

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 Grundlage ökonomischer Größen vollzieht. Hierbei wird der Unternehmenserfolg an der Erzielung einer angemessenen Rendite auf das von den Kapitalgebern zur Verfügung gestellte Kapital gemessen.

## **Interne Unternehmensmodelle**

### **Unverzichtbare Grundlage für die wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung und das Risikomanagement**

**D. Diers, Provinzial NordWest Holding, und  
H.-J. Zwiesler, Universität Ulm**

Vor diesem Hintergrund ist es eine wesentliche Aufgabe des Managements sicherzustellen, dass durch eine geeignete Strukturierung der Versicherungsbestände im Zusammenhang mit einer auf die Zahlungsströme der Versicherungstechnik abgestimmten adäquaten Asset-Allokation eine möglichst hohe Rendite in Relation zum eingegangenen Risiko auf das eingesetzte Kapital erzielt werden kann.<sup>1</sup> Auch die geeignete Festlegung der Art und Höhe des Risikotransfers an die Rückversicherung sollte vor dem Hintergrund einer adäquaten Strategie auf Gesamtunternehmensebene erfolgen. Hierbei sind quantitative Analysen auf Basis interner Modelle unverzichtbar.

Im Folgenden wollen wir grundlegende Anforderungen an und wichtige Aspekte von derartigen Modellen diskutieren. Der interessierte Leser findet einen konkreten Vorschlag zur Entwicklung eines stochastischen internen Unternehmensmodells, das als Basis für eine wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung dienen kann, in dem neu erschienenen Buch<sup>2</sup> „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“. Dort werden die relevanten Schritte von der Konzeption bis zur vollständigen Erstellung und Umsetzung dargelegt. Die einzelnen Modellierungsschritte werden anhand des Datensatzes eines Beispielunternehmens durchgeführt und mittels Ergebnis- und Risikogrößen erläutert. Der folgende Artikel gibt einen Überblick über einige dort besprochene Themen.

#### **Verstärkte Anforderungen an die Solvabilität unter Solvency II**

Im Rahmen von *Solvency II* wird zur Zeit ein Aufsichtsmodell entwickelt, das die Solvabilitätsbestimmungen grundlegend neu regeln wird. Das neue Solvenzsystem soll im Gegensatz zur derzeitigen Regelung auf der Grundlage der tatsächlichen Risikoexponierung des Gesamtunternehmens basieren. Die hinter Solvency II stehenden Ideen werden dabei anhand des Drei-Säulen-Modells visualisiert.

Hierbei sind in der „quantitativen Säule“, der Säule I, die Regelungen zur Bestimmung der Risikotragfähigkeit der Versicherungsunternehmen zusammengefasst. Diese umfassen neben einer Neubewertung der versicherungstechnischen Rückstellungen, die im Rahmen von Sol-

vency II nach einem Fair-Value-Ansatz mit geeigneten Sicherheitszuschlägen bewertet werden sollen, Solvenz- und Mindestkapitalvorschriften sowie Kapitalanlagevorschriften.

Die neuen Solvabilitätsvorschriften sehen vor, dass neben einer Mindestkapitalanforderung (Minimum Capital Requirement oder MCR) ein Zielkapital (Solvency Capital Requirement oder SCR) zu berechnen ist, das sich direkt aus der Risikolage der Unternehmen ableiten soll und von der Versicherung zu halten ist.<sup>3</sup> Für die Bestimmung des Zielkapitals wird zur Zeit ein EU-einheitliches Standardmodell entwickelt. Für die konkrete Ausgestaltung und die Festlegung der Parameter des Standardmodells wurden im vergangenen Jahr auf internationaler Ebene bereits zwei Quantitative Impact Studies (QIS) durchgeführt. Die QIS 3 beginnen in Kürze.<sup>4</sup> Neben der Verwendung des Standardmodells wird es Versicherern gestattet werden, eigene *interne Unternehmensmodelle* zur Festlegung der Zielkapitalausstattung heranzuziehen. Diese müssen allerdings zuvor durch die Aufsichtsbehörden geprüft und anerkannt werden. Interne Modelle können die individuelle Risikosituation der Unternehmen wesentlich adäquater abbilden, als dies mittels des allgemeinen Standardmodells möglich ist.

Abbildung 1 stellt die ökonomischen Komponenten einer Bilanz nach Solvency II im Vergleich mit den HGB-Komponenten dar. Die Bedeckungsquote nach Solvency II ermittelt sich aus dem Verhältnis von vorhandenen ökonomischen Eigenmitteln (oder auch Available Solvency Margin oder kurz ASM genannt) und benötigtem Risikokapital (SCR). Beträgt die Bedeckungsquote mindestens 100%, sind die Solvenzanforderungen erfüllt.

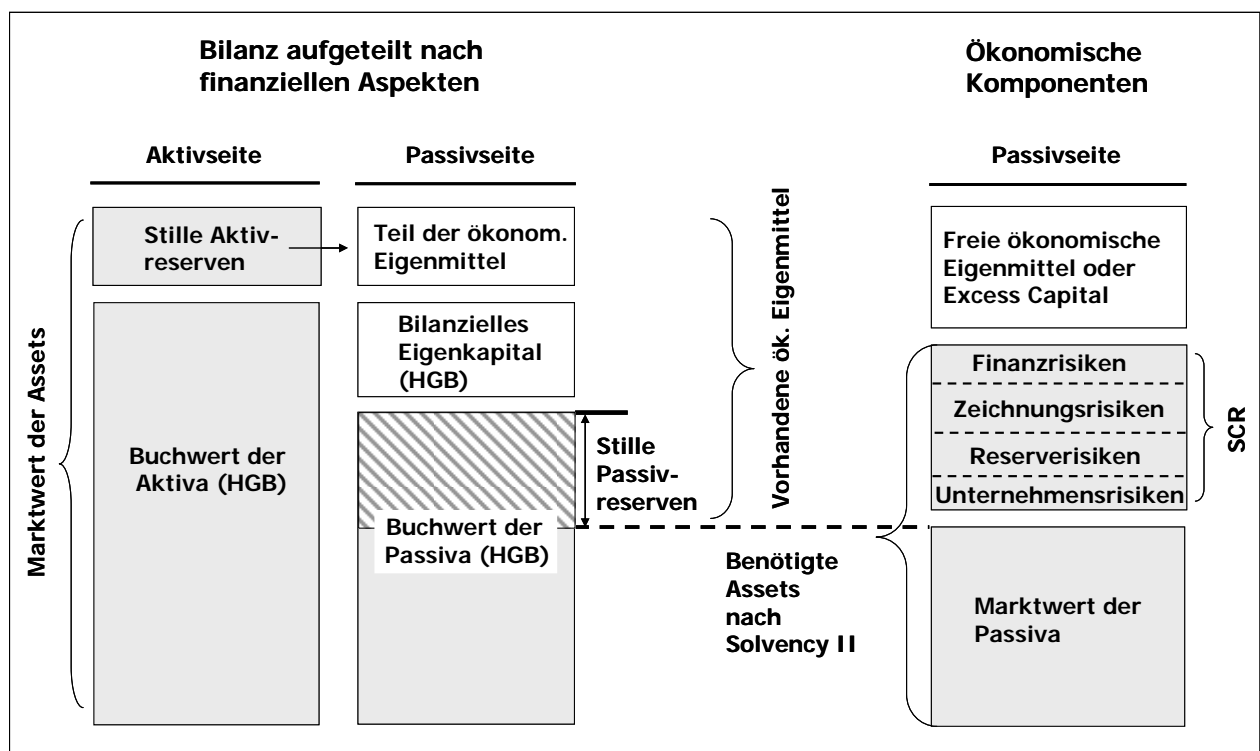


Abbildung 1: Komponenten einer ökonomischen Bilanz<sup>5</sup>

### Interne Modelle unterstützen die Prozesse der wertorientierten Unternehmenssteuerung

Interne Modelle können neben der Bestimmung der aufsichtsrechtlichen Zielkapitalausstattung einen wesentlichen Beitrag zur wert- und risikoorientierten Steuerung des Unternehmens leisten, bei der das Unternehmen und dessen zentrale Steuerungseinheiten nach Rendite- und Risikokennzahlen beurteilt werden. So wird z.B. in dem von CEIOPS verfassten Dokument

zur zweiten Anfragewelle im Rahmen von Solvency II auf den Nutzen von internen Modellen bei der wertorientierten Unternehmenssteuerung und dem Risikomanagement hingewiesen.<sup>6</sup>

Mit geeigneten stochastischen internen Modellen sind die Versicherer in der Lage, die Höhe des vorzuhaltenden Risikokapitals für das Gesamtunternehmen und für steuerungsrelevante Teilssegmente individuell gemäß der Risikostruktur ihres Unternehmens zu quantifizieren. Es können Fragestellungen hinsichtlich der Risikotragfähigkeit und Profitabilität des Gesamtunternehmens sowie von Teilportefeuilles bis hin zu einzelnen Produkten beantwortet werden. In diesem Zusammenhang kann bewertet werden, wie viel Risiko in einzelnen Unternehmenseinheiten eingegangen und welche Rendite aus einer zuvor definierten Risikoposition erzielt wird. Die damit einhergehende gestiegene Transparenz über die eingegangenen Risiken, die Identifikation von Risikotreibern und das Aufdecken von wertschaffenden bzw. wertvernichtenden Segmenten bilden die Grundlage für eine strategische wertorientierte Unternehmenssteuerung, die eine langfristige, dauerhafte Steigerung des Unternehmenswertes zum Ziel hat.

In internen Modellen wird somit nicht nur die reine Risikosicht eingenommen, sondern es werden Ergebnisverteilungen der in diesem Zusammenhang relevanten Unternehmensgrößen erzeugt, anhand derer die gewünschten Rendite- und Risikogrößen ermittelt werden können. Der Nutzen interner Modelle geht demnach weit über die Erfüllung der aufsichtsrechtlichen Anforderungen im Rahmen von Solvency II hinaus. Interne Modelle können und sollen dabei nicht die Entscheidung durch das Management ersetzen, liefern aber eine fundierte Entscheidungsgrundlage.

### **Anforderungen an ein internes Modell in der Schaden- und Unfallversicherung**

Wie bereits dargestellt ist die unternehmensindividuelle Erstellung interner Modelle unverzichtbar, um die Risikolage des einzelnen Unternehmens adäquat abzubilden. Anders als in der Lebensversicherung, bei der die versicherungstechnischen Risiken als über längere Zeiträume stabil angesehen werden können (z.B. Sterbewahrscheinlichkeiten)<sup>7</sup>, unterliegen die versicherungstechnischen Risiken in der Schaden- und Unfallversicherung deutlichen Schwankungen, die aus der hohen Volatilität des Gesamtschadenverlaufs - sowohl bei der Schadenhöhe als auch bei der Schadenfrequenz - resultieren. So können beispielsweise Schadenereignisse aus Naturgefahren (z.B. Stürme) oder Großschäden (z.B. durch Feuer) einen erheblichen Schadenaufwand verursachen. Deshalb sollten die Schäden wie die Entwicklung der Kapitalmärkte stochastisch modelliert werden. Vor diesem Hintergrund verstehen wir in diesem Artikel unter einem internen Modell ein Simulationsmodell. Analytische Modelle können bei Schaden- und Unfallversicherern nicht sinnvoll eingesetzt werden, da eine Ergebnisverteilung nur unter sehr einschränkenden, unrealistischen Annahmen bestimmt werden kann.

Die Modellstruktur und die Modellierungstiefe hängen wesentlich von den Fragestellungen ab, die mit dem Modell beantwortet werden sollen. Für den späteren erfolgreichen Einsatz des internen Unternehmensmodells ist es deshalb entscheidend, die an das interne Unternehmensmodell gestellten Anforderungen im Vorfeld klar zu definieren und mit den involvierten Unternehmensbereichen (z.B. Management/Controlling, Aktuariat, Rückversicherung, Kapitalanlagen, Produktentwicklung, etc.) abzustimmen, um die Modellstruktur adäquat aufzusetzen. In diesem Zusammenhang soll hier ein Beispiel zur Erläuterung gegeben werden. Soll

das interne Unternehmensmodell zur Unterstützung einer umfassenden Rückversicherungssteuerung und des Rückversicherungs-Controllings eingesetzt werden, d.h. soll in diesem Zusammenhang z.B. eine Überprüfung der Rückversicherungsparameter (Priorität, Haftung, Anzahl der Wiederauffüllungen, Jahreslimit, Ereignislimit, etc.) erfolgen und somit eine Effizienzanalyse aktueller oder alternativer Rückversicherungsstrukturen durchgeführt werden können, so muss bereits die Modellierung der Bruttoschäden vor diesem Hintergrund aufgesetzt werden. Die verwendete Großschadengrenze sollte bei Sparten, die aktuell durch eine Schadenexzedenten-Rückversicherung geschützt sind oder ggf. in Zukunft geschützt werden sollen, generell unterhalb der (aktuellen oder geplanten) Priorität der entsprechenden Rückversicherungsverträge liegen. Des Weiteren müssen die Großschäden z.B. für die korrekte Abbildung von Schadenexzedentenverträgen auf Einzelsatzebene vorliegen, d.h. die Großschäden sind als Einzelschäden zu simulieren. Falls Sparten aktuell durch Summenexzedentenverträge geschützt sind oder in Zukunft geschützt werden sollen, sind im Modell den Schäden zugeordnete Versicherungssummen bzw. pmls vorzusehen, usw. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die Modellstruktur erst dann aufgesetzt werden sollte, wenn alle wesentlichen Einsatzbereiche des internen Unternehmensmodells abgestimmt sind.

Abbildung 2 stellt eine mögliche Modellstruktur für ein internes Unternehmensmodell in der Schaden- und Unfallversicherung dar, das als wichtige Grundlage für eine wert- und risikoorientierte Unternehmenssteuerung dienen kann.

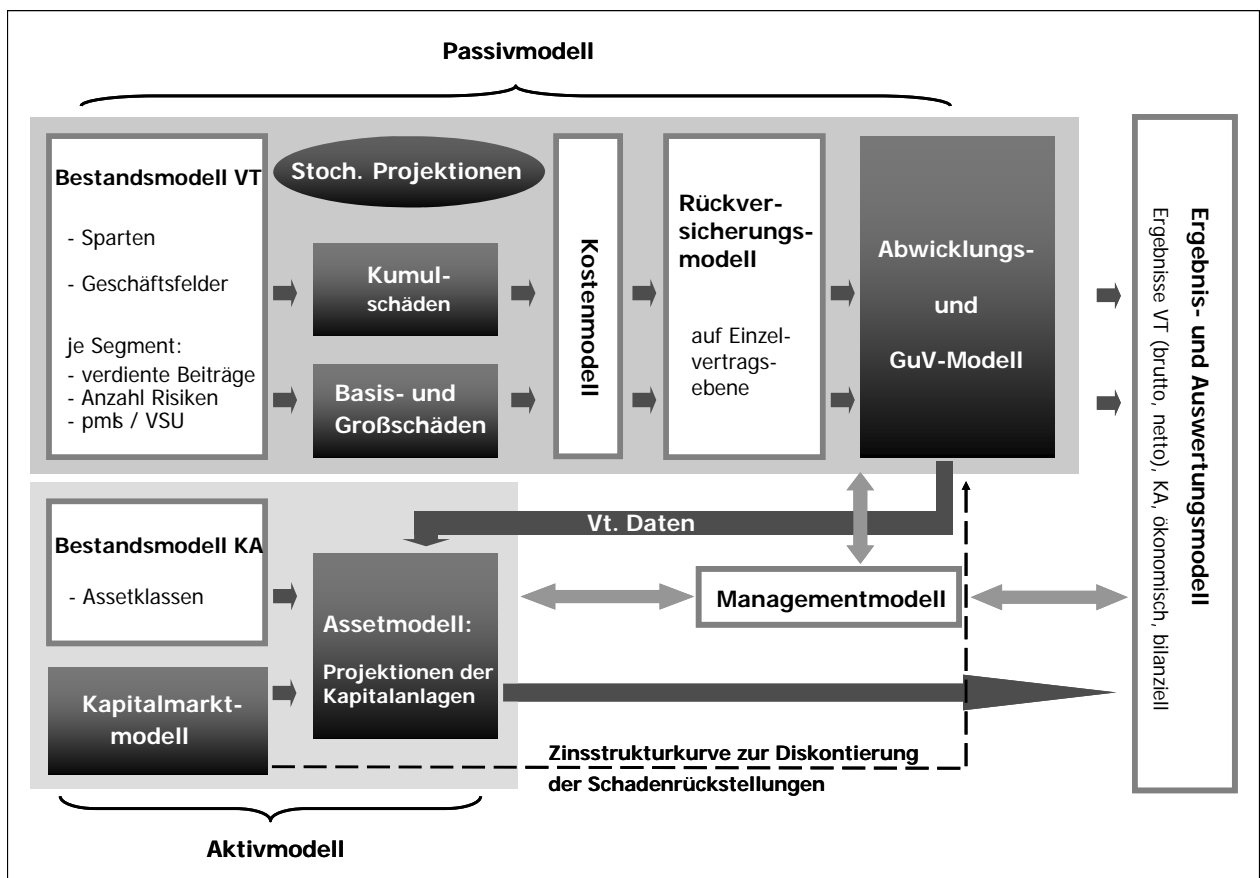


Abbildung 2: Modellstruktur eines internen Modells in der Schaden- und Unfallversicherung

## **Konzeption des internen Modells**

Von der *Güte der Modellanpassung* an den zu projizierenden Bestand hängt es wesentlich ab, ob das interne Modell geeignet ist, die Rendite- und Risikosituation für das Gesamtunternehmen oder Teilportefeuilles geeignet abzubilden, und somit zur Unternehmenssteuerung eingesetzt werden kann. Vor diesem Hintergrund sollen hier die einzelnen Teilmodelle eines internen Modells skizziert werden (siehe Abbildung 2), wobei mit dem *Passivmodell* begonnen werden soll.

### **Passivmodell**

Zur Festlegung des Detaillierungsgrades sind zunächst die zu modellierenden Sparten festzulegen. Grundlage hierfür sind die aktuelle und geplante RV-Struktur sowie die bilanziellen Anforderungen. Sollen zusätzlich auch Kundengruppen (z.B. Privat- oder Firmenkunden) modelliert werden, sind alle benötigten Informationen in dem Detaillierungsgrad Sparte/Kundengruppe bereitzustellen. Somit ergibt sich eine Sparte-Kundengruppe-Matrix der (theoretischen) Dimension „Anzahl Sparten“ x „Anzahl Kundengruppen“ (wobei nicht wirklich jedes Segment modelliert werden muss, z.B. die Sparte D&O in der Kundengruppe Privatkunden). Ausgereifte Datawarehouse-Systeme leisten hier aufgrund der vorliegenden hohen Datenqualität einen entscheidenden Erfolgsbeitrag.

### **Bestands- und Kostenmodell VT**

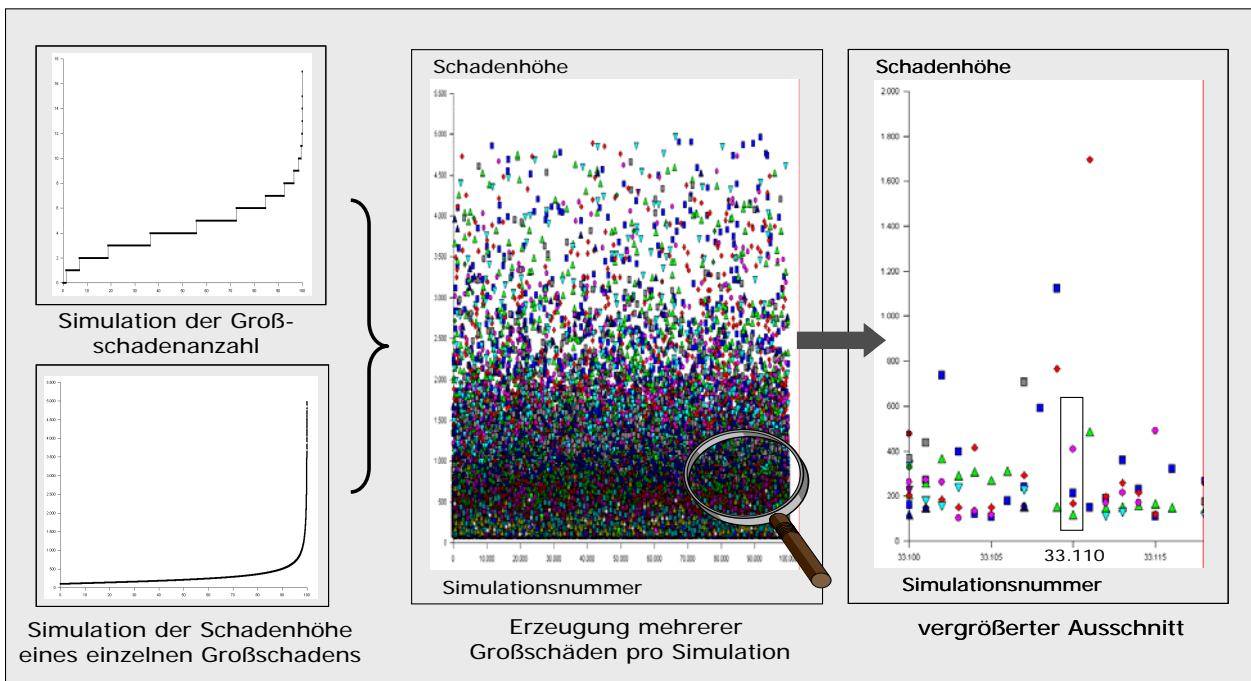
Im Bestands- und Kostenmodell der Versicherungstechnik (VT) werden alle Bestandsgrößen wie Beiträge, Anzahl der Risiken bzw. Anzahl der Verträge, Versicherungssummen bzw. pmls<sup>8</sup>, Kosten und Bilanzdaten der Vorjahre auf der Ebene der kleinsten Modellierungseinheiten (alle modellierten Sparten-/Kundengruppen-Kombinationen) zur Verfügung gestellt. Die Informationen über die Bestandsdaten können Erwartungsrechnungen bzw. Mittelfristplanungen entnommen werden und sollten (zunächst) deterministisch vorgegeben werden. Dies ist sinnvoll, um die Ergebnisse des Modells besser nachvollziehen und bewerten zu können. Allerdings sollte (zumindest in mehrjährigen Modellen) die Möglichkeit bestehen, die Beiträge stochastisch zu modellieren, um die Wirkung von Beitragszyklen angemessen abzubilden.

### **Schadenmodell (Zeichnungsrisiko<sup>9</sup>)**

Die adäquate Modellierung der Schäden nimmt eine wesentliche Rolle in internen Modellen ein, da der Risikokapitalbedarf hierdurch maßgeblich bestimmt wird. Bei der Brutto-Schadenmodellierung sollte aufgrund der verschiedenen Schadenverläufe unterschieden werden in Basis-, Groß- und Kumulschäden. Innerhalb der modellierten Sparten sollten Kundengruppen mit gleicher Risikostruktur zusammengefasst werden. Die Unterteilung in Basis- und Großschäden<sup>10</sup> kann gemäß einer individuell für jedes Segment vorgegebenen Großschadengrenze erfolgen. Schäden, die aus Kumulereignissen resultieren, müssen hier explizit herausgerechnet werden, da sie separat modelliert werden. Im Folgenden soll die Modellierung der Basis-, Groß- und Kumulschäden nur sehr grob skizziert werden, da dieses Thema bereits in vorhergehenden Artikeln behandelt wurde.<sup>11</sup> Zur angemessenen Modellierung der Schäden ist eine ausreichende Datenbasis notwendig. Die jeweils benötigten Schaden- und Bestandsdaten sollten über einen möglichst langen Beobachtungszeitraum vorliegen.

Die Gesamtschadenlast der Basisschäden aller Segmente kann in der Regel über einen *Lognormal*- oder *Gamma*-Verteilungsansatz mit individuell bestimmten Parametern modelliert werden. Diese Verteilungstypen haben sich beim Vergleich verschiedener Verteilungsansätze als für die Basisschaden-Modellierung äußerst geeignet herausgestellt. Die zur Ermittlung der Verteilungsparameter relevanten Erwartungswerte für die Basisschadenaufwendungen (Endschäden) lassen sich mit Hilfe von aktuariellen Verfahren zur Schadenreservierung auf Anfalljahresbasis berechnen. In den Sparten, die durch eine Summenexzedenten-Rückversicherung geschützt sind, kann z.B. eine separate Modellierung der Basisschadenlast über Schadengradverteilungen innerhalb geeignet zu wählender Versicherungssummen- bzw. pml-Bänder realisiert werden.<sup>12</sup>

Im Gegensatz zu den Basisschäden sollten die Großschäden als Einzelschäden simuliert werden. Aufgrund der deutlich höheren Volatilität sollten hier für die Schadenhöhen und die Schadenanzahlen individuell (pro Segment) bestimmte Verteilungen herangezogen werden. Zur Schätzung der zur Großschadenmodellierung benötigten Verteilungsparameter sind die Großschäden zunächst geeignet auf das zu modellierende Jahr zu inflationieren. Anschließend ist dann der voraussichtliche Schadenendstand (Ultimate) zu schätzen. Insbesondere diese Schätzung des Ultimates je Großschaden ist aufgrund der inhärent volatilen Entwicklung einzelner Großschäden ein komplexes Unterfangen. Die hierzu verwendeten aktuariellen Verfahren hängen stark von der zur Verfügung stehenden Datenlage ab. Sind die Ultimates für die Großschäden geeignet ermittelt worden, kann an die Schadenhöhen und an die Schadenanzahlen jeweils eine Verteilung angepasst werden. Als Schadenhöhenverteilungen können je nach Schadenverlauf in dem zu modellierenden Segment z.B. *LogLogistische*, *LogNormal*-, *Burr*-, *Gamma*- oder *Verallgemeinerte Pareto*-Verteilungen angemessen sein. Als Schadenanzahlverteilungen können z.B. die *Poisson*- oder die *Negative Binomial*-Verteilung herangezogen werden.<sup>13</sup>



**Abbildung 3: Großschadenmodellierung**

Im linken Bereich der Abbildung sind die Perzentil-Graphen für die Schadenanzahl und die Schadenhöhe dargestellt. Der mittlere Bereich zeigt die hierdurch entstehenden Simulationen der einzelnen Großschäden. Dabei sind auf der Abszisse die Simulationsnummern aufgetragen, auf der Ordinate die pro Simulationsnummer erzeugten Großschäden. Der weiße Streifen über der Abszisse spiegelt die Höhe der Großschadengrenze wider. Es

werden keine Großschäden simuliert, die unterhalb der Großschadengrenze liegen (hier 100 Tsd. €). Der rechte Bereich der Abbildung stellt einen vergrößerten Ausschnitt dar. So werden z.B. in der Simulationsnummer 33.110 genau vier Großschäden mit den angegebenen Schadenhöhen simuliert (siehe eingezeichnete Markierung).

Da die Höhe des Risikokapitals häufig nicht unerheblich von der Großschadenbelastung des Unternehmens abhängt, ist bei der Anpassung der Schadenhöhenverteilung besondere Sorgfalt angebracht. Insbesondere kann hier keine „Anpassung auf Knopfdruck“ durchgeführt werden, da a priori nicht nur eine, sondern eine Vielzahl von Verteilungstypen zur Modellierung in Frage kommen. Hier sollten statistische Testverfahren Anwendung finden, die in der Literatur unter dem Namen *Goodness of fit*-Test beschrieben werden. Mit Hilfe dieser Testverfahren wird überprüft, ob eine hinreichend große Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass die historischen Daten als Stichprobe aus der angepassten parametrischen Verteilung hervorgegangen seien könnten. Als wesentliche quantitative Testverfahren seien z.B. der  $\chi$ -Quadrat-Test, der *Kolmogorov-Smirnov*- oder der *Anderson-Darling*-Test genannt. Neben den quantitativen Testverfahren sollten auch qualitative bzw. intuitivere Methoden Anwendung finden. In diesem Zusammenhang sind z.B. der Mean-Excess-Plot, der Hill-Plot, der P-P-Plot bzw. der Q-Q-Plot zu nennen.

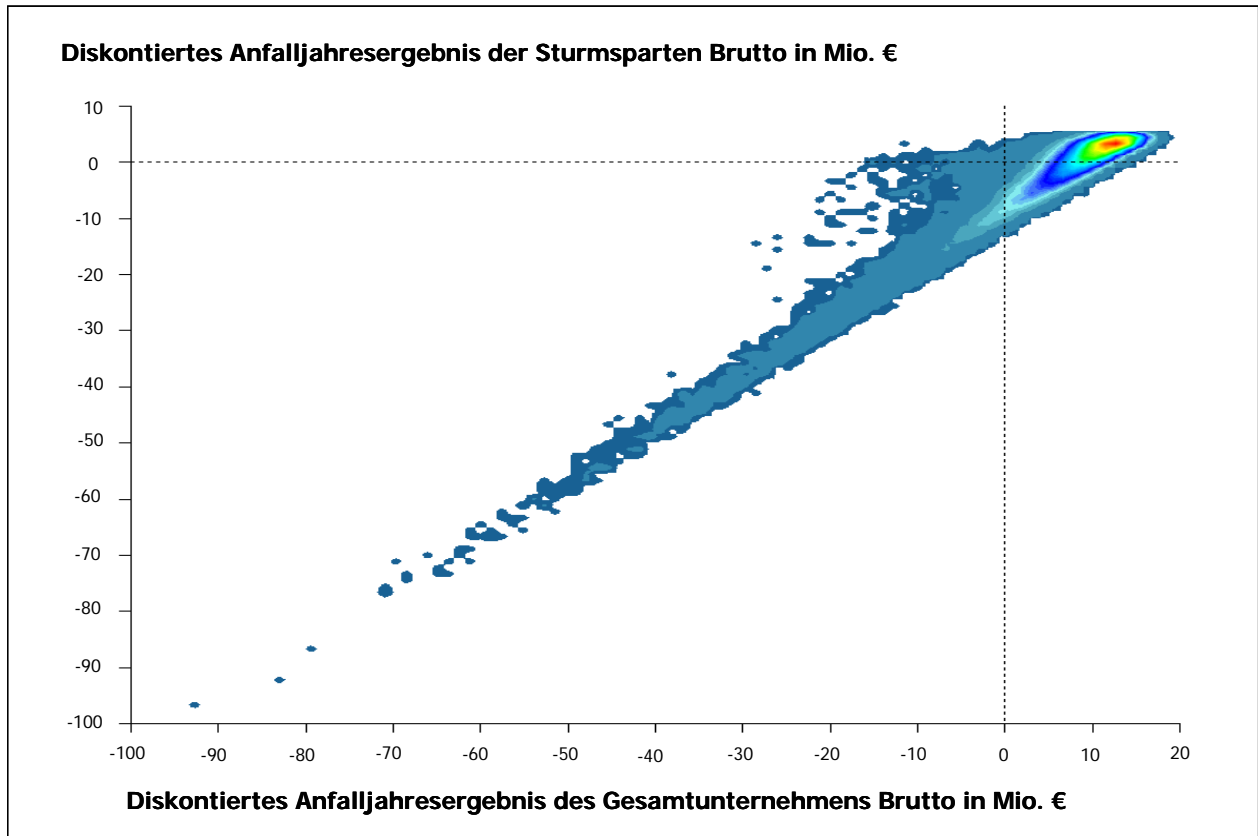
Kumulschäden (in der Praxis auch als Ereignis- oder Katastrophenschäden bezeichnet) sind Schäden, die aufgrund eines Ereignisses verursacht werden, das eine Vielzahl von Versicherten (fast) gleichzeitig trifft. In der Schaden- und Unfallversicherung mit Geschäftsgebiet in Deutschland haben die folgenden Kumulereignisse eine erhebliche Bedeutung: Sturmereignisse, Hagelereignisse, Überschwemmungen und Erdbeben.

Kumulschäden sollten als Ereignisse (z.B. Sturm) modelliert und anschließend auf die betroffenen Segmente (Sparten und Kundengruppen) verteilt werden. Zur Bestimmung der geeigneten Ereignishöhen- und Ereignishäufigkeitsverteilung bedient man sich zum einen - im Unternehmen vorliegender - historischer Daten, wobei die Ereignishöhen mit geeigneten Indizes auf die zukünftigen (im System abzubildenden) Jahre hochgerechnet und in Relation zum versicherten Bestand am Schadentag betrachtet werden. Die Berücksichtigung der Vergangenheitswerte reicht aber für Projektionen von Kumulereignissen (insbesondere für die hohen Wiederkehrperioden) nicht aus. Würde man demnach nur die Vergangenheitswerte für die Projektionen heranziehen, würde die zukünftige mögliche Schadenentwicklung nur in unzureichendem Maße abgebildet.

Aus diesem Grund werden zum anderen externe Daten hinzugezogen, die Aussagen über die mögliche Kumulschadenentwicklung für das Geschäftsgebiet und den versicherten Bestand des Versicherungsunternehmens machen. Dies können z.B. Informationen von Rückversicherern, Beratungsgesellschaften, dem GDV oder meteorologischen Instituten sein. So erstellen z.B. Rückversicherer oder Makler Studien, bei denen die Auswirkungen einer Naturgefahr auf das Portefeuille des Versicherungsunternehmens mit Hilfe physikalischer Modelle analysiert werden. Mit Hilfe dieser Prognoserechnungen kann dann gerade der Tail-Bereich der Kumulschadenkurve angepasst werden (z.B. mittels Angabe der 100-, 250-, 500-, etc. Jahresereignisse).<sup>14</sup> Allerdings weichen die von unterschiedlichen Institutionen erstellten Studien oft deutlich voneinander ab. Hier kann eine Plausibilisierung mittels der vorhandenen Schadenhistorie weiterhelfen.

In internen Modellen kommt gerade der Modellierung der Kumulereignisse eine große Bedeutung zu, da sie aufgrund der extremen Vielzahl von möglicherweise auftretenden Kleinschäden ein Schadenpotential in sich bergen, das das Risikokapital eines Unternehmens in der

Regel sehr stark beeinflusst. So sollte das Risikomanagement eines Unternehmens den Kumulschäden eine angemessene Bedeutung zukommen lassen. In diesem Zusammenhang sollte auch ein reger Austausch mit der Rückversicherungsabteilung über die angemessene Höhe des Rückversicherungsschutzes stattfinden.



**Abbildung 4: Zusammenhang zwischen dem Gesamtergebnis und dem Ergebnis der Sturmsparten**  
 Abbildung 4 stellt ein Beispiel dar, bei dem negative (Anfalljahres-) Ergebnisse des Gesamtunternehmens in starker Abhängigkeit mit negativen Ergebnissen der Kumulsparten (hier Sturm) auftreten. Je schlechter die Ergebnisse sind, desto größer ist die Abhängigkeit (siehe linker Bereich der Abbildung). Hieraus resultiert, dass der Tail-Bereich und die Schiefe der Verteilungen des Gesamtunternehmens-Ergebnisses stark durch die Ergebnisverteilungen der Kumulsparten beeinflusst werden.

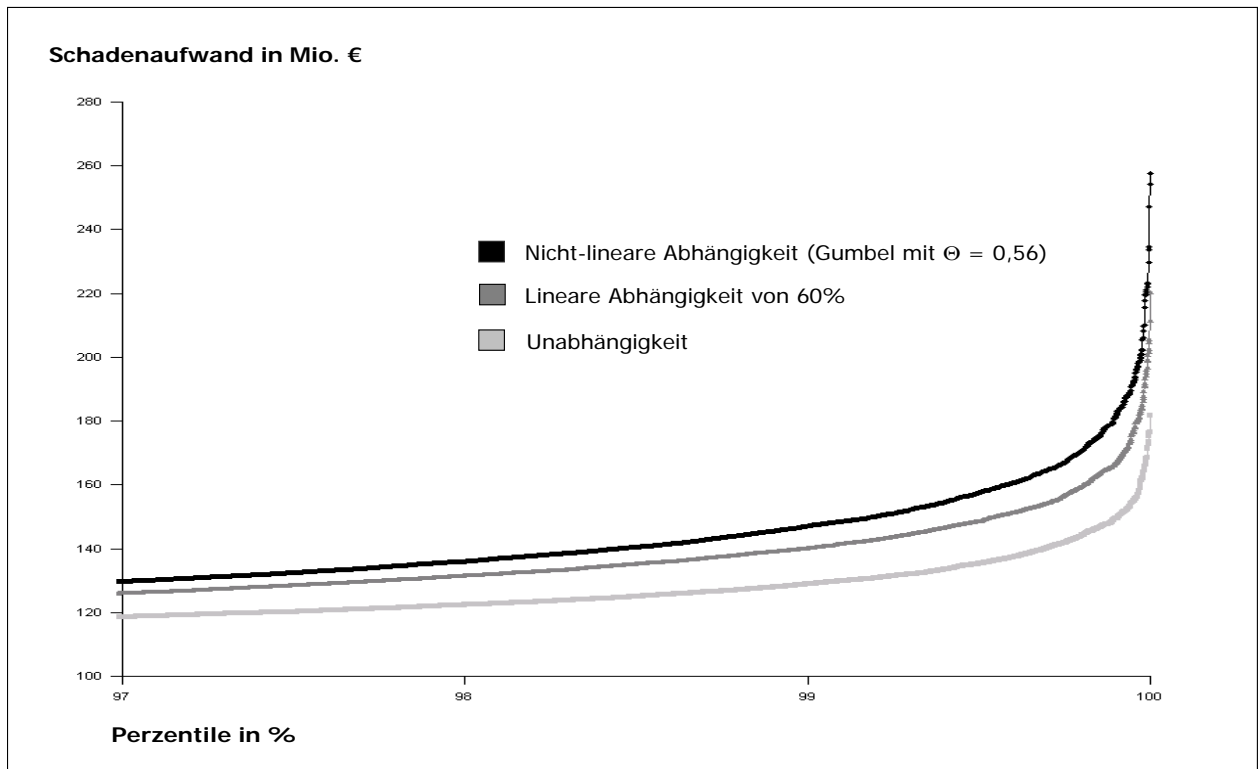
### Abhängigkeitsstrukturen

Der „Ausgleich im Kollektiv“ ist einer der Grundpfeiler der Versicherungswirtschaft. Als quantitative Maßzahl für die Höhe des Ausgleichs zwischen modellierten Teilkollektiven kann beispielsweise der Diversifikationseffekt verwendet werden. Dieser wird maßgeblich durch die Art und die Höhe der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Risiken (bzw. modellierten Teilsegmenten) beeinflusst. Die adäquate Abbildung von Abhängigkeiten ist daher eine essentielle Anforderung an ein internes Risikomodell.

Durch die Modellierung der Kumulschäden entstehen Abhängigkeiten zwischen den betroffenen Segmenten. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit bestehen, zwischen allen stochastischen Variablen (z.B. zwischen Groß- und Basisschäden, der Gesamtschadenlast der einzelnen modellierten Sparten oder den verschiedenen Kumulereignissen) Abhängigkeiten vorzugeben. Dabei sollte man sich nicht nur auf lineare Abhängigkeitsstrukturen wie Korrelatio-



nen beschränken, sondern auch nichtlineare Abhängigkeitsstrukturen, die z.B. im Tail eine verstärkte Abhängigkeit postulieren, verwenden (z.B. Copulas wie die Gumbel-Copula).<sup>15</sup>

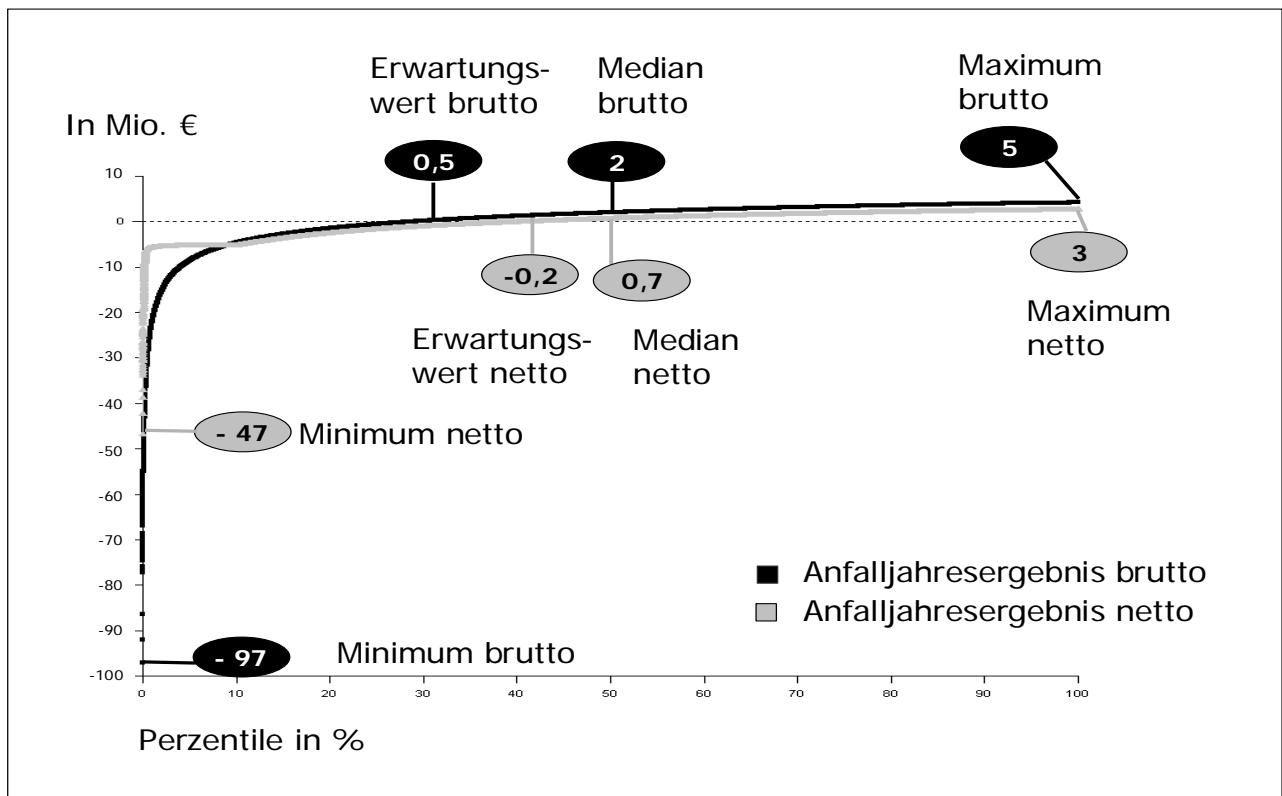


**Abbildung 5: Verschiedene Abhängigkeitsstrukturen**

In Abbildung 5 ist der rechte Rand (der Tail-Bereich) von drei Perzentil-Graphen der Schadenaufwände derselben zwei unter verschiedenen Abhängigkeitsannahmen summierten Sparten dargestellt. Gerade der Tail-Bereich der Ergebnisverteilung ist relevant für die Risikokapitalberechnungen. In diesem Beispiel wurde die nicht-lineare Abhängigkeit (oberer Graph) so gewählt, dass der lineare Korrelationskoeffizient wie bei dem mittleren Perzentil-Graphen 60% beträgt. Allerdings tritt die eigentliche Abhängigkeit erst im Tail der Verteilung auf. Liegt demnach eine verstärkte Tail-Abhängigkeit vor, so wird im Falle der (wie hier gewählten) linearen Korrelation und erst recht im Fall der Annahme der Unabhängigkeit die Risikoposition für das Unternehmen unterschätzt.

## Rückversicherungsmodell

Die Rückversicherung (RV) sollte möglichst auf Einzelvertragsebene abgebildet werden. Somit kann die Wirkungsweise jedes Rückversicherungsvertrages auf die simulierten Bruttodaten bestimmt werden. Konsequenterweise sind dann auch die Größen RV-Prämie (aufgrund der Wiederauffüllungen), RV-Recoveries<sup>16</sup> und damit das RV-Ergebnis stochastischer Natur. Zum besseren Überblick können dann die Ergebnisse sowohl je Sparte als auch für das gesamte Portefeuille brutto und netto gegenübergestellt werden, so dass die Auswirkungen der Rückversicherung auf die Sparten und auf das gesamte Portefeuille transparent dargestellt werden können.



**Abbildung 6: Perzentil-Graphen des Anfalljahresergebnisses brutto und netto**

Abbildung 6 zeigt die Perzentil-Graphen der Anfalljahresergebnisse einer Beispielsparte brutto und netto, d.h. vor und nach Rückversicherung, die sich im internen Modell z.B. aus 100.000 Simulationen ergeben. Während das Bruttoergebnis (dunkle Kurve) sehr volatil ist, zeigt sich die glättende Wirkung der Rückversicherung. So liegt z.B. das schlechteste Anfalljahresergebnis brutto bei -97 Mio. € und beträgt nach Rückversicherung nur noch -47 Mio. €. Als Preis dafür ist die Höhe des möglichen Gewinns im Netto geringer als im Brutto. So sinkt z.B. der Erwartungswert von 0,5 Mio. € brutto auf -0,2 Mio. € netto.

### Abwicklungsmodell (Reserverisiko)

Während das Zeichnungsrisiko das Risiko beschreibt, dass die Beiträge des betrachteten zukünftigen Anfalljahres nicht ausreichen, um die zukünftigen Schäden und Kosten dieses Anfalljahres zu decken, resultiert das Reserverisiko aus der Unsicherheit der zukünftigen Abwicklung von Schäden, die bereits eingetreten sind.<sup>17</sup> Das Reserverisiko resultiert demnach aus der Unsicherheit über die zukünftige nominale Auszahlungshöhe (Reservierungsrisiko) und die zukünftigen Auszahlungszeitpunkte (Auszahlungsrisiko) der Rückstellungen. Dabei manifestiert sich das Reservierungsrisiko in der Abweichung des endgültigen Schadenaufwands (Ultimate) vom Erwartungswert (der Best Estimate-Reserve, also der erwarteten Summe aller geschätzten zukünftigen Zahlungen aus angefallenen Schäden). Hier wird demnach das Risiko von Abwicklungsverlusten aus der zum Berichtsstichtag bestehenden Best Estimate-Reserve betrachtet.

Das Reserverisiko wird in dem hier vorgestellten internen Modell in dem Abwicklungsmodell (siehe Abbildung 2 des ersten Teils dieser Abhandlung) modelliert. Für die stochastische Berechnung der Rückstellungen können verschiedene Ansätze Anwendung finden. So kann z.B. die *analytische Formel von Mack*<sup>18</sup> herangezogen werden, auf deren Basis neben dem Best Estimate eine Standardabweichung für den Vorhersagefehler, allerdings keine Verteilung ermittelt wird. Gemäß der Momentenmethode kann dann eine Verteilung angepasst werden. Bei diesem Ansatz wird eine Verteilung der nominalen Schadenrückstellungen (als Summe der

noch zu leistenden Schadenzahlungen) erzeugt. Es werden keine Verteilungen der zukünftigen Cashflows berechnet. Hier wird demnach das Reservierungs-, nicht aber das Auszahlungsrisiko modelliert. Des Weiteren können so genannte *Bootstrapping-Verfahren mit Verteilungsannahme* zur Quantifizierung des Reserverisikos Verwendung finden, bei denen vollständige Verteilungen der zukünftigen Cashflows erzeugt werden, so dass Reservierungs- und Auszahlungsrisiko berücksichtigt werden.<sup>19</sup> Auch die im Rahmen von Solvency II geforderte Berechnung diskontierter Rückstellungen kann hier problemlos durchgeführt werden, indem die Cashflows der einzelnen Simulationen z.B. anhand von Zinsstrukturkurven, die im Kapitalmarktmodell bereitgestellt werden, diskontiert werden. Allerdings sind die Bootstrapping-Verfahren mit Verteilungsannahme wesentlich aufwendiger anzuwenden als die analytische Formel von Mack. Welche Methoden zur Modellierung des Reserverisikos eingesetzt werden sollten bzw. stabilere Ergebnisse liefern, hängt auch von den zugrunde liegenden Schaden-dreiecken ab (z.B. vollständig oder nicht vollständig abgewickelte, irreguläre oder „glatte“ Dreiecke).<sup>20</sup>

### **Versicherungstechnisches GuV-Modell**

In internen Modellen ist es sicherlich von großem Nutzen neben der für die Risikosicht relevanten ökonomischen Sicht die HGB-Bilanzsicht als strenge Nebenbedingung abzubilden, um z.B. zusätzlich das Risiko eines bilanziellen Shortfalls zu überwachen. So findet im versicherungstechnischen GuV-Modell die Erstellung einer kompletten versicherungstechnischen Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) im Sinne der (HGB-) Bilanzierung statt. Mit Hilfe der Auszahlungs- und Reservierungsmuster können die Zahlungen und Rückstellungen sämtlicher Anfalljahre im aktuellen Geschäftsjahr modelliert werden. Mit den so ermittelten Werten wird dann die Veränderung der Schwankungsrückstellung nach den einschlägigen Regeln berechnet. Jede Größe der GuV ist somit stochastischer Natur, d.h. man erhält an dieser Stelle eine Vielzahl von simulierten versicherungstechnischen Gewinn- und Verlustrechnungen.

### **Aktivmodell**

Im Aktivmodell (Abbildung 1) findet die Modellierung der Kapitalanlagen statt. In dem hier vorgestellten Modell sollen ökonomische und (HGB-) bilanzielle Ergebnisverteilungen sowie Risikokapital zunächst für die Kapitalanlagen (und einzelne Assetklassen) und anschließend auch in der Gesamtunternehmenssicht (inklusive der Versicherungstechnik) dargestellt werden können. Ein weiteres Ziel ist die Abbildung der möglichen Spannweite der Entwicklung verschiedener Kennziffern (z.B. Nettoverzinsung, Abschreibungen, stille Reserven und stille Lasten in den Kapitalanlagen). Demnach müssen sowohl Buchwerte als auch Marktwerte und fortgeführte Anschaffungskosten für alle Kapitalanlagen projiziert werden.

Um der hohen Volatilität der Kapitalanlage- bzw. der Finanzrisiken gerecht zu werden, sind stochastische Szenarien der Kapitalmarktentwicklungen zu generieren. Dies kann mittels eines (separaten) *Kapitalmarktmodells* geschehen, mit dessen Hilfe konsistente Kapitalmarkt-szenarien erzeugt werden. Die meisten Kapitalmarktmodelle basieren - wie auch die Modellierung der Versicherungstechnik - auf Monte-Carlo-Simulationen.

Ein Kapitalmarktszenario besteht in der Regel jeweils aus einer Zinsstrukturkurve (pro Projektionsperiode, z.B. Monat, Quartal, Jahr) sowie einer Reihe von Indizes für die Assetklassen und deren Abhängigkeitsstrukturen. Die wesentlichen Risikogrößen wie Income- und Total>Returns können zu jedem Index mittels verschiedener Simulationsverfahren erzeugt werden.

Auch diese Informationen können in der Regel auf Monats-, Quartals- oder Jahresebene angegeben werden. Durch das Kapitalmarktmodell wird ein breites Spektrum möglicher Ereignisse unter Beachtung ihrer Wahrscheinlichkeitsgewichtung simuliert. Der Projektionszeitraum (z.B. fünf Jahre) kann dabei meistens beliebig vorgegeben werden. Die Kalibrierung des Kapitalmarktmodells erfolgt in der Regel nach Markterwartung unter zusätzlicher Berücksichtigung der Historie. Je nach Detailtiefe der im internen Unternehmensmodell modellierten Assets sollten die Kapitalmarktmodelle eine Vielzahl von Assetklassen simulieren können. Dabei können und sollten Assets, deren zukünftige Entwicklung von den gleichen Einflussfaktoren abhängen, zusammengefasst werden.

Jedes Versicherungsunternehmen kann eigene stochastische Kapitalmarktmodelle entwickeln. Darüber hinaus werden von unterschiedlichen Anbietern Kapitalmarktmodelle angeboten, die die Versicherungsunternehmen in ihren internen Unternehmensmodellen einsetzen können.<sup>21</sup> Bei Konzernunternehmen sollte die Konsistenz der Annahmen hinsichtlich der Kapitalmarkt-szenarien sichergestellt sein. So können z.B. für die Lebens- und die Schaden- und Unfallversicherung oder andere Konzerngesellschaften die gleichen Kapitalmarktmodelle für die Simulation der Kapitalmarktszenarien Anwendung finden, wobei auch hier zusätzlich die Konsistenz der Annahmen sichergestellt sein muss.

Im *Bestandsmodell* der Kapitalanlagen (KA) wird der Kapitalanlagebestand (Bonds, Aktien, Fonds, Immobilien, Hypotheken, etc., die je nach vorgesehenem Detaillierungsgrad in verschiedene Assetklassen unterteilt werden) zu Projektionsbeginn abgebildet. Des Weiteren werden hier Investment Assets, Regeln zum Rebalancing<sup>22</sup>, Bilanzierungsregeln, Regeln zur Berechnung der Steuern, etc. bereitgestellt.

Aus dem Passivmodell werden die versicherungstechnischen Cashflows unter der Vorgabe geeigneter Abhängigkeiten zu den Kapitalmarktszenarien an das *Assetmodell* übergeben.<sup>23</sup> Im Assetmodell findet dann die Fortschreibung des Kapitalanlagebestandes statt. Hierbei wird für jedes der im Kapitalmarktmodell erzeugten Szenarien eine Projektion (Simulation) auf der Ebene der kleinsten modellierten Asseteinheiten (Assetklassen) durchgeführt, entsprechende Cashflows werden ermittelt und daraus definierte Kenngrößen, Bilanzen und GuV-Ergebnisse abgeleitet. Bei ausreichend großer Szenarienzahl ergibt sich für jede Kenngröße eine Häufigkeitsverteilung.<sup>24</sup>

Sind Aktien gegen hohe Kurswertverluste durch Sicherungsmaßnahmen (z.B. Hedge) geschützt, so sollten diese Sicherungsmaßnahmen auch adäquat abgebildet werden. In diesem Zusammenhang bietet es sich z.B. in mehrjährigen Modellen an, für die Folgejahre verschiedene Sicherungskonzepte auf ihre Effizienz zu testen und die Ergebnisse als Entscheidungsgrundlage für die Sicherungsmaßnahmen der folgenden Jahre zu nutzen.

Nach dem Durchlauf des Assetmodells erhält man pro modelliertem Jahr eine Verteilung der ökonomischen Kapitalanlageergebnisse (z.B. das bilanzielle KA-Ergebnis zuzüglich der Veränderung der Aktivreserven) und der ökonomischen Gesamtunternehmens-Ergebnisse. Ebenso ergibt sich eine Verteilung der HGB-Bilanzen bzw. Gewinn- und Verlustrechnungen (je nach Simulationsanzahl z.B. 100.000 HGB-Bilanzen).

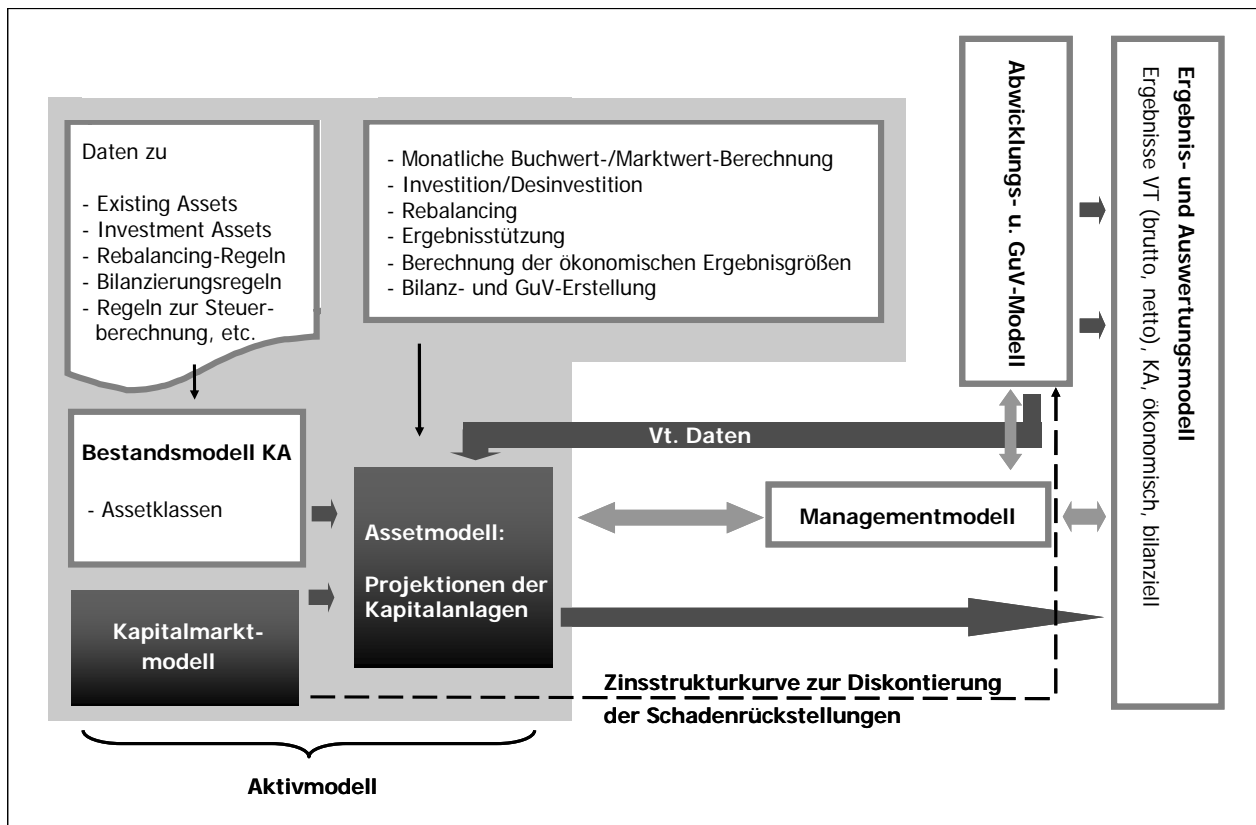


Abbildung 1: Das Aktivmodell und angrenzende Modelle

### Mehrjährigkeit

Bei den bisherigen Ausführungen standen einjährige Betrachtungen im Vordergrund. Auch den Berechnungen im Rahmen von Solvency II liegt ein einjähriger Betrachtungshorizont zugrunde. Im Rahmen der wert- und risikoorientierten Unternehmenssteuerung sind jedoch auch mehrjährige Betrachtungen von Interesse. Kumul- und Großschadenergebnisse stellen für alle Versicherer ungeachtet einer regionalen, überregionalen oder internationalen Ausrichtung große Risikopotentiale dar, die sowohl in einjähriger als auch in mehrjähriger Sicht quantifiziert werden sollten. In mehrjährigen internen Modellen können z.B. folgende Fragestellungen - unter Einhaltung eines bestimmten Sicherheitsniveaus - beantwortet werden:

- Wie viele 100-Jahresereignisse (in der Versicherungstechnik) in Folge kann das Unternehmen ökonomisch und bilanziell überstehen?
- Wie viele Jahre mit äußerst ungünstigen Kapitalmarktentwicklungen kann das Unternehmen ökonomisch und bilanziell verkraften?
- Wie viel Risikokapital müssen die Kapitalgeber (für äußerst ungünstige Entwicklungen in der Versicherungstechnik und am Kapitalmarkt) vorhalten, um die nächsten fünf Jahre zu „überleben“?

## Managementmodell

Generell sollte in einem internen Modell die Möglichkeit bestehen, dynamische, pfadabhängige *Managementregeln* zu implementieren. Wir verstehen hierunter Steuerungsregeln, die auf spezielle Situationen in einzelnen Szenarien reagieren und nicht in allen Simulationen umgesetzt werden. Sie berücksichtigen demnach auch gesetzliche und bilanzielle Vorgaben und betreffen oftmals die Interaktion mehrerer Teilmodelle. Das Managementmodell kann somit mit fast allen Teilmodellen kommunizieren.<sup>25</sup>

Managementregeln sind in der *bilanziellen Sicht* zum Teil unverzichtbar, da sonst unplausible Ergebnisse erzielt werden würden. So könnte eine Managementregel z.B. lauten, in Szenarien, die einen negativen Jahresüberschuss nach Steuern aufweisen, Aktivreserven bei Respektierung vorgegebener Mindest-Aktivreservequoten soweit aufzulösen, dass ein möglichst ausgeglichenes Jahresergebnis erreicht wird. Diese Managementregel greift somit erst nach Berechnung der GuV bzw. der Bilanz.

In der *ökonomischen Sicht* sind Managementregeln vor allem in mehrjährigen Modellen sinnvoll. So könnte in Szenarien mit extremen Sturmereignissen in den Folgejahren z.B. ein verstärkter Einkauf von Rückversicherungsschutz in den Sturmsparten umgesetzt oder die Aktienquote zurückgefahren werden, um das Unternehmensrisiko in den auf ein Extremereignis folgenden Jahren zu senken. Die hier genannten Managementregeln sollen demnach dazu dienen, nach dem Eintreten eines Extremszenarios das Eintreten eines weiteren Extremszenarios in den Folgejahren zu verhindern.

Da Managementregeln sehr überlegt angewandt werden müssen, soll an dieser Stelle auf mögliche Gefahren hingewiesen werden, die nicht übersehen werden sollten. Die Implementierung von Managementregeln kann deutliche Auswirkungen auf die endgültigen Ergebnisse (Bilanzen, GuV, Risikokapital, etc.) haben. Die unter Zugrundelegung von Managementregeln berechneten Ergebnisse sind somit immer *unter dem Vorbehalt der Gültigkeit der vorgegebenen Managementregeln* (für den gesamten Projektionszeitraum) zu sehen. Entscheidet das Management nicht nach den implementierten Regeln, so sind die simulierten Ergebnisse nicht aussagekräftig. Des Weiteren wird durch eine zu hohe Komplexität an Managementregeln die Nachvollziehbarkeit unterschiedlicher Einflüsse (z.B. bei Strategievergleichen) erschwert. Deshalb sollten Managementregeln für separate Berechnungen und Untersuchungen von Einzeleffekten individuell ein- und ausgeschaltet werden können.

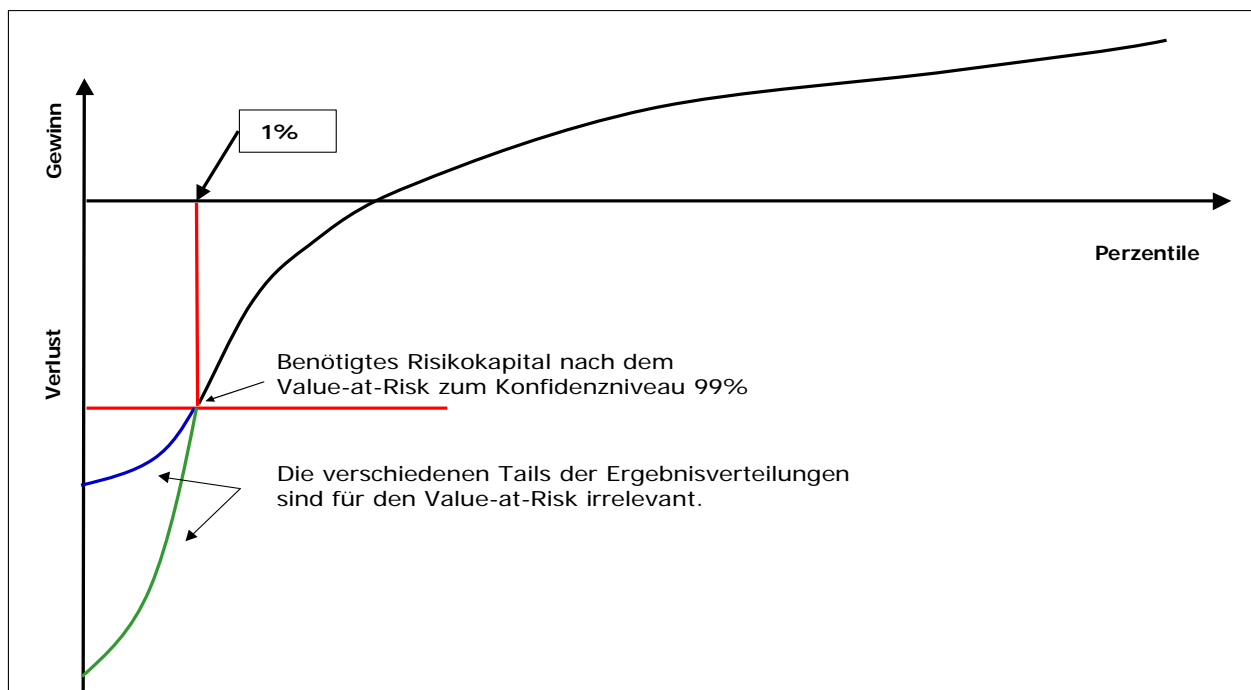
## Definition und Bestimmung von Risikokapital

Interne Unternehmensmodelle stellen eine wichtige Grundlage für die Ermittlung des Risikokapitals für das Gesamtunternehmen und die Allokation (Aufteilung) dieses Kapitals auf die einzelnen Unternehmenssegmente dar. Bei der Bestimmung von Risikokapital wird häufig der Value-at-Risk zugrunde gelegt, der sich bereits als Standardrisikomaß im Bankenbereich etabliert hat. Hierbei wird der negative Wert des Geschäftsergebnisses als Risikokapitalbedarf festgesetzt, das lediglich mit einer geringen Wahrscheinlichkeit von  $\alpha$  unterschritten wird. Für die Ermittlung des Risikokapitals wird eine entsprechende Ergebnisverteilung benötigt, die sich aus einer Vielzahl von Simulationen generieren lässt.

Eine Schwäche des Value-at-Risks ist seine Eigenschaft als reine „Ein-Punkt-Betrachtung“. Unterschiedliche Risikocharakteristika unterhalb des interessierenden  $\alpha$ -Quantils fließen nicht

in die Value-at-Risk-Konzeption mit ein, so dass das Tailverhalten der zugrunde liegenden Ergebnisverteilung jenseits des definierten Konfidenzniveaus keine Auswirkung auf den Value-at-Risk hat. So kann die Risikoeinstufung zweier Handlungsalternativen in Abhängigkeit des betrachteten Konfidenzniveaus durchaus variieren. Ein weiterer Nachteil des Value-at-Risks ist die fehlende Subadditivität, die besagt, dass das Risiko zweier zusammengelegter Portefeuilles niemals größer ist als die Summe der Einzelrisikopositionen. Durch die Subadditivität ist gewährleistet, dass Diversifikationseffekte geeignet abgebildet werden können. Allerdings erfüllt der Value-at-Risk im Zusammenhang mit der Normalverteilung (für  $\alpha < 0,5$ ) die Subadditivitätsbedingung.<sup>26</sup> Dies gilt nicht im Zusammenhang mit den in der Regel deutlich rechtsschiefen Schadenverteilungen, die in der Schaden- und Unfallversicherung eingesetzt werden.

Das Risikomaß Tail-Value-at-Risk weist die oben genannten Schwächen nicht auf. Es ist definiert als der erwartete Verlust der  $100 \cdot \alpha\%$  schlechtesten Fälle und ist demnach immer größer oder gleich dem Value-at-Risk. Beim Tail-Value-at-Risk handelt es sich um ein kohärentes Risikomaß, was u. a. bedeutet, dass die Subadditivitätsbedingung stets (für alle Verteilungstypen) erfüllt ist.



**Abbildung 2: Ergebnisverteilung und Risikokapitalbestimmung nach dem Value-at-Risk und dem Tail-Value-at-Risk**

### Allokation von Risikokapital

Mit Hilfe der Ergebnisverteilungen kann der Risikokapitalbedarf für das Gesamtunternehmen und für die modellierten Teilsegmente (Sparten/Kundengruppen/Kapitalanlageklassen) ermittelt werden. Zur Steuerung einzelner Kundengruppen, der Rückversicherung oder separater Kapitalanlageklassen sind geeignete Zielvorgaben für die einzelnen Steuerungseinheiten abzuleiten. Dieser Vorgang setzt in der Regel eine Allokation des Risikokapitals auf die Steuerungseinheiten voraus. Da das Risikokapital im Versicherungsunternehmen der Sicherheit des Unternehmens als Ganzes dient, handelt es sich bei der Risikokapitalallokation um eine

Schlüsselung von Gemeinkosten, die immer einer gewissen Willkür unterliegt. Daher sollten die Allokationsverfahren im Einzelfall auf ihre konkrete Eignung hinsichtlich der Erfüllung vorgegebener Unternehmensziele untersucht werden.<sup>27</sup>

## Ergebnis- und Auswertungsmodell

Wesentliche Ergebnisse interner Modelle sind die Ergebnisverteilungen (siehe z.B. Abbildung 2), anhand derer z.B. Erwartungswerte, alle Perzentile (wie z.B. der Median oder das Ergebnis, das nur in 0,5% der Fälle unterschritten wird), Shortfallwahrscheinlichkeiten und der Risikokapitalbedarf für die modellierten Segmente der Versicherungstechnik, die modellierten Asseteinheiten und das Gesamtunternehmen bestimmt werden können. Ebenso kann das Gesamtrisikokapital auf einzelne steuerungsrelevante Teilunternehmen unter Ausweis der jeweiligen Diversifikationseffekte allokiert werden.

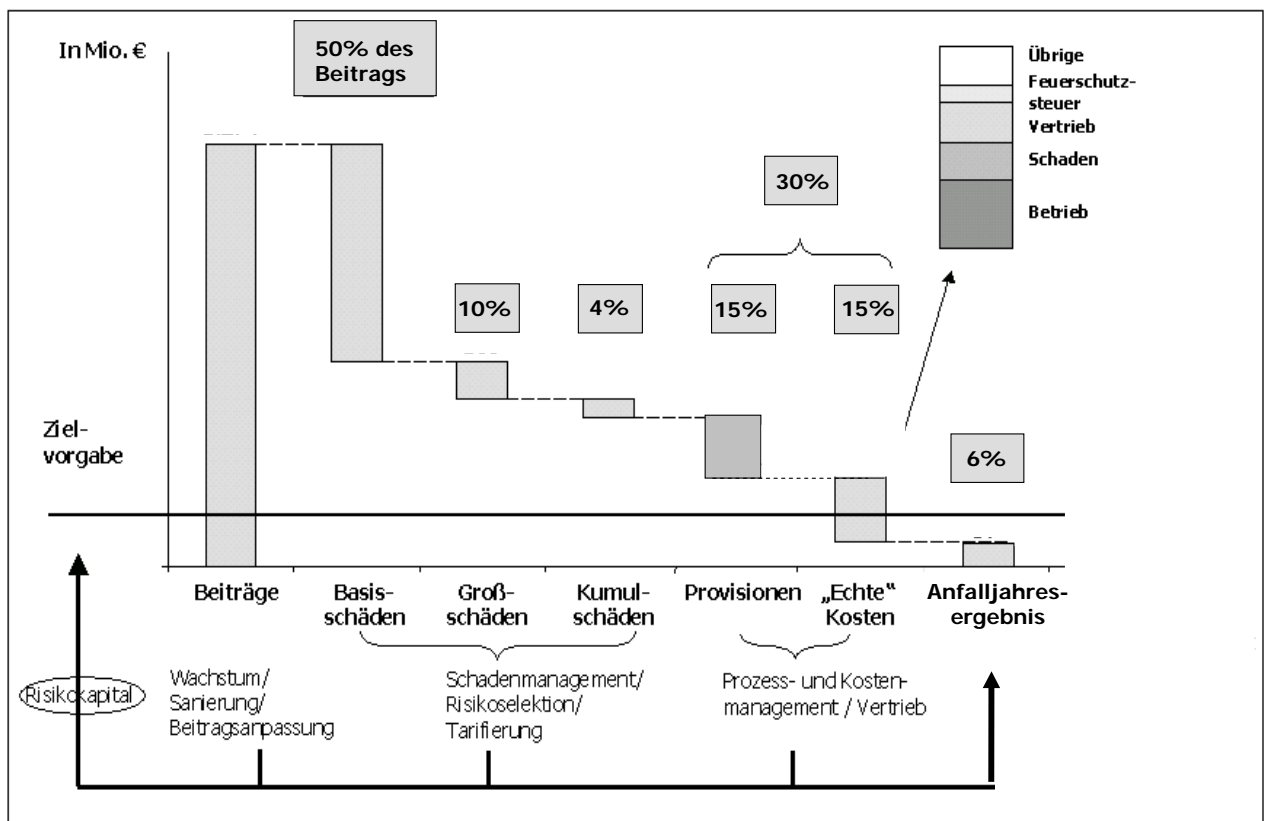


Abbildung 3: Stellhebel zur Ergebnisverbesserung

Aufgrund der detaillierten Modellierung können z. B. die simulierten Anfalljahresergebnisse in die einzelnen Komponenten Beiträge, Basis-, Groß- und Kumul-schäden sowie die unterschiedlichen Kostenarten (Provisionen, interne Schadenregulierungskosten, Verwaltungskosten, Feuerschutzsteuer) zerlegt werden, um so z.B. geeignete Stellhebel zur Ergebnisverbesserung zu identifizieren. Abbildung 3 zeigt die Zerlegung des Ergebnisses anhand des Erwartungswertes für einen Beispieldatensatz. Diese Darstellung ist nicht nur für den Erwartungswert, sondern für jedes Perzentil der betrachteten Ergebnisfunktion möglich.



Des Weiteren können z.B. Rendite-Risikodiagramme für die Versicherungstechnik und die Kapitalanlagen erstellt werden.

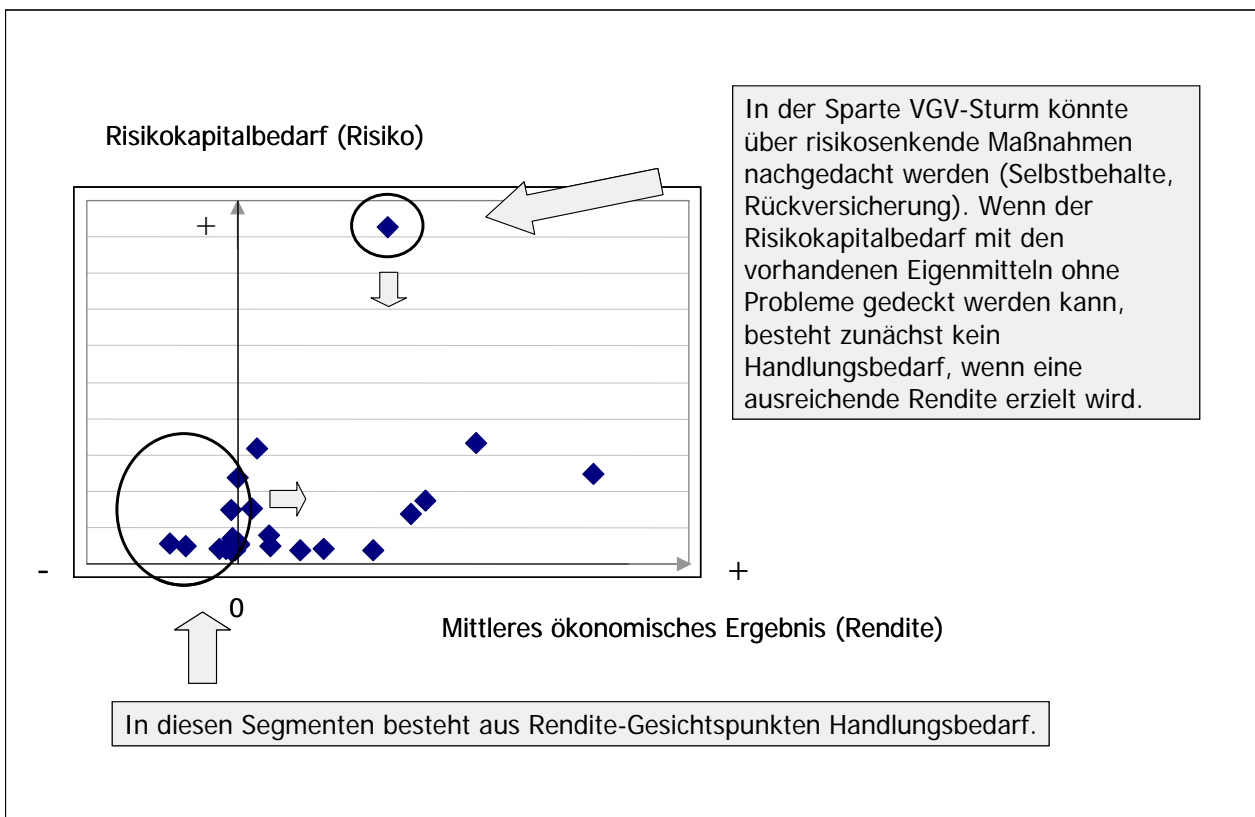
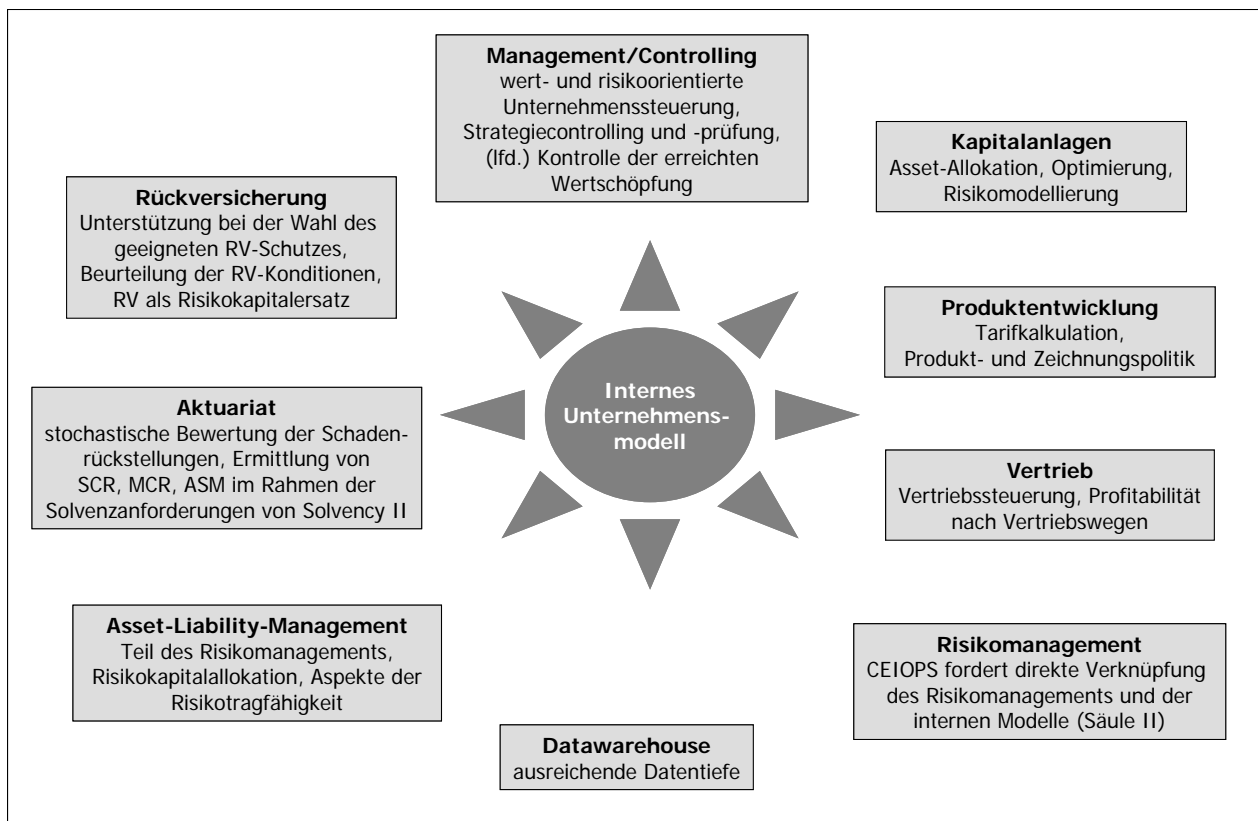


Abbildung 4: Rendite-Risikodiagramm für die Versicherungstechnik

### Ausblick

Durch die veränderten Rahmenbedingungen<sup>28</sup> entstehen erhöhte Anforderungen an das Management, wie z.B. eine möglichst hohe Rendite in Relation zum eingegangenen Risiko auf das von den Kapitalgebern zur Verfügung gestellte Kapital zu erzielen. Um den veränderten Anforderungen gerecht zu werden, ist ein ganzheitlicher wert- und risikoorientierter Steuerungsprozess aufzusetzen, bei dem interne Unternehmensmodelle eine wichtige Hilfestellung leisten können und der erhebliche Auswirkungen auf die unterschiedlichsten Unternehmenseinheiten haben wird.<sup>29</sup> Abbildung 4 zeigt wichtige Einsatzbereiche eines internen Unternehmensmodells.



**Abbildung 5: Einsatzbereiche des internen Unternehmensmodells**

*Die Autoren: Dr. Dorothea Diers, Aktuar DAV, ist im Konzerncontrolling der Provinzial NordWest Holding zuständig für das interne Konzernmodell und Lehrbeauftragte der Universität Ulm. Prof. Dr. Hans-Joachim Zwiesler ist Professor für Aktuarwissenschaften an der Universität Ulm und Vorsitzender des Kuratoriums des Instituts für Finanz- und Aktuarwissenschaften (ifa).*

<sup>1</sup> Aufgrund geänderter Rahmenbedingungen (Deregulierung, Entwicklung der Kapitalmärkte, Anstieg von Naturkatastrophen und Terroranschlägen) verschlechterte sich die Kapitalausstattung der weltweit tätigen Erst- und Rückversicherer (Schaden/Unfall) im Zeitraum von 2000 bis 2002 um ca. 25% (siehe SwissRe (2002): „Die globale Nicht-Leben Versicherung in einer Zeit der Kapazitätsknappheit“, Sigma Nr. 4/2002).

<sup>2</sup> 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, Ulm (<http://www.ifa-ulm.de/verlag/Abstractbooks.htm#54>)

<sup>3</sup> Bei Nichterfüllung der Solvenzanforderungen (Unterschreitung des SCR) greift die so genannte „Aufsichtsleiter“.

<sup>4</sup> Die dritte quantitative Auswirkungsstudie (QIS 3) wird voraussichtlich am 01. April 2007 beginnen (Start des europaweiten Versandes der Testunterlagen) und bis zum 30. Juni 2007 durchgeführt werden.

<sup>5</sup> In Abbildung 1 wird davon ausgegangen, dass der Marktwert der Aktiva den Marktwert der Passiva (Fremdkapital) zuzüglich des benötigten SCR übersteigt, was sicherlich nicht immer der Fall ist.

<sup>6</sup> Interne Modelle können u.a. nur dann von der Aufsicht anerkannt werden, wenn auch die internen Unternehmenssteuerungs- und Risikomanagementprozesse auf diesen Modellen basieren. Siehe CEIOPS (2005): „Draft Answers to the European Commission on the ‘second wave’ of Calls for Advice in the framework of the Solvency II project“, Consultation Paper No. 7, und GDV (2006): „Projekt Solvency II: Anforderungen an Interne Modelle - Voraussetzungen von Daten, Modell und Risikomanagementprozess“.

<sup>7</sup> Aus diesem Grunde werden die versicherungstechnischen Risiken in der Lebensversicherung in der Praxis oft deterministisch modelliert.

<sup>8</sup> pml: probable maximum loss

<sup>9</sup> Das Zeichnungsrisiko beschreibt das Risiko, dass die Beiträge des betrachteten zukünftigen Jahres nicht ausreichen, um die zukünftigen Schäden und Kosten zu decken.

<sup>10</sup> Die Modellierung erfolgt jeweils auf Basis des kollektiven Modells der Risikotheorie.

---

<sup>11</sup> Siehe dazu Diers/Nießen: „Interne Risikomodelle in der Praxis. Der Weg von der Erstellung und Implementierung bis zum regelmäßigen Einsatz“, in *Versicherungswirtschaft* 21/2005, S. 1657-1666 und 22/2005, S. 1748-1751.

<sup>12</sup> Dies setzt allerdings eine ausreichende Datenbasis für die Modellierung voraus.

<sup>13</sup> Die jeweiligen Parameter können z.B. mit der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt werden.

<sup>14</sup> Für die Verwendung in einem internen Modell sind als Ausgabe dieser physikalischen Modelle die *Event Loss Tables* besser geeignet, da hieraus dann direkt einzelne Ereignisse simuliert werden können.

<sup>15</sup> Ebenso sind bei der Modellierung des Reserverisikos (zwischen den einzelnen Anfalljahren und den Sparten), der Kapitalanlagen, zwischen Zeichnungs- und Reserverisiko sowie zwischen der Versicherungstechnik und den Kapitalanlagen geeignete Abhängigkeiten vorzugeben. Siehe hierzu und zu weiteren Beispielen Diers, D. (2007), Fußnote 2.

<sup>16</sup> Mit RV-Recoveries wird der Teil der Schäden (Ultimates) bezeichnet, den der Rückversicherer übernimmt.

<sup>17</sup> Hierbei wird unterstellt, dass alle Reserven auf einer Anfalljahresbasis beruhen. Reserven auf einer Zeichnungsjahresbasis können auch Schäden beinhalten, die noch nicht eingetreten sind.

<sup>18</sup> Siehe Mack, T. (2002): „Schadenversicherungsmathematik“, Schriftenreihe Angewandte Versicherungsmathematik, VVW Karlsruhe, 2. Auflage

<sup>19</sup> Siehe hierzu England/Verrall: „Stochastic Claims Reserving in General Insurance“, *British Actuarial Journal* 8, III, pp443-544

<sup>20</sup> Zur Modellierung des Reserverisikos in internen Modellen siehe 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, Ulm ([www.ifa-ulm.de](http://www.ifa-ulm.de)).

<sup>21</sup> Eine Übersicht über verschiedene Kapitalmarktmodelle findet man z.B. in „Investmentmodelle für das Asset Liability Modelling von Versicherungsunternehmen“, Abschlussbericht der Themenfeldgruppe Investmentmodelle, VVW Karlsruhe, 2002.

<sup>22</sup> Unter Rebalancing versteht man die aktive Steuerung der Asset-Allokation nach Anteilen der Assets bzw. Assetklassen am Gesamtbestand.

<sup>23</sup> Die Höhe des Risikokapitals für das Gesamtunternehmen hängt stark von den unterstellten Abhängigkeiten innerhalb der Versicherungstechnik, innerhalb der Kapitalanlagen und zwischen Kapitalanlagen und Versicherungstechnik ab (siehe hierzu auch Teil I dieses Artikels). In der Regel gestaltet es sich als schwierig, Abhängigkeiten aus den Daten der Unternehmen zu schätzen. Doch auch wenn ein Unternehmen aus seinen Daten keine validen Schätzungen zu Abhängigkeiten vornehmen kann, ist die Annahme der Unabhängigkeit in der Regel leichtsinnig. Ein Vorschlag zur Modellierung der Abhängigkeiten wird in Diers, D. (2007), siehe Fußnote 4, gegeben.

<sup>24</sup> Die genaue Funktionsweise eines Assetmodells kann z.B. in Diers, D. (2007), siehe Fußnote 4, oder in Jaquemod, R. et al. (2005): „Stochastisches Unternehmensmodell für deutsche Lebensversicherungen“, Abschlussbericht der DAV-Arbeitsgruppe, VVW Karlsruhe, nachgelesen werden.

<sup>25</sup> Hier sind im Wesentlichen das Bestandsmodell VT, das Rückversicherungsmodell, das Abwicklungs- und GuV-Modell, das Bestandsmodell KA, das Assetmodell und das Ergebnis- und Auswertungsmodell zu nennen. Der übersichtlicheren Darstellbarkeit halber wurde in der Abbildung 2 des ersten Teils dieser Abhandlung nur allgemein die Kommunikation mit dem Passiv-, dem Aktiv- und dem Ergebnis und Auswertungsmodell aufgezeigt (siehe graue Pfeile).

<sup>26</sup> Der Value-at-Risk stellt im Zusammenhang mit der Normalverteilung (für  $\alpha < 0,5$ ) ein kohärentes Risikomaß dar. Das gilt allgemeiner für die Klasse der elliptischen Verteilungen. Siehe hierzu Albrecht, P.: „Zur Messung von Finanzrisiken“, Mannheimer Manuskripte zur Risikotheorie, Portfolio Management und Versicherungswirtschaft, Nr. 143. Bei den Schadenverteilungen von Schaden- und Unfallversicherern wird häufig aufgrund ihrer extremen Rechtsschiefe die Klasse der elliptischen Verteilungen verlassen, was zur Folge hat, dass die Subadditivitätsbedingung verletzt ist.

<sup>27</sup> Siehe Gründl/Schmeiser: „Zur Problematik der Kapitalallokation in Versicherungsunternehmen“, Working Papers on Risk Management and Insurance No. 9, Universität St. Gallen. Wesentliche Allokationsverfahren sind z.B. dargestellt in Koryciorz (2004): „Sicherheitskapitalbestimmung und -allokation in der Schadenversicherung: Eine risikotheorietische Analyse auf der Basis des Value-at-Risk und des Conditional Value-at-Risk“, Veröffentlichungen des Instituts für Versicherungswissenschaft der Universität Mannheim, Bd. 67, VVW Karlsruhe.

<sup>28</sup> Z.B. Deregulierung, Entwicklung der Kapitalmärkte, Anstieg von Naturkatastrophen und Terroranschlägen.

<sup>29</sup> Interne Modelle können auch bei der Konzernsteuerung eingesetzt werden. Auch die Gruppensolvabilität (unter Berücksichtigung der auf Gruppenebene entstehenden Diversifikationseffekte) kann mit internen Modellen risikoadäquat ermittelt werden.