

Analyse, Validierung und Prozess der Verdichtung von Lebensversicherungsbeständen

Zusammenfassung der Dissertation an der Universität Ulm

Peter Uetermeier

Motivation und Fragestellungen

Bedingt durch das Niedrigzinsumfeld und erweiterte aufsichtsrechtliche Anforderungen an Versicherungsunternehmen hat das Risikomanagement von Lebensversicherungsunternehmen in den letzten Jahren kontinuierlich an Bedeutung gewonnen. Das zentrale Mittel der Wahl zur Analyse potenzieller Risiken und zur Bewertung der zukünftigen Unternehmensentwicklung stellen dabei actuarielle Projektionsrechnungen dar. Basierend auf einer umfangreichen Modellierung des Geschäftsmodells eines Unternehmens simulieren solche Projektionen die Entwicklung der Aktiva und Passiva des Unternehmens über einen bestimmten Zeithorizont und ausgewählte Szenarien.

Problematisch stellt sich im Rahmen actuarieller Projektionsrechnungen jedoch häufig der damit verbundene Rechenaufwand dar. Begründet liegt dies in der Komplexität solcher Projektionsrechnungen, die sich in verschiedene Dimensionen unterteilen lässt. Aufgrund der langen Laufzeiten von Lebensversicherungsverträgen erfordern actuarielle Projektionsrechnungen einerseits einen langen Zeithorizont sowie eine Vielzahl an Projektionsschritten. Um die Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen angemessen abbilden zu können, sind andererseits eine Vielzahl verschiedenartiger Szenarien zu modellieren, z.B. zur Abbildung unterschiedlicher Sterblichkeiten oder Kapitalmarktentwicklungen. Da die Aktiva und Passiva eines Versicherungsunternehmens gegenseitigen Wechselwirkungen unterliegen, ist darüber hinaus eine separate Projektion von Aktiv- und Passivseite in vielen Anwendungen nicht ausreichend. Vielmehr müssen diese simultan betrachtet werden, sodass sie zu verschiedenen Zeitpunkten pfadabhängig mittels dynamischer Managementregeln aufeinander abgestimmt werden können. Des Weiteren sind zur risikoneutralen Bewertung von impliziten Optionen und Garantien in Lebensversicherungsverträgen Nested Simulations, d.h. geschachtelte Simulationen mit zusätzlichen Szenarien innerhalb der

eigentlichen Projektionsszenarien, erforderlich. Aufgrund dieser Aspekte würde die einzelvertragliche Durchführung solcher Projektionsrechnungen für einen durchschnittlichen Bestand eines deutschen Lebensversicherungsunternehmens mit hunderttausenden an Verträgen einen massiven Rechenaufwand bewirken.

Als Methode zur Effizienzsteigerung untersucht diese Dissertation dabei die Verdichtung des Passivbestandes, d.h. die Auswahl einer kleinen Menge von repräsentativen Versicherungsverträgen, sogenannter Modelpoints, die anstelle des Gesamtbestandes als Input der Projektionen fungieren. Dabei werden die folgenden zentralen Fragestellungen untersucht:

- Wie kann die Verdichtung eines Bestandes mathematisch als Optimierungsproblem modelliert werden?
- Wie kann eine Verdichtung zielführend validiert werden?
- Wie sieht ein allgemeiner Verdichtungsprozess aus, den ein beliebiges Lebensversicherungsunternehmen in der Praxis zur Verdichtung seines Vertragsbestandes durchführen kann?
- Welche Vorgehensweisen in den verschiedenen Schritten des Verdichtungsprozesses können eine zufriedenstellende Verdichtungsqualität gewährleisten?

Zentrale Erkenntnisse

Zunächst wird die Verdichtung in ein mathematisches Modell eingebettet, in dessen Rahmen sich die Auswahl einer Menge von repräsentativen Modelpoints als Optimierungsproblem formulieren lässt. In der Praxis kann meist davon ausgegangen werden, dass die angestrebte Anzahl an Modelpoints vorgegeben ist durch den zulässigen Umfang des Inputs im verwendeten Projektionsmodell bzw. dessen maximal tolerierter Laufzeit. Somit entspricht die Definition einer Verdichtung als Minimierung der Abweichungen von Projektionsergebnissen des verdichteten und des unverdichteten Bestandes unter einem festgelegten maximalen Umfang des verdichteten Bestandes dieser in der Praxis üblichen Herangehensweise.

Den wesentlichen Bestandteil des Optimierungsproblems bildet dabei die zu minimierende Zielfunktion, mittels derer die Abweichung des

verdichteten Bestandes vom unverdichteten Bestand hinsichtlich festgelegter Projektionsgrößen, Zeitpunkte und Szenarien quantifiziert wird. Basierend auf Vorgehensweisen des Multi Criteria Decision Managements (MCDM) werden zunächst allgemeine Anforderungen für eine solche Validierungsfunktion definiert. Diese sollte alle zu validierenden Aspekte vollständig umfassen, sie auf eine zweckmäßige Art messen sowie eine ausgewogene und redundanzfreie Berücksichtigung der verschiedenen Aspekte sicherstellen. Darauf aufbauend wird eine spezielle Zielfunktion des Optimierungsproblems als gewichtete p -Norm logarithmischer Abweichungen zwischen den Projektionsergebnissen des verdichteten und des unverdichteten Bestandes hergeleitet. Ein Strafterm erlaubt dabei die Kontrolle von Nebenbedingungen an die Verdichtung.

Um diese allgemeine Validierungsfunktion für einen konkreten Versicherungsbestand anzuwenden, werden darüber hinaus Methodiken zur Kalibrierung ihrer Parameter auf den Anwendungszweck der Verdichtung und den zugrunde liegenden Bestand entwickelt sowie Vorgehensweisen zur Überprüfung der Eignung der Zielfunktion vorgestellt. Am Beispiel eines realen Bestandes von Kapitallebensversicherungen werden die entwickelten Methoden zur Validierung einer Verdichtung anschließend durchgeführt, wobei sich durch eine Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse sowie die weitgehende Übereinstimmung der von der Gütefunktion implizierten Präferenzen mit Experteneinschätzungen eine hohe Praxisauglichkeit der Zielfunktion herausstellt.

Zudem wird ein grundlegender Prozess zur zielgerichteten Verdichtung des Bestandes eines beliebigen Lebensversicherungsunternehmens definiert. Am Beispiel eines realen Bestandes von indexgebundenen Rentenversicherungen werden dabei für jeden Prozessschritt geeignete Vorgehensweisen identifiziert. Teilweise entstammen diese der Literatur zum Themenkomplex Verdichtung oder bilden Modifikationen solcher Methodiken. Ansonsten verkörpern sie Verfahren, die sich in verwandten Anwendungsgebieten als sinnvolle Herangehensweisen etabliert haben, oder sie werden speziell für den jeweiligen Schritt des Verdichtungsprozesses entwickelt.

Der Verdichtungsprozess basiert auf der Festlegung eines Anwendungszwecks der aus der Verdichtung resultierenden Modelpoints, d.h. der Auswahl der relevanten Projektionsgrößen, Zeitpunkte und Szenarien, bezüglich derer eine weitgehende Übereinstimmung des verdichteten und des unverdichteten Bestandes erforderlich ist. Um die Verdichtung auf diesen Daten zu kalibrieren, wird zunächst eine einzelvertragliche Projektion des unverdichteten Bestandes vorgenommen, die aufgrund des resultierenden Rechenaufwands üblicherweise nur unter gewissen Einschränkungen durchführbar ist, in einem ALM-Kontext beispielsweise mittels einer alleinigen Passivprojektion der Versicherungsverträge.

Der erste Schritt des Verdichtungsprozesses besteht anschließend in einer Segmentierung der Verträge in separat zu verdichtende Teilbestände, um sicherzustellen, dass bestimmte Charakteristika auch unter den Modelpoints separat vertreten sind. Eine solche Unterteilung sollte nach wenigen, den Bestand in maßgeblicher Weise charakterisierenden, Merkmalen erfolgen, wobei insbesondere der Rechnungszins der Verträge ein sinnvolles Unterscheidungsmerkmal verkörpert. Das einem Teilbestand zugeteilte Budget an Modelpoints sollte dabei in Abhängigkeit der Heterogenität des Teilbestandes bestimmt werden; als Maße bieten sich die summierte Standardabweichung oder der summierte Variationskoeffizient der Projektionsgrößen über die Verträge der Teilbestände an.

Die optimale Verdichtung des Bestandes erfolgt im Anschluss in zwei Schritten: Zunächst werden die Verträge des Bestandes mittels K-Means Clustering in homogene Cluster gruppiert. Innerhalb jedes Clusters wird dann auf Basis des Optimierungsverfahrens Simulated Annealing ein optimaler Vertrag als Modelpoint gewählt. Durch diese Kombination von Clustering und Optimierungsverfahren ergänzen sich die Methoden derart, dass sie gegenseitig den Nachteilen der jeweils anderen Methodik entgegenwirken. Im Rahmen der Verdichtung eines Bestandes mittels Clustering ergibt sich üblicherweise die Problematik, dass der optimale Modelpoint innerhalb eines Clusters keinen realen Vertrag verkörpert, weshalb sich in jedem Cluster Abweichungen zwischen dem optimalen und dem als Modelpoint gewählten Vertrag ergeben, die sich über die verschiedenen Cluster akkumulieren. Durch die Anwendung des Optimierungsverfahrens Simulated Annealing können die Modelpoints

dagegen über alle Cluster hinweg optimal im Hinblick auf die Zielfunktion der Verdichtung gewählt werden, wobei lokale Optima wieder verlassen werden können. Grundsätzlich eignet sich Simulated Annealing auch für die direkte Verdichtung des Bestandes, ohne vorheriges Clustering. Durch eine Gruppierung des Bestandes in homogene Cluster wird dem Algorithmus dagegen eine geeignete Vorsortierung des Bestandes und damit eine drastische Verkleinerung des Suchraums zur Verfügung gestellt, die zu deutlich besseren Validierungsergebnissen führt.

Um alle Verträge seines Clusters zu repräsentieren, wird jeder Modelpoint im Anschluss mit der Anzahl der Verträge seines Clusters skaliert. Darüber hinaus kann durch eine Optimierung der Skalierungsfaktoren eine Steigerung der Verdichtungsqualität erreicht werden.

Durch diese Kombination von Vorgehensweisen in den einzelnen Schritten des Verdichtungsprozesses kann eine akkurate Repräsentation des unverdichteten Bestandes bei gleichzeitiger Reduktion der Anzahl an Modelpoints auf 1% der Bestandsgröße erreicht werden. Dies gilt ebenso im Rahmen einer Validierung auf verschiedensten out-of-sample Szenarien. Sogar bei einer Reduktion der Anzahl an Modelpoints auf 0,1% der Bestandsgröße zeigen sich nur äußerst geringe Abweichungen zwischen Projektionsergebnissen der Bestände, wobei sich im Rahmen der out-of-sample Validierung in geringem Maße Overfitting beobachten lässt.

Im Rahmen begleitender Analysen der Dissertation sowie der Implementierung und Validierung der Verdichtung für das betrachtete Versicherungsunternehmen wurden die verwendeten Techniken darüber hinaus für verschiedene Arten von realen Lebensversicherungsbeständen erprobt, insbesondere für Risikolebens-, Kapitallebens-, Renten- und Berufsunfähigkeitsversicherungen wie auch für fondsgebundene Lebensversicherungen. Dabei stellten sich durchweg eine hohe Praxistauglichkeit sowie sehr gute Validierungsergebnisse der verwendeten Verdichtungsverfahren heraus.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass diese Dissertation einem beliebigen Lebensversicherungsunternehmen einen durchgehenden, wissenschaftlich basierten Prozess bereitstellt, mittels dessen es seinen Vertragsbestand bei gleichzeitig hoher Repräsentativität der resultierenden Modelpoints verdichten kann.