

**Ein Vorschlag zur Modellierung von
Summenexzedenten-
Rückversicherungsverträgen in Internen
Modellen**

Dorothea Diers

Preprint Series: 2007-22



**Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften
UNIVERSITÄT ULM**

Ein Vorschlag zur Modellierung von Summenexzedenten- Rückversicherungsverträgen in Internen Modellen

Dorothea Diers

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wirkung von Summenexzedenten-Verträgen	1
3	Modellierung der Basisschäden	2
4	Modellierung der Großschäden	4
5	Fallbeispiel	5
6	Literatur	9

1 Einleitung

Veränderte Rahmenbedingungen in der Versicherungsindustrie führen aktuell zu einem Paradigmenwechsel in der Unternehmenssteuerung, der sich ausgehend von der klassischen Umsatzorientierung hin zu einer *wert- und risikoorientierten Steuerung* auf ökonomischen Größen vollzieht. Hierbei wird der Erfolg an der Erzielung einer angemessenen Rendite auf das von den Kapitalgebern zur Verfügung gestellte Risikokapital gemessen. Nur qualitativ hochwertige Interne Modelle,¹ die optimal an die zugrunde liegende Risikosituation angepasst sind, können dem Anspruch gerecht werden, einen erfolgreichen Beitrag zur wert- und risikoorientierten Unternehmenssteuerung zu leisten, die eine langfristige und dauerhafte Steigerung des Unternehmenswertes zum Ziel hat.

In diesem Zusammenhang kommt der Wahl der adäquaten Rückversicherungsstruktur eine entscheidende Bedeutung zu. Mit Hilfe geeigneter Interner Modelle können und sollten alternative Rückversicherungsstrategien getestet und deren Wirkung auf wesentliche Rendite- und Risikokennzahlen überprüft werden. So kann z.B. die Risikokapitalreduktion durch verschiedene Rückversicherungsstrategien quantifiziert und verglichen werden. Ebenso können weitere steuerungsrelevante Rendite-Risiko-Kennzahlen wie der Return on Risk Adjusted Capital (RoRAC) oder der Economic Value Added (EVA), der auch die Kapitalkosten berücksichtigt, vor und nach verschiedenen Rückversicherungsstrategien gegenübergestellt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine auf die Charakteristika der Rückversicherungsverträge ausgerichtete Brutto-Modellierung.

Summenexzedenten-Rückversicherungsverträge spielen bei Sparten mit einem hohen Großschadenrisiko und einer heterogenen Versicherungssummenstruktur, wie z.B. den Feuersparten, eine wichtige Rolle, um eine Homogenisierung des Bestandes zu erreichen. Diese wird durch eine individuelle, in Abhängigkeit der Versicherungssumme pro Vertrag bestimmte Abgabequote erreicht. Allerdings kann die Wirkung dieser Verträge nur dann adäquat abgebildet und bewertet werden, wenn die Schäden je Simulation einzelnen Versicherungssummen bzw. pml-Klassen² zugeordnet werden. Hier soll ein konkretes Beispiel zur Modellierung von Summenexzedenten in Internen Modellen gegeben werden.

2 Wirkung von Summenexzedenten-Verträgen

Dazu soll zunächst kurz auf die Funktionsweise dieser Rückversicherungsverträge eingegangen werden. Im Gegensatz zur Quoten-Rückversicherung, die durch ein bei allen Risiken identisches Aufteilungsverhältnis zwischen dem Zedenten und dem Rückversicherer gekennzeichnet ist, ist das Aufteilungsverhältnis bei der ebenfalls proportionalen *Summenexzedenten-Rückversicherung* in Abhängigkeit der Versicherungssumme bzw. des pmls V des jeweiligen Risikos definiert. Risiken mit einer Versicherungssumme (bzw. einem pml) V , die unterhalb eines zuvor definierten Selbstbehaltes V_S liegt, werden vom Zedenten

¹ Wir verstehen in diesem Artikel unter einem Internen Modell ein Simulationsmodell. Analytische Modelle sind in der Schaden- und Unfallversicherung nur unter sehr restriktiven Annahmen einzusetzen (vgl. [Diers 2007b] und [Diers / Nießen 2005]). Der interessierte Leser findet einen konkreten Vorschlag zur Erstellung eines Internen Modells für die Schaden- und Unfallversicherung in [Diers 2007a].

² pml: probable maximum loss (wahrscheinlicher Höchstschaden)

vollständig selbst reguliert, während der Rückversicherer bei Risiken mit Versicherungssummen (bzw. pmls) oberhalb von V_S jeweils den Anteil V/V_S der über V_S hinausgehenden Versicherungssumme übernimmt. Bezeichne $sb(V_i)$ den Selbstbehaltsanteil an den N Einzelschäden X_i (mit Versicherungssumme V_i), $1 \leq i \leq N$, die durch diesen Summenexzedenten geschützt sind. Dann beträgt der Eigenbehalt für den Zedenten (EV)

$$\text{Anteil EV} = \sum_{i=1}^N sb(V_i) \cdot X_i = \sum_{i=1}^N \min\left(\frac{V_S}{V_i}, 1\right) \cdot X_i.$$

Der Rückversicherer übernimmt den Anteil

$$\text{Anteil RV} = \sum_{i=1}^N \frac{\max(V_i - V_S, 0)}{V_i} \cdot X_i.$$

Mit Hilfe von Summenexzedenten-Verträgen wird – durch Kappung der Versicherungssummen – somit eine Homogenisierung des Schadenverlaufes im Selbstbehalt des Zedenten erzeugt. In der Regel bietet der Rückversicherer allerdings keinen nach oben unbegrenzten Versicherungsschutz an. So wird der vom Rückversicherer zu übernehmende Anteil durch ein Limit $V_L = (m+1) \cdot V_S$, nach oben begrenzt, wobei das sogenannte Maximum $m \geq 1$ häufig ganzzahlig gewählt wird. Damit übernimmt der Rückversicherer von den Schäden X_i mit Versicherungssumme V_i den Anteil

$$\text{Anteil RV} = \sum_{i=1}^N \min\left(1 - sb(V_i), \frac{(m+1)V_S}{V_i}\right) \cdot X_i = \sum_{i=1}^N \frac{\min(\max(V_i - V_S, 0), (m+1)V_S)}{V_i} \cdot X_i.$$

In der Praxis werden häufig mehrere Summenexzedenten-Verträge j (z.T. von verschiedenen Rückversicherern) hintereinander geschaltet. Dabei wird für jeden Vertrag j das Limit V_{L_j} mit Hilfe des Maximums m_j und der jeweiligen Vorabmaxima m_i , $1 \leq i \leq j$, wie folgt definiert

$$V_{L_j} = (m_j + \sum_{i=1}^{j-1} m_i + 1) V_S, \quad j \geq 1.$$

3 Modellierung der Basisschäden

Als eine geeignete Form der Schadenmodellierung in Internen Modellen hat sich die Separierung der Schadenlast in Basisschäden (Schäden unterhalb einer vorgegebenen Großschadengrenze) auf der einen Seite und Großschäden (Schäden oberhalb einer vorgegebenen Großschadengrenze) auf der anderen Seite etabliert. Dabei wird die Basisschadenlast en bloc modelliert, während die Großschäden einzeln simuliert werden.³

³ Naturkatastrophen spielen im Zusammenhang mit Summenexzedenten-Verträgen in der Regel keine Rolle und sollen deshalb hier nicht explizit behandelt werden.

Im Folgenden soll ein Verfahren vorgestellt werden, mit dem Basisschäden in Sparten mit Summenexzedenten-Rückversicherungsschutz über Schadensgradverteilungen innerhalb geeigneter Versicherungssummen- bzw. pml-Bänder (Summenbänder) modelliert werden können.

Unser Ziel ist es bei dieser Methode, den Bestand in geeignete Summenbänder s aufzuteilen und die Basisschäden pro Summenband zu simulieren. Hierbei sollten die Summenbänder so gewählt werden, dass sie zu den Prioritäten und Maxima der vorhandenen bzw. zu testenden Summenexzedenten passen. So könnte – je nach Priorität und Maxima des Summenexzedenten – das erste Summenband in einer Feuer-Sparte alle Verträge mit einem pml bis zur Priorität von z.B. 3 Mio. € umfassen.⁴ Das zweite Summenband würde daran anschließend z.B. alle Verträge mit einem pml zwischen 3 Mio. € und 30 Mio. € erfassen, etc. Da Untersuchungen gezeigt haben, dass sich z.B. die *LogNormal*-Verteilung sehr gut für die Basisschadenmodellierung eignet, werden wir diese Verteilung zur Modellierung der Basisschäden heranziehen und mittels Momenten-Methode fitten.⁵

Bei der Schadenmodellierung in Internen Modellen sind Endschäden (d.h. die Summe der zukünftigen Cashflows aus einem Schadenereignis) zugrunde zulegen, um eine ökonomische, risikogerechte Bewertung der Schäden zu gewährleisten. Diese Betrachtungsweise sollte auch die Grundlage für die Ermittlung von Risikokapital sein. Als Parameter sind für jedes Summenband der Mittelwert und die Standardabweichung des Schadensgrades⁶ vorzugeben, die aus historischen Bestands- und Schadenanalysen – inklusive des Einsatzes von aktuariellen Schadenreservierungsverfahren zur Bestimmung der historischen Endschäden – abgeleitet werden können. Hierbei sind die Schadenreservierungsverfahren auf der Basis der pro Summenband definierten Abwicklungsdreiecke anzuwenden. Als weitere Parameter ermitteln wir den Mittelwert der Frequenz der Basisschäden pro Summenband, die Anzahl der Jahreseinheiten pro Summenband und den Durchschnitts-pml bzw. die durchschnittliche Versicherungssumme pro Summenband.⁷

Seien die Parameter folgendermaßen bezeichnet:⁸

- JE_s : Anzahl der Jahreseinheiten im Summenband s ,
- $Dpml_s$: Durchschnittlicher pml des Summenbandes s ,
- $EFreqB_s$: Erwartete Frequenz der Basisschäden im Summenband s ,
- $ESGrad_s$: Erwarteter Schadensgrad der Basisschäden im Summenband s ,
- $StdabwSGrad_s$: Standardabweichung des Schadensgrades der Basisschäden im Summenband s .

⁴ Hier ist die Problematik der pml-Verschätzung zu berücksichtigen, auf die in dieser Abhandlung nicht genauer eingegangen werden soll. Zur Einbeziehung von Kumul-pmls bei gleichzeitiger Gefährdung zweier versicherter Risiken siehe [Diers 2007a].

⁵ Für die Basisschadenmodellierung können auch andere Verteilungen wie z. B. die Gamma-Verteilung herangezogen werden.

⁶ Der Schadensgrad ist als Quotient aus dem Endschadenaufwand des Summenbandes und der Summe der pmls der durch einen Schaden betroffenen Einzelrisiken (Jahreseinheiten) des Summenbandes definiert.

⁷ Letztere ist heranzuziehen, wenn keine pmls vorliegen bzw. wenn pml und Versicherungssumme übereinstimmen. Siehe im Folgenden auch [Diers 2007a] und [Tillmann 2005].

⁸ Bei der Schätzung der Parameter $EFreqB_s$, $ESGrad_s$ und $StdabwSGrad_s$, entsteht ein Parameterrisiko das in Internen Modellen zu berücksichtigen ist, siehe hierzu auch [Diers 2007c]. .

Des Weiteren setzen wir – gemäß der Idee des kollektiven Modells – voraus, dass die einzelnen Schadenhöhen der Basisschäden und die Schadenanzahlen unabhängig und darüber hinaus die Schadenhöhen identisch verteilt seien. Dann ermittelt sich der Erwartungswert $v_s = E(Basis_s)$ der Zufallsvariable des Basisschadenaufwandes $Basis_s$ im Summenbandes s gemäß der folgenden Formel

$$v_s = E(Basis_s) = JE_s * EFreqB_s * Dpml_s * ESGrad_s,$$

wobei $Dpml_s * ESGrad_s$ den Durchschnittsschaden im Summenband s darstellt.

Die Standardabweichung ξ_s von $Basis_s$ berechnet sich unter der Annahme, dass die Anzahl der Schäden einer *Poisson*-Verteilung genügt, gemäß

$$\begin{aligned} \xi_s &= \text{Stdabw}(Basis_s) \\ &= \sqrt{JE_s * EFreqB_s * Dpml_s^2 * [ESGrad_s^2 + \text{StdabwSGrad}_s^2]}. \end{aligned}$$

Da wir voraussetzen, dass die Zufallsvariable $Basis_s$ einer Lognormalverteilung $\log N(\mu_s, \sigma_s)$ genügt, lassen sich die Parameter μ_s und σ_s gemäß der bekannten Umformungen berechnen.⁹

Die Zufallsvariable der gesamten Basisschäden ermittelt sich dann als Summe der Zufallsvariablen $Basis_s$ über alle Summenbänder s . An dieser Stelle sind geeignete Abhängigkeiten zwischen den Zufallsvariablen $Basis_s$ vorzugeben. Diese können aus historischen Schadenanalysen abgeleitet werden. Zur Validierung der Abhängigkeiten sollten die Basisschäden der Summensparten auch ohne Unterteilung in die Summenbänder modelliert und die Ergebnisse der Basisschadenverteilungen verglichen werden.

4 Modellierung der Großschäden

Ebenso wie die Basisschäden sind die Großschäden in Sparten, die durch Summenexzedenten-Rückversicherungsverträge geschützt sind, den Versicherungssummen- oder pml-Bändern zuzuordnen. Aufgrund der im Gegensatz zu den Basisschäden deutlich größeren Volatilität sollten Großschäden in Internen Modellen in der Regel mit Hilfe von individuell pro Segment bestimmten Schadenhöhen und Schadenanzahlverteilungen modelliert werden. In Simulationstools können so pro Simulation einzelne Großschäden erzeugt werden.¹⁰ Die Zuteilung der so erzeugten Großschäden auf die Summenbänder kann dann beispielsweise proportional zum Exposure (z.B. gemäß der Anzahl der Jahreseinheiten) in den Bändern erfolgen. Allerdings ist bei der Zuteilung darauf zu achten, dass keine Großschäden in Summenbänder fallen, die eine pml-Obergrenze unterhalb der Höhe des Großschadens haben.

Eine separate Modellierung der Großschäden – analog zu den Basisschäden – in den einzelnen Summenbändern liefert in der Regel keine genaueren Ergebnisse, da sich die

⁹ Siehe hierzu [Diers 2007a].

¹⁰ Diese Vorgehensweise ist z.B. zur Abbildung von Einzelschadenexzedenten-Rückversicherungsverträgen unablässig.

Schadenerfahrung für eine valide Modellierung in Summenbändern oftmals als zu gering darstellt. Der gewählte Modellierungsansatz sollte in jedem Fall mit der historischen Schadenerfahrung der Summenexzedenten-Verträge abgeglichen werden.

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, dass es bei der Schadenmodellierung von großer Wichtigkeit ist, Schäden verschiedener Sparten, die aus einem gemeinsamen Schaden-Ereignis resultieren (z.B. Feuer und Betriebsunterbrechung (BU)), adäquat zu modellieren. Somit liegt bei derartigen Einzelschäden eine vollständig positive Korrelation vor. Vor diesem Hintergrund bietet es sich an, die Sparte BU in Untersparten, wie z.B. BU-Feuer, BU-Sturm, BU-Technik, BU-Leitungswasser, BU-Einbruch-Diebstahl, etc., zu unterteilen und jeweils gemeinsam mit den entsprechenden Hauptsparten Feuer, Sturm, etc. zu modellieren. Das gleiche gilt für die Sparte Extended Coverage, die analog in Untersparten unterteilt werden kann. Der Vorteil einer gemeinsamen Modellierung dieser Untersparten mit den zugehörigen Hauptsparten liegt darin, dass Schäden, die zu einem Schadenereignis gehören, als zusammengehörig modelliert werden können. Dies wird bei der Summenexzedenten-Modellierung oft gefordert, da die zusammengehörigen Feuer- und BU-Schäden häufig in der Summe bewertet und so gemeinsam maximiert werden.

5 Fallbeispiel

In diesem Fallbeispiel werden wir die Basis- und Großschäden einer Beispielsparte Feuer wie oben beschrieben in Summenbändern modellieren und dann die zugehörigen Summenexzedenten-Verträge abbilden. Die Großschadengrenze legen wir bei 500 Tsd. € fest und wählen folgende obere Summenbandgrenzen

Band 1: 3 Mio. €, Band 2: 15 Mio. €, Band 3: 30 Mio. €, Band 4: 51 Mio. €, Band 5: 81 Mio. €, Band 5: 100 Mio. €,

wobei die Grenze des fünften Summenbandes dem maximalen pml in der Beispielsparte Feuer entspricht.

Abbildung 1 stellt die Perzentilgraphen der Basisschäden dar, die wie oben beschrieben in den verschiedenen Bändern modellierten wurden.

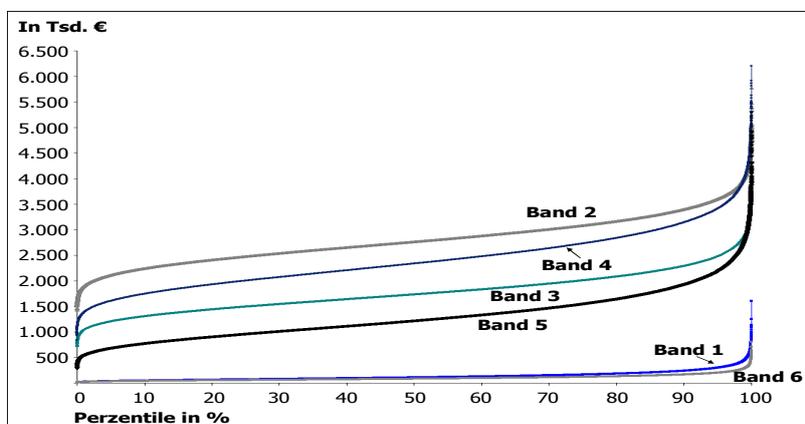


Abbildung 1: Perzentilgraphen der Basisschäden der verschiedenen Bänder

Eine Perzentilfunktion ist im mathematischen Sinne die Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion einer Zufallsvariable, die allerdings für eine Vielzahl von Verteilungsfunktionen nicht definiert ist. In Simulationstools kann ein Perzentilgraph einfach erzeugt werden, indem die simulierten (z.B. 100.000) Werte der Größe nach sortiert angeordnet werden.

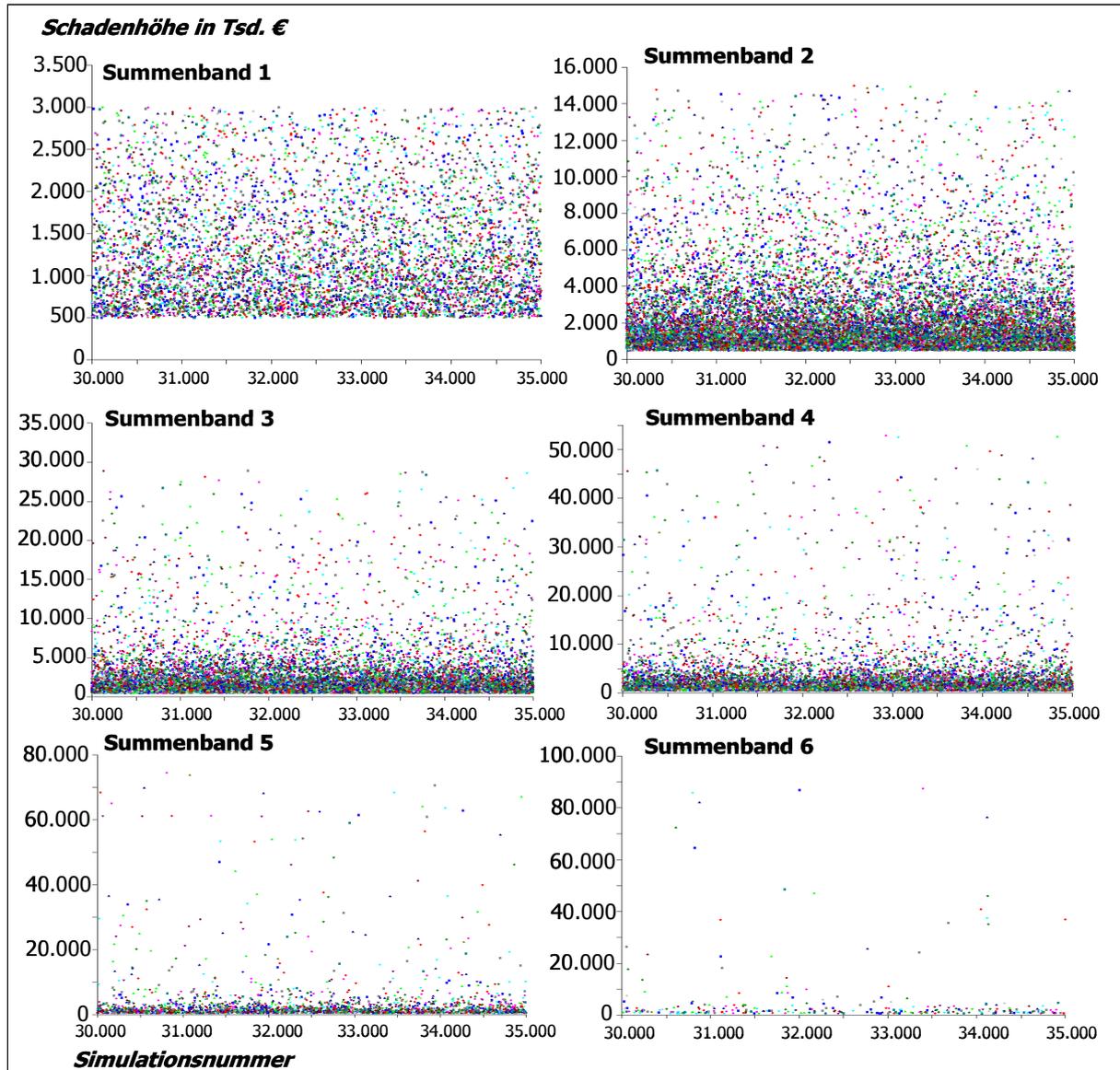


Abbildung 2: Großschäden in den einzelnen Summenbändern

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Großschadenmodellierung. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden hier von 100.000 durchgeführten Simulationen die Simulationen mit den Simulationsnummern 30.000 bis 35.000 dargestellt. In den sechs Abbildungen sind die in den einzelnen Simulationen (x-Achse) erzeugten Großschadenhöhen (y-Achse) aufgetragen. Die einzelnen Großschäden wurden proportional zur Anzahl der Jahreseinheiten pro Summenband auf die Bänder verteilt, wobei die jeweiligen Obergrenzen eingehalten wurden. So liegt die Obergrenze des ersten Summenbandes bei 3 Mio. €, so dass im ersten Summenband keine Großschäden erzeugt werden, die oberhalb dieser Grenze liegen. Analoges gilt für die weiteren Summenbänder. Wir haben die Großschadengrenze bei 500 Tsd. € festgelegt, so dass unterhalb dieser Grenze keine Großschäden simuliert werden. In den höheren Summenbändern ist eine deutlich abnehmende Anzahl an Großschäden zu erkennen,

da unserem Beispielbestand weniger Risiken mit höheren pmls vorhanden sind. Allerdings nimmt die realisierte Großschadenobergrenze naturgemäß in den höheren Summenbändern weiter zu. So realisieren sich im Summenband 6 z.B. Schäden, die nahe bei der Schadenobergrenze von 100 Mio. € liegen. Im Vergleich zu den Perzentilgraphen der Basisschäden (Abbildung 1) wird die deutliche Dominanz der Großschäden beim Gesamtschadenaufwand dieser Sparte erkennbar.

Im Folgenden soll die Wirkung der Summenexzedenten-Verträge auf die Bruttodaten dargestellt werden. Die Beispielsparte Feuer sei durch drei Summenexzedenten-Verträge bei verschiedenen Anbietern geschützt. Bis zu einem pml von 3 Mio. € verbleiben die Verträge im Selbstbehalt. Danach werden drei Summenexzedenten-Verträge mit den Maxima $m_1 = 9$, $m_2 = 7$ und $m_3 = 10$ abgeschlossen. Abbildungen 3 und 4 zeigen die Wirkung der drei Summenexzedenten-Verträge.

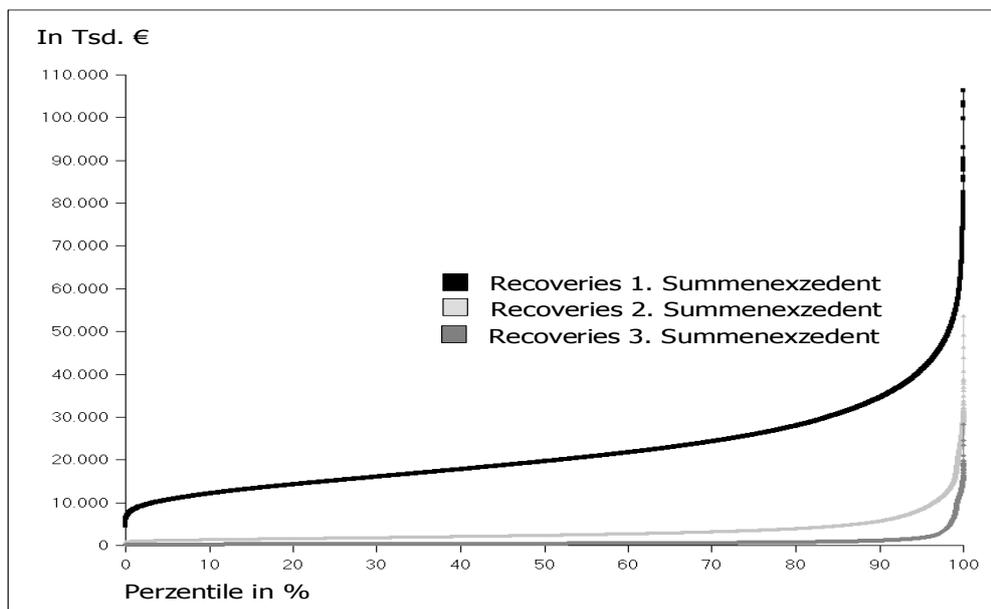


Abbildung 3: Perzentilgraphen der Recoveries der drei Summenexzedenten-Verträge der Beispielsparte Feuer

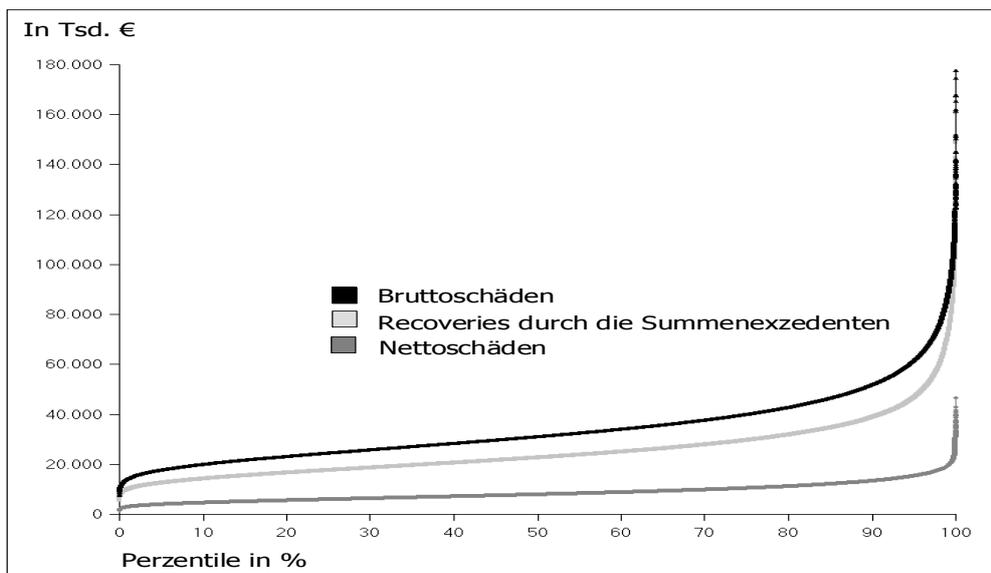


Abbildung 4: Perzentilgraphen der Bruttoschäden, Recoveries und Nettoschäden der Beispielsparte Feuer

Hat das Versicherungsunternehmen diese Rückversicherungsverträge bereits abgeschlossen, können die vereinbarten Marktprämien zur Berechnung der Anfalljahresergebnisse herangezogen werden. Handelt es sich um eine Testvariante, für die demnach noch keine Marktprämie bekannt ist, können mittels verschiedener Methoden technische Prämien für diese Rückversicherungsverträge ermittelt werden.¹¹ Unter Einbeziehung der Prämien und Kosten (hier deterministisch) können die Verteilungen der Anfalljahresergebnisse vor und nach Rückversicherung erzeugt und z.B. Risikokapitalien für das Zeichnungsrisiko simuliert werden.¹²

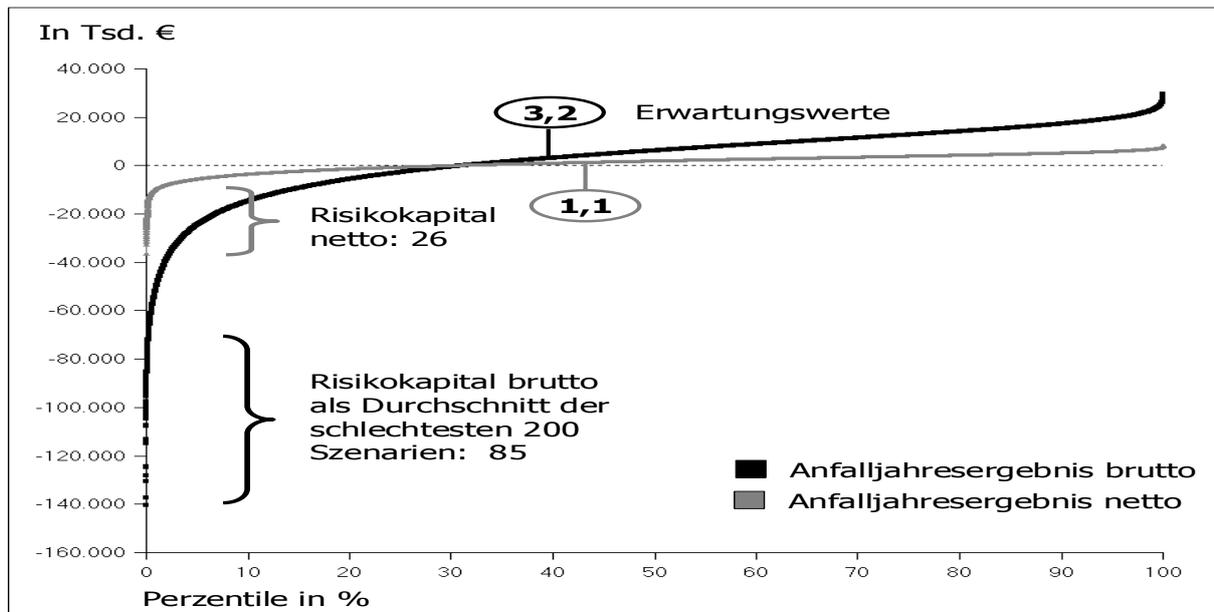


Abbildung 5: Perzentilgraphen der Anfalljahresergebnisse brutto und netto mit ausgewiesenen Erwartungswerten und Risikokapital

Abbildung 5 stellt die Perzentilgraphen der Anfalljahresergebnisse der Feuersparte brutto und netto gegenüber. Das Bruttoergebnis ist aufgrund des hohen Großschadenanteils sehr volatil und weist einen schweren Tail auf, was den deutlichen Unterschied zwischen Erwartungswert (3,2 Mio. €) und Median (6,4 Mio. €) erklärt. Im Gegensatz dazu ist das Nettoergebnis durch die von den Summenexzedenten hervorgerufene Homogenisierung deutlich weniger volatil und weniger „Tail-lastig“. So liegt z.B. das schlechteste Anfalljahresergebnis brutto bei -140 Mio. € und beträgt nach Rückversicherung nur noch -36,7 Mio. €. Auch liegt der Erwartungswert mit 1,1 Mio. € wesentlich näher am Median 1,8 Mio. € als beim Bruttoergebnis. Als Preis für die Risikoreduktion ist die Höhe des möglichen Gewinns im Netto geringer als im Brutto. So sinkt z.B. der Erwartungswert von 3,2 Mio. € brutto auf 1,1 Mio. € netto. Auch das Brutto- und Netto-Risikokapital (für das Zeichnungsrisiko), das zu stellen ist, um das Risiko eines aus dem simulierten Anfalljahr entstehenden Verlustes bis zu einer gewissen Risikomarge ausgleichen zu können, kann anhand der Perzentilgraphen ermittelt werden. Soll z.B. das Risikokapital mit dem Risikomaß *Tail-Value-at-Risk* zum Sicherheitsniveau $100(1-\alpha)\% = 99,8\%$ bestimmt werden, so errechnet sich dieses bei 100.000 durchgeführten Simulationen als Mittelwert der 200 schlechtesten Szenarien. Mathematisch ist der Tail-Value-at-Risk der Zufallsvariable eines Verlustes V definiert als bedingter Erwartungswert

¹¹ Zur Anwendung verschiedener Pricing-Verfahren siehe ausführlich [Diers 2007a].

¹² Die zugehörigen Verteilungsfunktionen sind in der Regel nicht in geschlossener Form darstellbar.

$$TVaR_{\alpha}(V) = E [V | V \geq VaR_{\alpha}(V)], \alpha \in (0,1),$$

also der erwartete Verlust der $100\alpha\%$ schlechtesten Fälle.¹³ So ist für diese Feuersparte ein Brutto-Risikokapital von 85 Mio. € zu stellen, das sich netto deutlich auf 26 Mio. € reduziert. Demnach weist diese Sparte brutto einen RoRAC (Return on Risk Adjusted Capital) von 3,8% aus (3,2 Mio. / 85 Mio.), der sich netto auf 5,8% erhöht, was ein Indiz (u. a.) für adäquat ausgewählten Rückversicherungsschutz darstellt.¹⁴ Die Höhe der RoRACs hängen gerade in Feuersparten sehr stark von den Prämienzyklen bzw. dem aktuellen Prämieniveau ab. Deshalb ist es in (mehrjährigen) Internen Modellen sicherlich sinnvoll, die Prämien stochastisch zu modellieren, um die Beitragszyklen adäquat abzubilden.

Analog kann nun die Wirkung verschiedener Rückversicherungsverträge (z.B. verschiedene Prioritäten, unterschiedliche Maxima oder andere Verträge, z.B. Einzelschadenexzedenten-Verträge, etc.) auf die simulierten ökonomischen Ergebnisse und somit auf die Ertrags- und Risikoposition des Unternehmens bewertet und ein für das Unternehmen geeigneter Rückversicherungsschutz ausgewählt werden, wobei auch die Wirkungen auf das Gesamtunternehmen (Diversifikationseffekte zu anderen Sparten, etc.) zu berücksichtigen sind.

6 Literatur

- [Diers 2007a] Diers, D. (2007): Interne Unternehmensmodelle in der Schaden- und Unfallversicherung – Entwicklung eines stochastischen internen Modells für die wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung und für die Anwendung im Rahmen von Solvency II, ifa-Verlag (www.ifa-ulm.de)
- [Diers 2007b] Diers, D. (2007): Interne Unternehmensmodelle – Unverzichtbare Grundlage für die wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung und das Risikomanagement. (Teile I / II), Versicherungswirtschaft 09/2007 und 10/2007, S. 675-680 und S. 784-788
- [Diers 2007c] Diers, D. (2007): Das Parameterrisiko – Ein Vorschlag zur Modellierung, Universität Ulm
- [Diers / Nießen 2005] Diers, D.; Nießen, G. (2005): Interne Risikomodelle in der Praxis. Der Weg von der Erstellung und Implementierung bis zum regelmäßigen Einsatz. (Teile I / II); Versicherungswirtschaft 21/2005 und 22/2005, S. 1657-1660 und S. 1748-1751
- [Mack 2002] Mack, T. (2002): Schadenversicherungsmathematik; Schriftenreihe Angewandte Versicherungsmathematik, DGVM, VVW Karlsruhe, Heft 28, 2. Auflage
- [Tillmann 2005] Tillmann, M. (2005): Risikokapitalbasierte Steuerung in der Schaden- und Unfallversicherung: Konzeption einer modellgestützten Risikoanalyse; Herausgegeben von W. Behrens, Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften

¹³ Eine Diskussion der Vor- und Nachteile des Tail-Value-at-Risk soll an dieser Stelle nicht geführt werden. In Solvency II wird mit dem Value-at-Risk VaR zu 99,5% (200-Jahresereignis) ein deutlich niedrigeres Sicherheitsniveau angesetzt. In Internen Modellen wird in der Regel ein höheres Sicherheitsniveau gewählt, z. B. um bestimmten Rating-Anforderungen zu genügen.

¹⁴ Bei den ausgewiesenen Werten ist zu berücksichtigen, dass hier die Diversifikationseffekte mit anderen Sparten nicht berücksichtigt wurden.