



RISIKO MANAGER

15-16 . 2015

[KREDITRISIKO] [MARKTRISIKO] [LIQUIDITÄTSRISIKO] [OPRISK] [ERM] [REGULIERUNG]



Inhalt

- 1, 7 CVA für Kontrahenten-Ausfallrisiken
- 3 Standpunkt, Kurz & Bündig
- 11 Fotonachlese
- 15 Operationelle Risiken
- 20 Buchbesprechung
- 21 KWG §44-Readiness in der IT
- 25 Personalien
- 26 Impressum
- 28 Produkte & Unternehmen

WWW.RISIKO-MANAGER.COM

Bewertungsadjustierungen

CVA für Kontrahenten-Ausfallrisiken

Dieser Artikel ist eine Einführung in die Thematik der Bewertung von Derivaten unter Berücksichtigung von Bewertungsadjustierungen (engl. „Credit Valuation Adjustments“ (CVA)) mit dem Ziel, einen leicht verständlichen Einstieg in die Materie zu geben. Es wird dabei auf die Hintergründe von CVA im Rahmen des Risikomanagements eingegangen. Dabei findet eine sorgfältige Abgrenzung zu herkömmlichen Größen im Kontext von Kontrahenten-Ausfallrisiken (engl. „Counterparty Default Risk“) unter den Basel-III-Regularien statt. Besonderes Augenmerk wird auf ein praxisnahes Vorgehen gelegt und es werden Hinweise zur Simulation von CVA gegeben.

Hintergrund und Einordnung

Der Begriff „Counterparty Default Risk“ beschreibt allgemein das Risiko für finanzielle Verluste durch den Ausfall eines Geschäftspartners. Berühmt – und teils auch berüchtigt – wurde dieser Begriff im Zusammenhang mit Derivatetransaktionen. Auf diesen Kontext beziehen wir uns daher im Folgenden. Regulatorisch umgesetzt wird Counterparty Default Risk als Teil

eines größeren Rahmenwerks: Den Basel-III-Regularien (genauer: Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems). Diese werden herausgegeben von der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich (BIS, Bank for International Settlements) und können als internationaler Minimalkonsens zum Thema Bankenregulierung betrachtet werden. Basel III gibt konkrete Regeln, Richtlinien

Fortsetzung auf Seite 7

Anzeige



www.pco-ag.de/sanierungsplan

Dr. Peter & Company AG

Nutzen Sie unsere Expertise bei der Sanierungsplanung

Fortsetzung von Seite 1

und eine detaillierte Anleitung zur Methodik im Risikomanagement vor, die in vielen Staaten maßgebliche Vorlage der Gesetzgebung sind.

Die Basel-III-Standards bestehen aus drei Säulen: Den Eigenkapitalanforderungen, dem aufsichtsrechtlichen Überprüfungsprozess und der Kontrolle durch den Markt. Aus Sicht des quantitativen Risikomanagements sind vor allem die Eigenmittelanforderungen relevant. Vereinfacht geht es immer darum, eine angemessene Kapitalreserve für ein gewisses Risiko zu hinterlegen, vergleichbar etwa mit Rückstellungen für einen Rechtsstreit. Konkrete Berechnungsvorschriften für die Höhe dieser Kapitalreserven werden für die folgenden Risikoklassen definiert:

- Marktrisiko (engl. „Market Risk“),
- Kreditrisiko (engl. „Credit Risk“),
- Betriebsrisiko (engl. „Operational Risk“),
- Ausfallrisiko des Kontrahenten (engl. Counterparty Default Risk). Diese Risikoklasse versteckt sich im Anhang 4 von Basel III.

Streng genommen ist Counterparty Default Risk keine eigene Risikoklasse, sondern lediglich ein Teilbereich des Kreditrisikos. Das aus Credit Valuation Adjustments (CVA) resultierende Risiko hingegen ist Teil des Marktrisikos und nutzt (teilweise) dessen Methodik zur Bestimmung der Kapitalreserve.

Counterparty Default Risk

Im herkömmlichen, über eine Börse abgewickelten Aktien- oder Derivatehandel spielt der Ausfall eines Kontrahenten nur eine untergeordnete Rolle, da der Margin Account das Verlustrisiko maßgeblich verkleinert. Im außerbörslichen Handel (engl. Over-the-Counter (OTC), im Deutschen manchmal auch noch als Telefon-Handel bezeichnet) hingegen, bei dem bilaterale Verträge zwischen zwei Parteien (ohne vermittelnde Börse) geschlossen werden, ist ein solcher Ausfall höchst relevant. Der OTC-Markt ist immens groß. Die BIS bezifferte im Jahr 2013 in ihrem Triennial Central Bank Survey [vgl. BIS 2013] die Nominale aller ausstehenden OTC-Derivate mit 693 Bio. US-\$. Als Vergleich: Die Nominale aller an der Börse gehandelten Derivate betragen 2013 der BIS zufolge nur 70 Bio. US-\$. Der OTC-Markt für Derivate ist damit etwa zehnmal

so groß wie der herkömmliche Börsenhandel.

Kann in einem OTC-Geschäft eine Partei ihre Verpflichtungen nicht erfüllen, so bleibt der andere Vertragspartner unter Umständen mit leeren Händen zurück und verzeichnet einen entsprechenden Verlust.

Ein Beispiel ist etwa ein Kreditausfall-Swap (engl. CDS), bei dem sich ein Kontrahent verpflichtet, im Fall der Insolvenz eines im Vertrag benannten Unternehmens (Referenz-Entität) dem Versicherungsnehmer eine gewisse Summe zu erstatten. Fällt die benannte Firma tatsächlich aus, ist der Kontrahent aber unter Umständen selbst insolvent (und damit nicht mehr in der Lage, alle CDS-Verpflichtungen zu bedienen) und kann im nun eingetretenen Versicherungsfall keine Leistung mehr erbringen. Die gezahlten Prämien bleiben für den Versicherungsnehmer ohne Gegenwert, und die fehlende Absicherung stellt einen Verlust für ihn dar. Eben dieses Verlustrisiko durch den Ausfall des Kontrahenten beschreibt Counterparty Default Risk.

Credit Valuation Adjustments (CVA) und CVA-Risiko

In diesem Abschnitt werden wir uns mit Credit Valuation Adjustments befassen – einer der vielen Begriffe und Abkürzungen, die den Einstieg in diese Materie etwas mühsam gestalten. Der Preis eines Derivats wird klassischerweise mithilfe der risikoneutralen Bewertungstechnik ermittelt. Man berechnet also die abdiskontierte erwartete Auszahlung unter einem geeigneten Martingalmaß. Hierbei spielt der Kontrahent zunächst keine Rolle. Man geht also implizit davon aus, die vertraglich festgeschriebenen Leistungen vollumfänglich zu erhalten. Mathematisch bedeutet dies, dass lediglich ein Modell des Basiswerts des Derivats (sowie ggf. des Zinssatzes zur Abdiskontierung) benötigt wird. Unter CVA versteht man nun eine Anpassung des Preises eines Derivats, welche der Kreditwürdigkeit des Kontrahenten geschuldet ist. Ist der Kontrahent sehr solide (beispielsweise der deutsche Staat), so wird der Preis kaum angepasst, und CVA ist dementsprechend fast Null. Ist der Kontrahent aber stärker gefährdet auszufallen (etwa eine hoch verschuldete Firma), so wird der Preis stark angepasst (nämlich reduziert). Dies spiegelt den für den Investor geringe-

ren Wert des Kontrakts aufgrund der höheren Ausfallwahrscheinlichkeit des Kontrahenten wider. Mathematisch modelliert werden muss somit zusätzlich der mögliche Ausfall des Vertragspartners.

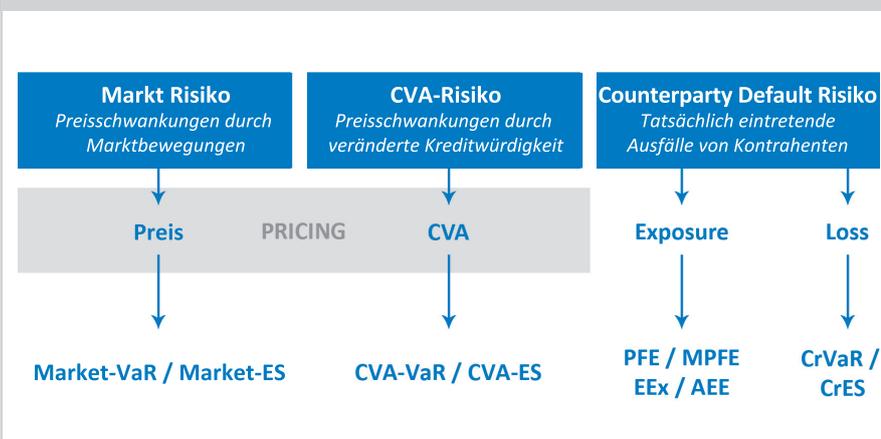
Auf diesem Weg hilft CVA eine Präferenz des Kontrahenten über den Preis eines Derivats auszudrücken. Angenommen, derselbe Kontrakt kann zum gleichen Preis mit zwei unterschiedlichen Kontrahenten abgeschlossen werden: Ohne CVA wäre ein Investor komplett indifferent zwischen den beiden Möglichkeiten. Mit Berücksichtigung von CVA sollte aber der solidere Kontrahent bevorzugt werden, da sein CVA, das heißt die Abwertung seines Kontrakts durch seine Ausfallwahrscheinlichkeit, geringer ist. Der stärker ausfallgefährdete Kontrahent würde ein größeres CVA, das heißt eine stärkere Abwertung, bekommen. Somit wäre er (bei gleichem Preis) die schlechtere Wahl. Der ausfallgefährdete Kontrahent müsste also seinen Preis reduzieren, um mit dem soliden Kontrahenten konkurrieren zu können – obwohl beide den komplett gleichen Kontrakt anbieten. Die Höhe der Preisreduktion, im Vergleich zum risikoneutralen Preis, wird als CVA bezeichnet.

Credit Valuation Adjustments sind streng genommen nicht Teil des Risikomanagements. Stattdessen gehört CVA zum Bewertungsprozess, das heißt zur Bestimmung eines fairen Preises. CVA wird aber nicht nur einmalig bei Vertragsabschluss berechnet, sondern kann auch für laufende Verträge (wieder-) ermittelt werden. Es schwankt sowohl aufgrund von Änderungen der Kreditwürdigkeit des Kontrahenten als auch wegen Änderungen des Basiswerts des Derivats. Ähnlich wie ein im Zeitverlauf schwankender Preis aber zu einem Marktrisiko führt, so führt auch ein schwankendes CVA zu einem entsprechenden CVA-Risiko. Dieses CVA-Risiko wiederum ist Bestandteil des Risikomanagements (nämlich als eine Unterform des Marktrisikos). Leider werden diese Begriffe nicht immer konsequent getrennt, und CVA wird als Synonym zum verursachten CVA-Risiko benutzt, beziehungsweise steht pars pro toto für die gesamte damit verbundene Thematik.

CVA ist also keine Vollkasko-Versicherung gegen starke Marktschwankungen, schwere Verluste etc. Im Gegenteil, CVA birgt unter Umständen selbst ein neues Gefahrenpotenzial. Das für Basel III verantwortliche Basel Committee der BIS

Abgrenzung von klassischem Counterparty Default Risk, CVA und CVA-Risiko sowie den entsprechenden Risikomaßen

► Abb. 01



schreibt dazu [vgl. BIS 2011], dass während der Finanzkrise die Mark-to-Market-Verluste durch die Neuberechnung von CVA etwa zwei Drittel aller Verluste im Counterparty Default Risk ausmachten. Dass heißt, nur ein Drittel der Verluste kamen durch tatsächlich ausfallende Marktakteure zustande.

Diese neuen Risiken wurden durch keinen der damals existierenden Eigenkapitalpuffer aufgefangen. Die Simulationen für die Bewertung im Rahmen des Marktrisikos berücksichtigen keine Ausfälle der Kontrahenten. Die klassischen Methoden für Counterparty Default Risk wiederum adressieren nur tatsächlich eintretende Verluste durch realweltliche Ausfälle (und sind, was das angeht, relativ simpel: Meist wird lediglich die Nominale mit einer von der Asset-Klasse abhängigen Risikogewichtung multipliziert). Die Vorstufen eines Ausfalls, das heißt die schrittweise Verschlechterung der Bonität eines Kontrahenten und die damit verbundenen Abwertungen der gehaltenen Kontrakte durch Anpassungen im CVA, wurden bis dato nicht abgesichert. Das entsprechende Risiko bezeichnen wir – wie bereits erwähnt – als CVA-Risiko.

Zur Quantifizierung des CVA-Risikos werden die allgemein bekannten Risikomaße Value-at-Risk (VaR) und Expected Shortfall (ES) herangezogen. ► **Abb. 01** gibt eine grafische Übersicht über die verschiedenen Größen, Risiken und assoziierten Risikomaße, die im Weiteren teilweise vertieft werden. Für eine Erläuterung der Risikomaße des klassischen Counterparty Default Risk, die auf Exposure und Loss basieren, sei an dieser Stelle auf Brigo et al. verwiesen [Brigo et al. 2013].

Einfache Berechnungsansätze für CVA

$CVA_{t,T}$ bezeichne die (positive) Differenz aus dem Wert einer Position zum Zeitpunkt t mit einem fiktiven Kontrahenten ohne Ausfallrisiko und der gleichen Position mit dem tatsächlichen Kontrahenten unter Berücksichtigung von dessen Ausfallrisiko. In der Regel gibt es eine CVA-Position pro Kontrahenten im Portfolio, das heißt, es muss eine übergreifende Betrachtung aller Positionen pro Kontrahenten stattfinden. Bei gleichbleibenden äußeren Rahmenbedingungen und Bonität des Kontrahenten wird CVA

langsam gegen Null streben, je näher t der Fälligkeit T des Portfolios mit dem Kontrahenten kommt, da die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls innerhalb des kürzer werdenden Zeitrahmens $(t, T]$ immer kleiner wird.

Eine sehr bekannte – aber das Problem stark vereinfachende – mathematische Definition für CVA mit einem bestimmten Kontrahenten zum Zeitpunkt $t = 0$ mit längster Fälligkeit T aller Positionen mit diesem Kontrahenten ist in ► **Gleichung 01** wiedergegeben, wobei

- REC die Erlösquote (engl. Recovery Rate) des Kontrahenten bezeichnet, das heißt den Prozentsatz, der im Fall eines Ausfalls des Kontrahenten vom Nominal noch zu retten ist,
- $q(t)$ gibt die Dichte der Ausfallzeit des Kontrahenten zum Zeitpunkt t an,
- $v(t)$ ist der Erwartungswert zum Zeitpunkt t der zukünftigen, diskontierten Exposure, bedingt auf die verfügbare Marktinformation zum Zeitpunkt t .

Die auf den ersten Blick intuitive ► **Gleichung 01** basiert aber auf stark vereinfachenden Annahmen, wie ein zweiter Blick verrät. So wird einerseits die Recovery Rate als konstant angenommen (und in der Praxis beispielsweise auf den Wert 40 Prozent gesetzt). Andererseits wird vereinfachend Unabhängigkeit zwischen dem Ausfallzeitpunkt des Kontrahenten und dem dann erwarteten Exposure postuliert – wie aus dem Produkt $q(t)v(t)$ ersichtlich wird. Wird diese Annahme fallen gelassen, so entsteht eine Situation die als „Wrong Way Risk“ (WWR) bezeichnet wird. Darauf wird später noch knapp eingegangen. ► **Gleichung 01** eignet sich vor allem zur analytischen Betrachtung von CVA und kann bis auf Instrumentenebene verfeinert werden, das heißt, es gibt unterschiedliche Formeln für CVA je nach Assetklasse. Dieser Weg wird etwa von Brigo et al. [vgl. Brigo et al. 2013] verfolgt.

Eine etwas andere Herangehensweise offenbart die folgende, leicht abweichende Definition von CVA. Hier liegt der Fokus auf einer praktischen, simulationsnahen Anwendung. Die Notation deckt sich stärker mit der Terminologie aus dem klassischen Counterparty Default Risk (vgl. ► **Gleichung 02**) mit Ausfallzeitpunkt des Kontrahenten τ , Fälligkeit des betrachteten Derivats T , Recovery Rate des Kontrahenten REC, Diskontierungsfaktor $D(t, s)$ für das Intervall $(t, s]$ und Exposure $Ex(\tau)$ zum Ausfallzeitpunkt τ . Der Erwartungs-

► Gleichung 01

$$CVA_{0,T} := (1 - REC) \int_{t=0}^T q(t) v(t) dt,$$

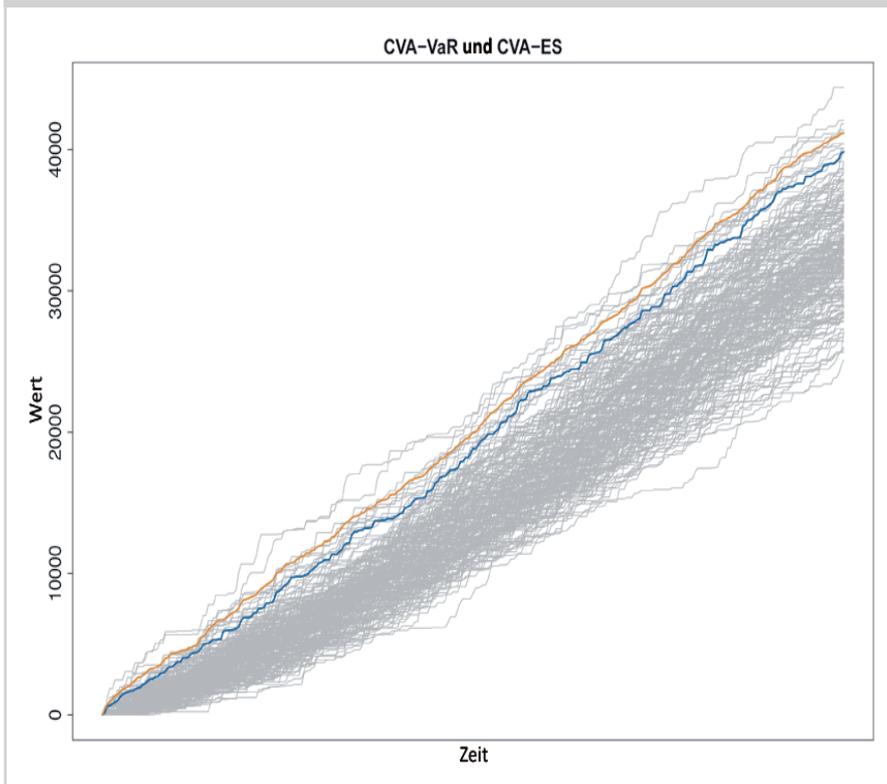
► Gleichung 02

$$CVA_{t,T} := \mathbb{E}_t[D(t, \tau) \mathbf{1}_{\{t \leq \tau \leq T\}} (1 - REC) Ex(\tau)]$$

► Gleichung 03

$$CVA\text{-}VaR_{\alpha, \bar{T}, T} := \alpha\text{-Quantil unter } \mathbb{P} \text{ von } (CVA_0 - CVA_{\bar{T}}).$$

95%-CVA-VaR (blau) and CVA-ES (orange), basierend auf 200 Simulationen von $CVA_0 - CVA_{\bar{T}}$ (grau) ► Abb. 02



wert wird unter dem risikoneutralen Maß (ein weiterer Hinweis darauf, dass CVA Teil des Pricings ist) \mathbb{Q} und bedingt auf die Marktinformation zum Zeitpunkt t gebildet. In ► Gleichung 02 sind potenziell noch alle auftretenden Größen zufällig und auch möglicherweise stochastisch abhängig. Für eine konkrete Anwendung werden aber oft vereinfachende Annahmen getroffen.

Aus ► Gleichung 02 wird bereits der Simulationsansatz für CVA ersichtlich: Es müssen der Ausfallzeitpunkt τ und die Höhe des Verlusts zu diesem Zeitpunkt, das Exposure $Ex(\tau)$, simuliert werden. Dieser Ansatz soll im Folgenden konkretisiert werden.

Risikomaße von CVA

Bevor wir uns der Modellierung und der Simulation des Ausfallzeitpunktes und des Exposures zuwenden, seien hier noch der Vollständigkeit halber die aus Sicht des

Risikomanagements relevanten Risikomaße von CVA genannt. CVA-VaR ist der Value-at-Risk von CVA zum Konfidenzniveau α , Risikohorizont \bar{T} und Fälligkeit T , das heißt hieraus resultiert ► Gleichung 03.

Ebenso CVA-ES, der Expected Shortfall von CVA, mit Erwartungswert unter dem realweltlichen Maß \mathbb{P} bedingt auf die Marktinformation zum Zeitpunkt $t = 0$.

► Abb. 02 zeigt die Simulation von $CVA_0 - CVA_{\bar{T}}$ für zunehmenden Risikohorizont \bar{T} und die zugehörigen (geschätzten) Risikomaße.

Ausfallzeiten modelliert durch Intensitäts-Modelle

Bei der Ausfallzeit handelt es sich um den Zeitpunkt des Ausfalls eines Kontrahenten. Diese bestimmt, zusammen mit dem Exposure, den Verlust.

Gängige Modelle für den zufälligen Zeitpunkt τ einer Insolvenz fallen fast durchweg in eine der zwei Klassen: Strukturier-

te Modelle (diese modellieren im Wesentlichen die Bilanz einer Firma und definieren den Ausfallzeitpunkt als den ersten Moment, zu welchem der Wert einer Firma unter deren Verbindlichkeiten fällt) und Intensitäts-Modelle. Wir beschreiben (und nutzen) im Folgenden lediglich die zweite Klasse. Es wird hierin angenommen, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit für einen infinitesimal kleinen Zeitraum proportional zu einer (eventuell stochastischen) Intensität ist, welche mit γ bezeichnet wird. Mathematisch gesprochen wird also angenommen, dass ► Gleichung 04 gilt.

Daraus lässt sich folgern, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit für s Zeiteinheiten gegeben ist durch ► Gleichung 05.

Modelliert wird also ein nicht-negativer, stochastischer Prozess $\gamma = \{\gamma(t)\}_{t \geq 0}$, welcher das lokale Ausfallverhalten von τ beschreibt. Für eine ganze Reihe von stochastischen Prozessen γ kann ► Gleichung 05 geschlossen berechnet werden, und somit können Ausfall- und Überlebenswahrscheinlichkeiten explizit angegeben werden. Für eine Simulation von τ ist noch wichtig, die als „kanonische Repräsentation“ bekannte Darstellung zu kennen (vgl.

► Gleichung 06), wobei ξ eine exponentialverteilte Zufallsvariable mit Erwartungswert eins ist. Um nun τ via ► Gleichung 06 zu simulieren, muss lediglich ξ gezogen werden und γ wird so lange simuliert, bis die Bedingung $\int_0^s \gamma(t) dt \geq \xi$ zutrifft. Das Integral wird dabei typischerweise durch eine (diskretisierende) Summe ersetzt.

Berechnung des Exposures

Ist der Ausfallzeitpunkt τ simuliert, so fehlt zur Berechnung von CVA noch das

► Gleichung 04

$$\mathbb{Q}(\tau \in (t, t + dt) | \tau > t) = \gamma(t) dt$$

► Gleichung 05

$$\mathbb{Q}(\tau > s) = \mathbb{E}[e^{-\int_0^s \gamma(t) dt}].$$

► Gleichung 06

$$\tau := \inf \{s \geq 0 : \int_0^s \gamma(t) dt \geq \xi\},$$

Exposure. Es beschreibt die Höhe der noch ausstehenden Verbindlichkeiten eines Kontrahenten – also genau den Betrag, der verloren geht, sollte der Kontrahent ausfallen. Dabei werden (bei einer ganzheitlichen Betrachtung) alle Positionen mit dem Kontrahenten eines Portfolios aufsummiert. Eine „negative“ Position (im Sinn von: eine Schuld gegenüber dem Kontrahenten) kann also eine „positive“ Position (im Sinn von: eine Schuld des Kontrahenten) ausgleichen. Dies wird im Englischen als Netting bezeichnet.

Exposure ist immer positiv. Sollten die Zahlungsverpflichtungen gegenüber einem Kontrahenten größer sein als seine Verbindlichkeiten, schuldet der Kontrahent kein Geld – insofern ist sein Ausfall also mit keinem finanziellen Verlust verbunden.

Das Exposure einer einzelnen Position zum Zeitpunkt t mit Fälligkeit T und kumulierten, auf t abdiskontierten Zahlungen $\Pi(t, T)$ ist definiert als ► **Gleichung 07**.

► **Gleichung 07**

$$Ex(t) = \max(0, \mathbb{E}_t[\Pi(t, T)]).$$

Dabei bezeichnet \mathbb{E} , den risikoneutralen Erwartungswert, bedingt auf die Marktinformation zum Zeitpunkt t . Wird das Exposure über alle Positionen mit einem Kontrahenten gebildet, so werden zunächst deren Einzelwerte aufsummiert (wobei positive und negative Werte gegeneinander verrechnet werden) und erst dann der Positivteil gebildet.

Bei der Simulation von Exposure sollte im Idealfall ein multivariates Szenario zugrunde gelegt werden. Anstatt also jedes Instrument separat zu simulieren, werden pro Simulationslauf einmalig alle Risikofaktoren gezogen (Basiswerte, Zinsraten, Wechselkurse, etc.) und für die Preisbewertung herangezogen. Auf diesem Weg kommen „realistischere“ und gegebenenfalls auch extremere Szenarien zustande, was für das Risikomanagement von besonderem Interesse ist.

Sind sowohl die Ausfallzeiten als auch die zugehörigen Exposure-Werte simuliert, kann mit ► **Gleichung 02** direkt das CVA für das entsprechende Szenario berechnet werden. □

War das schon alles?

Klare Antwort: Nein! Streng genommen fängt die Thematik nun erst an spannend zu werden. In dieser ersten Einleitung wollen wir uns aber auf einen kurzen Ausblick auf weitere Fragestellungen beschränken.

Fordere ich von meinem Kontrahenten einen Preisabschlag für dessen Kreditrisiko, so ist offensichtlich, dass er dies auch von mir einfordern wird. Das Resultat ist eine bilaterale Adjustierung des risikoneutralen Derivate-Preises, im Englischen Bilateral Valuation Adjustment (BVA) genannt. Zu dessen Bestimmung müssen nun die Ausfallzeiten sowie die Recovery Raten beider Kontrahenten modelliert werden.

Auch hatten wir bereits am Anfang dieses Artikels erwähnt, dass die Annahme von Unabhängigkeit der Ausfallzeit und des Basiswerts kritisch sein kann. Es lassen sich leicht realistische Szenarien konstruieren, in denen der Wert eines Derivats (beispielsweise ein CDS, den ich als Versicherungsnehmer eingehe) gerade dann besonders zu meinen Gunsten ist, wenn der Kontrahent ausfällt. Eine, zu meinen Ungunsten bestehende, Abhängigkeit zwischen Basiswert und Ausfallzeit des Kontrahenten bezeichnet man als Wrong-Way Risk (WWR). Dies ist technisch gesehen nicht einfach zu modellieren, da Basiswerte in aller Regel durch stochastische Prozesse modelliert werden, wohingegen Ausfallzeiten Zufallsvariablen sind.

Weiter werden aktuell verschiedene, über CVA weit hinausgehende, Adjustierungen vorgeschlagen und auch teilweise schon im Bankenwesen umgesetzt. Das wohl bekannteste ist das sogenannte „Funding Valuation Adjustment“ (FVA), welches einen Aufschlag für interne Finanzierungskosten berechnet. Welcher der verschiedenen Vorschläge sich in der Praxis etabliert, muss sich dabei aber erst herauskristallisieren.

Quellenverzeichnis sowie weiterführende Literaturhinweise:

BIS [2011]: Press release: Capital treatment for bilateral counterparty credit risk finalised by the basel committee. June 2011.

BIS [2012]: BIS Consultative Document, Fundamental review of the trading book, Annex 4, available at BIS.org (2012).

BIS [2013]: Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department. OTC derivatives statistics at end-June 2013. http://www.bis.org/publ/otc_hy1311.pdf, November 2013.

Brigo, D./Chourdakis, K. [2009]: Counterparty Risk for Credit Default Swaps: Impact of spread volatility and default correlation. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 12 (7) (2009).

Brigo, D./Chourdakis, K. [2012]: Consistent single- and multi-step sampling of multivariate arrival times: A characterization of self-chaining copulas. Available at arXiv.org, ssrn.com, defaultrisk.com (2012).

Brigo, D./Nordio, C. [2010]: Liquidity Adjusted Market Risk Measures with Stochastic Holding Period. Available at ssrn.com and arXiv.org (2010).

Brigo, D./Morini, M./Pallavicini, A. [2013]: Counterparty Credit Risk, Collateral and Funding, with Pricing Cases for all Asset Classes, Wiley (2013).

Brigo, D./Pallavicini, A./Torresetti, R. [2006]: The Dynamical Generalized- Poisson loss model, Part one. Introduction and CDO calibration. Short version in *Risk Magazine*, June 2007 issue, extended version available at ssrn.com (2006).

Brigo, D./Pallavicini, A./Torresetti, R. [2007]: Cluster-based extension of the generalized Poisson loss dynamics and consistency with single names, *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 10(4) (2007), also in A. Lipton and Rennie (Editors), *Credit Correlation – Life After Copulas*, World Scientific, 2007.

Brigo, D./Pallavicini, A./Torresetti, R. [2010]: Credit Models and the Crisis: A Journey into CDOs, Copulas, Correlations and Dynamic Models. Wiley, Chichester.

Torresetti, R./Brigo, D./Pallavicini, A. [2006]: Implied Correlation in CDO Tranches: A Paradigm to be Handled with Care. Available at SSRN.com, later included in Brigo et al. [2010].

Autoren:

Matthias Scherer ist Professor für Finanzmathematik an der Technischen Universität München. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehört die Modellierung von Abhängigkeiten. Er ist Mit-Autor des kürzlich erschienenen Buchs „Financial engineering with copulas explained“.

Sebastian Walter studierte Mathematical Finance and Actuarial Science an der Technischen Universität München. Seine Master-Thesis zum Thema Credit Valuation Adjustments und Wrong Way Risk wurde 2014 mit dem MINT-Award Mathematik ausgezeichnet. Nach seinem Abschluss wechselte er zur Celonis GmbH und beschäftigt sich dort als Business Analytics Consultant intensive mit Process Mining.