsen, R. (1999): „An introduction to copulas“, *Lecture Notes in Statistics*, Springer, Berlin.
- O’Kane, D., M. Naldi, S. Ganapati, A. Berd, C. Pedersen, L. Schloegl und R. Mashal (2003): „The Lehman Brothers guide to exotic credit derivatives“, Beilage, *Risk* magazine, November.
- O’Kane, D., C. Pedersen und S. Turnbull (2003): „The restructuring clause in credit default swap contracts“, *Fixed income quantitative credit research*, Lehman Brothers, April.
- O’Kane, D. und S. Sen (2003): „Up-front credit default swaps“, *Quantitative Credit Research Quarterly*, Lehman Brothers, drittes Quartal.
- Packer, F. und H. Zhu (2005): „Vertragsbedingungen und Preisfindung bei Credit Default Swaps“, *BIZ-Quartalsbericht*, März.
- Rebonato, R. (2002): *Modern pricing of interest-rate derivatives*, Princeton University Press.
- Schönbucher, P. und D. Schubert (2001): *Copula-dependent default risk in intensity models*, Department of Statistics, Universität Bonn, Mimeo.