



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

04. Dezember 2009

Berechnung der Bundesprämie im Entwurf der Kernenergiehaftpflichtverordnung

Studie

Berechnung der Bundesprämie im Entwurf der Kernenergiehaftpflichtverordnung

St. Gallen, 4. Dezember 2009

Professor Dr. Hato Schmeiser

Inhaber des Lehrstuhls für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Professor Dr. Nadine Gatzert

Inhaberin des Lehrstuhls für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Gliederung

Management Summary

- 1 Einleitung
- 2 Vom Bund versicherte Risiken
- 3 Modelle zur Berechnung der Bundesprämie
- 4 Schadenregulierungskosten
- 5 Fazit

Anhang: Formale Darstellung der Modelle

- A.1 Entwicklung eines versicherungsmathematischen Modells für die Berechnung der Bundesprämie
- A.2 Binäres Modell
- A.3 Aufschlagmodell

Management Summary

- Für die Berechnung der Bundesprämie müssen drei Prämienteile bestimmt werden, zu denen neu auch Umweltschäden hinzukommen:
 - Teil 1: Risiken, die von privaten Versicherern ebenfalls gedeckt werden, jedoch das Limit (1 Mia. CHF) überschreiten (Layer von 1 - 1,8 Mia. CHF)
 - Teil 2: Risiken, die von der Privatassekuranz ausgeschlossen sind und bereits im vorher geltenden Recht ausgeschlossen waren; höherer Layer bis 1,8 Mia. CHF
 - Teil 3: Nuklearschäden aufgrund von terroristischen Gewaltakten für Schäden zwischen 500 Mio. CHF und 1,8 Mia. CHF (Sublimit können angepasst werden)
- Aufgrund der mangelhaften Datenlage und den damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Anwendung eines versicherungsmathematischen Modells erscheint nach dem Treffen mit der Begleitgruppe die Annahme als sinnvoll, dass im Falle eines nuklearen Schadensfalls alle Risikogruppen (Unfall, terroristisches Ereignis, Naturkatastrophe etc.) der gesamte Layer (versicherter Bereich) getroffen werden; d. h., die Schadenhöhe mit einem oberen Limit von 1,8 Mia. CHF wird immer überschritten. Unter dieser Annahme ist ein binäres Modell zur Prämienbestimmung geeignet, bei dem der Vollschaten mit einer Wahrscheinlichkeit von $1/x$ eintritt. Dies ist als „1 nukleares Ereignis in x Jahren“ zu interpretieren.
- Die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die drei Teile der Prämie sind ausschlaggebend für die Prämienhöhe und müssen entweder von Experten bestimmt oder aus den aktuellen Prämien unter der Annahme geschätzt werden, dass die derzeitigen Prämien die Eintrittswahrscheinlichkeiten adäquat widerspiegeln.
- Beispiel 1: Ist die von der Privatversicherung für den Layer bis 1 Mia. CHF erhobene Nettorisikoprämie (= erwarteter Schaden) 2 Mio. CHF, so ist die dadurch implizierte Eintrittswahrscheinlichkeit gegeben als $\text{Nettoprämie} / \text{Layer} = 0,20\%$ (d. h. 1 Ereignis in 500 Jahren). Diese Eintrittswahrscheinlichkeit würde dann auch für die Berechnung des Teil 1 der Bundesprämie für den Layer von 1 Mia. CHF bis 1,8 Mia. CHF verwendet werden. Die Prämie ergibt sich in diesem Fall als $(1,8 \text{ Mia. CHF} - 1 \text{ Mia. CHF}) \times 0,20\% = 1,6 \text{ Mio. CHF}$.
- Beispiel 2: Ist 1 nukleares Ereignis (gemäss Teil 2) in 500 Jahren zu erwarten, dann be-

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

trägt die Eintrittswahrscheinlichkeit $1/500 = 0,20\%$. Da die Auszahlung in Höhe von 1,8 Mia. CHF mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,20% erfolgt, ergibt sich die Prämie zu $1,8 \text{ Mia. CHF} \times 0,20\% = 3,6 \text{ Mio. CHF}$. Analog muss für Teil 3 vorgegangen werden.

- Unter dieser Annahme sind implizit immer auch Umweltschäden mit berücksichtigt. Umweltschäden müssen nicht explizit bei der Prämienkalkulation berücksichtigt werden, da ein Nuklearschaden gemäss Annahme immer den gesamten Layer trifft.
- Diese Prozedur kann analog für die Schadenregulierungskosten angewendet werden, indem z. B. eine Kopplung an die Privatversicherungsprämien durchgeführt wird (vgl. hierzu Kapitel 4 der Studie).

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

1 Einleitung

Die Studie befasst sich mit einem Modell zur Berechnung der Bundesprämie für die vom Bund gemäss dem neuen Kernenergiehaftpflichtgesetz (nKHG) zu deckenden Risiken, die nicht von der Privatassekuranz gedeckt werden. Die Bearbeitung des Projekts basiert auf den vom Bundesamt für Energie bereitgestellten Informationen. Dabei wird festgehalten, dass diese Informationen ausschliesslich die Bundesprämie betreffen; Informationen bezüglich der von der Privatversicherung durchgeführten Bewertungsmethoden sind uns nicht bekannt (Einschränkung: Vgl. Zusatzberechnungen im separaten Dokument).

Als Ergebnis werden verschiedene Prämienmodelle vorgestellt und ein Rechentool zur Verfügung gestellt, das eine flexible Anpassung der Obergrenze der privaten Deckung und der Bundesprämie erlaubt. Das Modell ermöglicht die Betrachtung verschiedener Szenarien, z. B. im Hinblick auf die Schadenverteilung und Expertenszenarien. Die Inputfaktoren für die Modelle werden vom Bundesamt für Energie bereitgestellt.

Insgesamt werden drei Berechnungstypen dargestellt:

- Versicherungsmathematische Modellansätze (in zwei Varianten)
- Ein binäres Modell
- Ein Aufschlagmodell

Alle Modellansätze werden in ihrer Wirkung auf die Prämienhöhe betrachtet und bezüglich der inhärenten Vor- und Nachteile miteinander verglichen. Obwohl die versicherungsmathematischen Ansätze vom wissenschaftlichen Anspruch grundsätzlich einem einfachen binären Modell überlegen sind, sprechen wir uns für die Verwendung des binären Ansatzes aus. Begründet liegt diese Entscheidung darin, dass Beobachtungsdaten zur Kalibrierung des versicherungsmathematischen Ansatzes in unserem Fall nicht vorhanden sind und von daher nach unserem Dafürhalten eher Scheingenauigkeiten erzeugt werden. Für die Anwendung eines binären Modells spricht zudem die deutlich einfachere Umsetzung im Rahmen einer gesetzlich verankerten Verordnung.

2 Vom Bund versicherte Risiken

Die folgenden Risiken dürfen von den privaten Deckungsgebern ausgeschlossen werden. Sie sind vom Bund bis zu einem oberen Limit (bislang 1 Mia. CHF) versichert:

- Ausserordentliche Naturvorgänge oder kriegerische Ereignisse
- Ansprüche, für welche die Klage nicht innerhalb von zehn Jahren nach dem schädigenden Ereignis oder nach dem Aufhören einer andauernden Einwirkung erhoben wird
- Ansprüche, für die die Klage nicht innert 20 Jahren nach dem Verlust, Diebstahl, Überbordwerfen oder nach der Besitzaufgabe von Kernmaterialien erhoben wird
- Terroristische Gewaltakte (Umfang: 500 Mio. bis 1 Mia. CHF), „gegen die mit zumutbarem Aufwand ein Schutz nicht möglich ist“

Zu deckende Risiken von Seiten des Bundes:

- Die obenstehenden Risiken waren bislang ebenfalls gedeckt (neu: bis 1,8 Mia. CHF)
- Neu ist eine möglicherweise höhere Sublimite der Privatversicherer bei terroristischen Gewaltakten
- Neu sind Umweltschäden (Definition vgl. „Botschaft zum Bundesbeschluss über die Genehmigung und die Umsetzung von Übereinkommen zur Haftung auf dem Gebiet der Kernenergie“, S. 5433): hier liegen gemäss Auskunft des BFE bislang keine Erfahrungswerte bezüglich der Integration in die Bundesprämie vor (insbesondere auch nicht aus anderen Ländern)
- Neu ist die Übernahme der Schadenregulierungskosten für den Layer 100 - 180 Mio. CHF

Die (zukünftige) Bundesprämie setzt sich damit zunächst ohne Berücksichtigung der Schadenregulierungskosten und der Umweltschäden insgesamt aus drei Komponenten zusammen:

- Teil 1: Risiken, die von privaten Versicherern ebenfalls gedeckt werden, jedoch das Limit überschreiten (Layer von 1 - 1,8 Mia. CHF); es liegt für die Privatversicherung und den Bund der gleiche Schadenverteilungstyp zugrunde
- Teil 2: Risiken, die von der Privatassekuranz ausgeschlossen sind und bereits im zuletzt geltenden Recht ausgeschlossen waren; höherer Layer bis 1,8 Mia. CHF

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

- Teil 3: Nuklearschäden aufgrund von terroristischen Gewaltakten für Schäden zwischen 500 Mio. CHF und 1,8 Mia. CHF (Sublimit können angepasst werden)

Die den drei Prämienkomponenten zugrunde liegenden Risiken können u. E. als unabhängig voneinander interpretiert werden. Dies bedeutet insbesondere, dass z. B. terroristische Gewaltakte und ausserordentliche Naturkatastrophen unabhängig voneinander auftreten, sodass die Prämienteile addiert werden können, ohne weitere Interaktionen zwischen den Risiken berücksichtigen zu müssen, die zu einer Erhöhung oder Reduktion der Prämie führen würden. Vor dem Hintergrund der Komplexität und der zugrunde liegenden Datenlage – es gibt grundsätzlich keine empirischen Hinweise auf mögliche Interrelationen – erscheint diese Annahme sinnvoll.

2.1 Interpretation der neu zu deckenden Umweltschäden

Zu den versicherten Risiken kommen Umweltschäden hinzu, die bislang von der Deckung ausgeschlossen waren, im neuen KHG aber berücksichtigt sind. Erfahrungswerte oder Regelungen aus dem Ausland liegen grundsätzlich nicht vor. Während die Schadenzahlungen nach unseren Informationen bislang über die Art der realisierten Risiken bzw. Schadenereignisse (ausserordentliche Naturereignisse, kriegerische Ereignisse, Terrorismus, Unfall etc.) und nicht unmittelbar über deren Auswirkung (Betriebs-, Umwelt-, Personen-, Sachschäden) definiert waren, gilt dies für Umweltschäden nicht mehr, was durch folgendes Beispiel illustriert werden soll.

Beispiel für die Interpretation der neu zu deckenden Umweltschäden:

Ein von der Privatversicherung versichertes Risiko realisiert sich (z. B. ein Unfall) und verursacht Personen- und Sachschäden in Höhe von 600 Mio. CHF. Zusätzlich treten Umweltschäden in Höhe von 1,9 Mia. CHF auf. Die Gesamtschäden belaufen sich also auf 2,5 Mia. CHF. Dieses Schadenereignis betrifft grundsätzlich Teil 1 der Prämie für Nuklearschäden.

- Situation nach der neuen KHV ohne Begleichung von Umweltschäden – Prämie Teil 1:
Die Privatversicherung deckt die Schäden bis zu 1 Mia. CHF und übernimmt daher die Zahlung in Höhe von 600 Mio. CHF. Der Bund trägt nur Schäden, die den Layer der Privatversicherung in Höhe von 1 Mia. CHF bis 1,8 Mia. CHF überschreiten, also insgesamt 800 Mio. CHF. Umweltschäden sind annahmegemäss nicht versichert (weder bei der Pri-

vatassekuranz noch beim Bund). Daher wären in diesem Fall keine Zahlungen von Seiten des Bundes erfolgt.

- Situation nach der neuen KHV mit Umweltschäden – Prämie Teil 1:
Die Privatversicherung deckt die Schäden bis zu 1 Mia. CHF und übernimmt daher die Zahlung in Höhe von 600 Mio. CHF. Der Bund trägt auch die Umweltschäden. Die gesamte Deckung kann aber pro Schadenereignis 1,8 Mia. CHF nicht überschreiten. Daher übernimmt der Bund neu die Zahlungen in Höhe von $1,8 \text{ Mia. CHF} - 600 \text{ Mio. CHF} = 1,2 \text{ Mia. CHF}$.
- Die Bundesprämie für Teil 1 müsste also für die neu zu deckenden Umweltschäden grundsätzlich erhöht werden (je nach Annahme der Schadenverteilung). Dies trifft nicht zu für den Fall eines binären Modells, bei dem angenommen wird, dass im Schadenfall immer alle Layer vollständig getroffen und überschritten werden. Für die Schätzung der Umweltschadenverteilung liegen uns des Weiteren keine Informationen und Erfahrungswerte vor.

2.2 Reihenfolge der zu deckenden Schäden im Schadenfall

Weiter zu beachten ist, welche Reihenfolge bei der Deckung von Schäden einzuhalten ist (Personen-, Sach-, Umweltschäden etc.).¹ Dies ist bedeutsam vor dem Hintergrund, dass die Gesamtdeckung pro Schadenereignis auf 1,8 Mia. CHF begrenzt ist (für vom Bund gedeckte Umweltschäden und die von Privatversicherungen gedeckten Risiken). Die Definition eines versicherten Schadens bzgl. Ereignis und Auswirkung ist nicht Gegenstand der Studie.

3 Modelle zur Berechnung der Bundesprämie

Zur Berechnung der Bundesprämie können verschiedene Prämienverfahren herangezogen werden, die auf unterschiedlichen Annahmen basieren. Diese sollen im Folgenden zunächst qualitativ diskutiert werden. Eine vollständige formale Darstellung findet sich im Anhang der Studie.

¹ Anzumerken ist, dass das sog. Pariser Übereinkommen sich zu diesem Aspekt nicht äussert.

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Vorbemerkungen:

- Ausgangssituation dieser Studie: Wir besitzen keine Kenntnis über die Prämienkalkulationsmethode der Privatversicherer; es liegt zudem kein durchweg anerkanntes Modell zur Prämienkalkulation vor; Schätzungen für Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenhöhen o. Ä. der neuen Risiken bezüglich Umweltschäden liegen nicht vor. Es gibt keine umsetzbaren Erfahrungen aus dem Ausland; von daher müssen Annahmen seitens der Expertengruppe getroffen werden.
- Bezüglich der verwendeten Begrifflichkeiten (z. B. „nukleares Ereignis“, „nuklearer Schaden“, „Kernanlage“ etc.) vgl. hierzu das sog. Pariser Übereinkommen.

3.1 Versicherungsmathematische Modelle

Versicherungsmathematische Modelle basieren auf spezifischen Annahmen, die in der vorliegenden Situation kritisch zu hinterfragen und angreifbar sind. Diese Problematik wurde insbesondere in den Koreferaten zu der Arbeit von Zweifel/Umbricht (2002) deutlich. Mehrere Vorgehensweisen sind bei der Erstellung eines Modells möglich. Dabei ist problematisch, dass eine Schadendichtefunktion mangels Daten statistisch nicht zu bestimmen ist. Für die Schätzung benötigt werden daher die bisherigen Prämien sowie Experteneinschätzungen für Grossschadensszenarien zur Bestimmung der "Tail"-Struktur der zugrunde liegenden Schadenverteilung. Es wird also implizit unterstellt, dass diese Prämien die mit der Versicherung verbundenen Kosten bestmöglich widerspiegeln (vgl. KHG Art. 14 „... *erhebt der Bund von den Inhabern von Kernanlagen und Transportbewilligungen Beiträge. Diese sind bestmöglich nach dem Kostendeckungsprinzip zu bemessen.*“). Aufgrund der Datenlage und der Komplexität der Risiken ist es nicht möglich, ein davon unabhängiges versicherungsmathematisches Modell aufzustellen. Die Nichtexistenz ausreichender Schadendaten lässt eine empirische Fundierung funktionaler Verläufe nicht zu. Des Weiteren muss eine Annahme zur funktionalen Form der Verteilung (z. B. log-logistisch, Pareto) getroffen werden, die aus denselben Gründen ebenfalls nur schwer fundiert werden kann. Aufgrund des funktionalen Verlaufes gängiger Extremwertverteilungsfunktionen (z. B. log-logistisch, Pareto) werden Grossschäden (trotzdem nur) mit geringen Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt.

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Berücksichtigung der Umweltschäden:

Im Falle der Verwendung von Dichtefunktionen muss die Umweltschadenverteilung der in den Teilen 1 und 3 abgedeckten Risiken separat geschätzt werden und würde die Prämie des Bundes für die Teile 1 und 3 erhöhen (Bei Teil 2 erhöht sich nur die Schadenhöhe.). Die Zahlung des Bundes kann sich also in den Teilen 1 und 3 – bis zum Limit der Privatversicherer – erhöhen. Dies kann aufgrund der mangelnden Datenlage jedoch nicht geschätzt werden. Insbesondere kann nicht – wie zuvor – auf bereits bestehende Prämien oder Expertenszenarien zurückgegriffen werden. Daher können die Umweltschäden nur partiell über eine Erhöhung der Expertenszenarien berücksichtigt werden, nicht aber in ihrer Gänze. Möglich ist hier eine Kombination mit einem binären Modell oder einem Aufschlagmodell (degressiv). Inputdaten müssen wiederum von Experten geliefert werden.

3.2 Binäres Modell

Die Berechnungen können alternativ auch auf Basis eines binären Modells mit den aus Prämienzahlungen implizit geschätzten Eintrittswahrscheinlichkeiten unter der Annahme durchgeführt werden, dass im Schadenfall grundsätzlich der gesamte Layer betroffen ist. Alternativ können Eintrittswahrscheinlichkeiten von Experten vorgegeben werden.

Berücksichtigung der Umweltschäden:

Die Problematik der Berücksichtigung der Umweltschäden stellt sich nicht, wenn angenommen wird, dass ein nukleares Ereignis immer den gesamten Layer bis zu 1,8 Mia. CHF überschreiten wird. In diesem Fall ist keine Differenzierung mehr nötig (dies gilt analog auch für die Aufschlagmodelle).

Annahme 1:

Im Schadenfall werden beide Layer (Privatversicherer und Bund) gleichermassen vollständig erfasst und überschritten (Belege hierfür in Zweifel/Umbricht (2002, S. 27); Schätzung zu den monetarisierten Schäden eines Kernschmelzunfalls). Diese Annahme wird auch durch Berücksichtigung der im Schadenfall zu erwartenden substanziellen Umweltschäden unterstützt.

Annahme 2:

Die Versicherungsprämien der Privatassekuranz und die des Bundes spiegeln die Eintrittswahrscheinlichkeit für Nuklearschäden approximativ wider. Die Prämien der Privatversicherung ergeben sich auf Basis des Erwartungsschadens zuzüglich eines Aufschlages, z. B. 30% (vgl. Annahme in Zweifel/Umbricht (2002); bezüglich des Aufschlags ist die Möglichkeit von Variationen gegeben). Bemerkung: Diese Annahme kann auch durch Expertenszenarien oder adäquate Annahmen ersetzt werden.

Die Bundesprämie ergibt sich dann formal aus

$$Prämie^{Bund} = (L_1 - L_0) \cdot p^{Teil 1} + L_1 \cdot p^{Teil 2} + (L_1 - \tilde{L}_0) \cdot p^{Teil 3}$$

mit

- p = Eintrittswahrscheinlichkeiten für Teile 1 - 3, unabhängig vom Layer
- L_1 = obere Limite der Schäden, die vom Bund versichert sind (1,8 Mia. CHF)
- L_0 = untere Limite 1. Teil (1 Mia. CHF)
- \tilde{L}_0 = untere Sublimite für Nuklearschäden, die durch terroristische Gewaltakte verursacht werden (derzeit 500 Mio. CHF)

Neu zu versichernde Umweltschäden sind aufgrund von Annahme 1 bereits in der Schadenhöhe (zur Verfügung steht der gesamte Layer) berücksichtigt. Des Weiteren wird sich gemäss der gesetzten Annahmen die Schadeneintrittswahrscheinlichkeit nicht ändern. Von Relevanz für die Prämie sind daher die Eintrittswahrscheinlichkeiten des jeweiligen Risikos. Eintrittswahrscheinlichkeiten – für jedes Kraftwerk durchzuführen – müssen entweder geschätzt oder approximiert werden, indem die Prämie ins Verhältnis zur Höhe der Deckungssumme (zunächst ohne Berücksichtigung der Lage des Layers) gesetzt wird:

- Beispiel: Bis zum Jahr 2001 betrug die Bundesprämie für die Versicherung der von der Privatversicherung ausgeschlossenen Risiken (bis 1 Mia. CHF) 1,5 Mio. CHF; die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ (ohne Loading in der Prämie) ist damit implizit gegeben durch

$$p^{Teil 2} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{1'500'000}{1\text{ Mia.}} = 0,1500\% (= 1 \text{ Ereignis in } 667 \text{ Jahren}).$$

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Analog ist bei Schätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Teile 1 und 3 vorzugehen.

Erweiterung:

Bei der Berechnung der „Eintrittswahrscheinlichkeit“ kann diese für einen Schaden auch von der Lage des Layers abhängig gemacht werden, sodass sie bei Erhöhung des Layers im Sinne eines degressiven Prämientarifs abnimmt (vgl. hierzu die Beispielrechnung im Appendix).

3.3 Aufschlagmodelle

Eine weitere Möglichkeit ist die Einführung von Aufschlagmodellen, die gleichfalls auf den bestehenden Prämien der Privatassekuranz sowie Annahmen hinsichtlich adäquater Aufschläge für höhere Layer basieren. Die Umweltschäden können analog zum binären Modell unberücksichtigt bleiben oder über höhere Aufschläge auf die Prämie bei Erhöhung des Layers berücksichtigt werden.

Version 1 / Annahmengerüst:

- Festlegung von Aufschlägen ausgehend von den bereits bekannten Prämien
- Berücksichtigung der Häufigkeit der Schadenereignisse in Jahren; entsprechende Kalibrierung der Abschlagfaktoren (nach Expertenszenarien und individuellen Einschätzungen)
- Abschlagfaktoren berücksichtigen, wenn angenommen wird, dass die Wahrscheinlichkeit für die Realisation des Layers mit steigendem Limit sinkt. In einem solchen Fall ist der Aufschlag auf die bisherige Prämie (für Schäden bis 1 Mia. CHF) für den neuen Layer bis 1,8 Mia. CHF nicht z. B. 80%, sondern beispielsweise nur $80\% \times 50\%$ (die Abschlagfaktoren sind im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse frei wählbar)

Version 2 / Annahmengerüst:

- Fortführung der bisherigen Prämienpolitik auf Basis eines degressiven Tarifmodells, flexible Anpassung der Aufschläge möglich.
- Beispiel: Die erste Erhöhung bestimmt den Prozentsatz der Prämienanhebung bei der ersten Erhöhung des Layers um 100 Mio. CHF (Ausgangslage). Danach reduzierte Anhebung der Prämie bei weiterer Erhöhung des Layers um 100 Mio. CHF. Z. B. erste Erhöhung 15% von 400 auf 500 Mio. CHF entspricht 0,159 Mio. CHF; die folgenden Erhö-

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

hungen führen zu einem Aufschlag in Höhe von 85% des vorangehenden Aufschlags, d. h. $85\% \times 0,159 \text{ Mio. CHF} = 0,135 \text{ Mio. CHF}$.

- Es ist grundsätzlich empfehlenswert, die erste Erhöhung bei hohen Layern aufgrund der reduzierten Eintrittswahrscheinlichkeit zu senken (da hier nicht von einem binären Modell ausgegangen wird).

3.4 Vergleich der Bundesprämien gemäss den Berechnungsmodellen

Bei allen Modellen – ausser dem binären Ansatz – werden Rückschlüsse von den Prämien der Privatversicherer und des Bundes auf die Parameter der gewählten Verteilung gezogen. Dies ist grundsätzlich angreifbar, da die Verteilung im rechten Tail (rechten Rand der Verteilung) anders aussehen kann als im linken, was wiederum durch die Grossschaden-Szenarien abgebildet werden soll. Des Weiteren ist festzuhalten, dass die Verwendung der bereits vorhandenen Prämien voraussetzt, dass diese die Schadenhöhen und Schadeneintrittswahrscheinlichkeiten angemessen widerspiegeln (dies würde den Anforderungen im KHG entsprechen). Andere Vorgehensweisen zur Bestimmung der Prämie sind jedoch aufgrund des vorliegenden Sachverhalts und der Datenlage u. E. nicht durchführbar.

Ziel der folgenden Berechnungen ist daher die Bestimmung eines Bereichs für die Bundesprämie zur Einschätzung der grundsätzlichen Lage unter Verwendung verschiedener Modelle und Verteilungsannahmen. Die Ergebnisse der Berechnungen basierend auf den vorliegenden Informationen sind in Tabelle 1 für ein KKW mit beispielhaften Zahlen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Überblick - Vergleich der Bundesprämien für die vorgestellten Verfahren in Mio. CHF

	Vers.math. Log-logistisch	Vers.math. Pareto	Binäres Modell mit Abschlag 10%	Aufschlag Version 1	Aufschlag Version 2
Teil 1	0,029 – 0,084	0,029 – 0,090	0,865	0,528	0,291
Teil 2	1,526 – 1,950	1,173 – 2,242	2,430	1,800	1,718
Teil 3	0,292 – 0,336	0,302 – 0,353	0,452	0,347	0,311
Bundes- prämie	1,846 – 2,370	1,946 – 2,685	3,746	2,675	2,320

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Bemerkung:

- Bei den versicherungsmathematischen Prämien in Teil 1 und Teil 3 sind keine Umweltschäden berücksichtigt. An dieser Stelle müsste die Prämie also erhöht werden, z. B. durch einen vom Bund festgelegten Zuschlag (eine versicherungsmathematische Bestimmung ist hier nicht möglich).
- Das binäre Modell enthält einen Abschlag in Höhe von 10%, d. h. die Eintrittswahrscheinlichkeiten wurden für höhere Layer reduziert (Schätzung aus der vergangenen Prämienentwicklung). Der Abschlag kann aus Vergangenheitswerten abgeleitet werden.

Tabelle 2 beschreibt die verwendeten Modelle, bezeichnet die notwendigen Inputparameter und stellt Vor- und Nachteile dar.

Tabelle 2: Übersicht über die Prämienmodelle (stichwortartige Zusammenfassung)

Modell	Inputfaktoren	Vor- und Nachteile
<p>Versicherungs-mathematisches Modell:</p> <p>Schätzung der Dichtefunktion (log-logistische und Pareto-Verteilung)</p>	<p>Wahl der Form der Schadenverteilung (log-logistisch oder Pareto) und Vorgabe von Parametern</p> <p>Expertenszenarien für Grossschäden (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenhöhe)</p> <p>Verlangt Kenntnis oder Annahmen zum Loading der Privatversicherung auf die Nettoprämie</p>	<p>Erlaubt eine flexible Anpassung der Layer</p> <p>Aufgrund des funktionalen Verlaufes gängiger Extremwertverteilungsfunktionen (z. B. log-logistisch, Pareto) werden Grossschäden (trotzdem nur mit geringen Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt</p> <p>Zentrale Annahme für die Verteilung: Bisherige Prämien bilden die Risiken / Schadenverteilungen adäquat ab; dies kann nicht verifiziert werden</p> <p>Scheingenauigkeit: Aufgrund der mangelhaften Datenlage lässt sich der Verlauf der Schadenverteilung kaum schätzen, es wird aber tendenziell eine spezielle Genauigkeit suggeriert</p> <p>Umweltschäden können nicht auf Basis einer Wahrscheinlichkeitsverteilung integriert werden, da keine Erfahrungen oder Prämien vorliegen</p>

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Modell	Inputfaktoren	Vor- und Nachteile
<p>Binäres Modell:</p> <p>Schaden tritt mit bestimmter Wahrscheinlichkeit ein; im Schadenfall wird der Layer vollständig getroffen</p>	<p>Bisherige Nettoprämien für gegebenen Layer oder Annahmen zur Eintrittswahrscheinlichkeit, z. B. auf Basis einer Expertenschätzung</p> <p>Keine weiteren Annahmen notwendig</p>	<p>Erlaubt eine flexible Anpassung der Layer</p> <p>Mit oder ohne Abschlag auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten (erlaubt die Berücksichtigung von reduzierten Eintrittswahrscheinlichkeiten für höhere Bereiche des Layers)</p> <p>Erlaubt eine Kopplung an die Prämien der Privatversicherung über die Schätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten; kann aber auch entkoppelt werden, indem die Schadenhäufigkeit z. B. von Experten festgelegt wird</p> <p>Sehr einfach zu implementieren</p> <p>Umweltschäden werden aufgrund der zugrunde liegenden Annahme implizit mit berücksichtigt (bzw. machen keine Veränderung der Prämie aus) – eine explizite und damit angreifbare Modellierung der Umweltschäden wird damit vermieden</p>

Modell	Inputfaktoren	Vor- und Nachteile
<p>Aufschlagmodell:</p> <p>Auf Basis eines degressiven Tarifs: Zwei verschiedene Modelle, Kopplung an die Prämie der Privatversicherung und bisherige Bundesprämie</p>	<p>Bisherige Prämien und zugehörige Layer</p> <p>Verlangt Kenntnis oder Annahmen zum Loading der Privatversicherung auf die Netto- prämie</p>	<p>Erlaubt eine flexible Anpassung der Layer</p> <p>Annahme: Höhere Schadenzahlungen sind weniger wahrscheinlich; dies ist zu hinterfragen</p> <p>Umweltschäden können über niedrigere Abschläge berücksichtigt werden – dies ist jedoch grundsätzlich willkürlich, da keine Erfahrungswerte vorliegen</p> <p>Führt man die Degression wie in der Vergangenheit weiter, so ist die Prämie im Verhältnis zur potenziellen Schadenzahlung für sehr hohe Layer verhältnismässig niedrig</p>

4 Schadenregulierungskosten

Aufgrund fehlender Daten können die Schadenregulierungskosten nicht aus Beobachtungswerten abgeleitet werden. Es wird daher vorgeschlagen, auch hier eine Kopplung an die von der Privatversicherung erhobene Prämie vorzunehmen. Für den Layer von 100 - 180 Mio. CHF (Gesamtsumme 80 Mio. CHF, entspricht 80% des von der Privatversicherung gedeckten Layers in Höhe von 100 Mio. CHF) kann beispielsweise ein Abschlag von 25% vorgenommen werden. Insofern ergibt sich eine Prämie für Schadenregulierung in Höhe von $75\% \times 80\% \times$ Prämie der Privatversicherung. Wird das binäre Modell verwendet, so ergibt sich die Prämie ohne den Abschlag von 25% zu $80\% \times$ Prämie der Privatversicherung.

5 Fazit

Die Datenlage macht statistisch nicht verifizierbare Annahmen zur Form der Schadenverteilung oder Eintrittswahrscheinlichkeiten notwendig. Um die Auswirkung der jeweils verwendeten Methode zu demonstrieren, wurden in dieser Studie daher verschiedene Ansätze zur

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Prämienbemessung aufgezeigt und die daraus resultierenden Bundesprämien miteinander verglichen. Bei den Prämienmethoden bilden bereits bestehende Prämien die Basis für die Berechnung der neuen Prämien (Ausnahme: Möglichkeit der Annahme von Eintrittswahrscheinlichkeiten beim binären Modell). Die Tools setzen daher voraus, dass die Prämien in der Vergangenheit dem Gesetz entsprechend den Kosten adäquat bemessen waren.

Für die verschiedenen Teile der Bundesprämie und die daraus resultierende Gesamtprämie lassen sich für ein KKW in der gewählten Kalibrierung der Studie folgende Bandbreiten (in Mio. CHF) angeben.

	Vers.math. Log-logistisch	Vers.math. Pareto	Binäres Modell mit Abschlag 10%	Aufschlag Version 1	Aufschlag Version 2
Teil 1	0,029 – 0,084	0,029 – 0,090	0,865	0,528	0,291
Teil 2	1,526 – 1,950	1,173 – 2,242	2,430	1,800	1,718
Teil 3	0,292 – 0,336	0,302 – 0,353	0,452	0,347	0,311
Bundes- prämie	1,846 – 2,370	1,946 – 2,685	3,746	2,675	2,320

Es stellt sich die Frage, ob die Bundesprämie - insbesondere in Teil 1 – nach dem versicherungsmathematischen Modell angemessen ist und ob die gewählte Dichtefunktion das Risiko adäquat widerspiegeln kann. Analoge Vorbehalte stellen sich bei den Aufschlagmodellen bezüglich der getroffenen Annahmen zu den Abschlagfaktoren.

Aufgrund der Komplexität des Sachverhalts und der Datenlage ist die in komplexen Modellen mit Schadenverteilungsfunktionen eingeführte Scheingenaugigkeit u. E. nicht besser für die Bestimmung einer adäquaten Bundesprämie geeignet als ein binäres Modell. Es ist daher die Verwendung eines binären Modells unter Annahme von Eintrittswahrscheinlichkeiten zu empfehlen.

Anhang: Formale Darstellung der Modelle

A.1 Entwicklung eines versicherungsmathematischen Modells für die Berechnung der Bundesprämien

Die Prämie auf Basis der zu schätzenden Schadendichtefunktionen für die drei Risikokategorien ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Prämie}^{\text{Bund}} &= \underbrace{\int_{L_0}^{L_1} (x - L_0) \cdot f^{\text{Teil 1}}(x) dx + (L_1 - L_0) \cdot \int_{L_1}^{\infty} f^{\text{Teil 1}}(x) dx}_{\text{Analog Privatversicherer, ohne Umweltschäden}} \\ &+ \underbrace{\int_0^{L_1} x \cdot f^{\text{Teil 2}}(x) dx + L_1 \cdot \int_{L_1}^{\infty} f^{\text{Teil 2}}(x) dx}_{\substack{\text{Ausschlussprivat, kriegerische Ereignisse...} \\ \text{Neu: Umweltschäden}}} \\ &+ \underbrace{\int_{\tilde{L}_0}^{L_1} (x - \tilde{L}_0) \cdot f^{\text{Teil 3}}(x) dx + (L_1 - \tilde{L}_0) \cdot \int_{L_1}^{\infty} f^{\text{Teil 3}}(x) dx}_{\substack{\text{Sublimate für terr. Gewaltakte,} \\ \text{ohne Umweltschäden}}} \end{aligned}$$

Umweltschäden zu Teil 1 und Teil 3 sind separat einzubringen.

A.1.1 Schätzung der Schadendichtefunktion

Ziel und Vorgehen:

- Zur Bestimmung der Bundesprämie werden die Schadendichtefunktionen der vom Bund gedeckten Risiken (drei Teile) für jedes Kernkraftwerk benötigt
- Annahmen zur Form der Verteilung (Vergleich von zwei verschiedenen Funktionen im Sinne einer Sensitivitätsanalyse):
 - a) Log-logistische Verteilung (vgl. Zweifel/Umbricht, 2002)
 - b) Pareto-Verteilung (im Sinne einer Sensitivitätsanalyse, vgl. hierzu auch die Anmerkungen im HSK-Koreferat)
- Beide Verteilungen haben zwei freie zu schätzende Parameter. Diese werden auf Basis der bestehenden Prämien für die jeweiligen Risiken (1. Gleichung) und Expertenszenarien zur Extrapolation der Funktion (Eintrittswahrscheinlichkeit für Grossschäden, 2. Gleichung) geschätzt; dies ist analog zum Vorgehen in Zweifel/Umbricht (2002).

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

- Zweifel/Umbricht (2002, S. 43): Wahrscheinlichkeiten in Expertenszenarien decken den Bereich der HSK-Stufe 2-Schätzungen und LPSA-Studien ab.
- Zur Berücksichtigung der neu zu deckenden Umweltschäden in den Teilen 2 und 3 der Bundesprämie wird in den Expertenszenarien auch das KATANOS-Schadenszenario mit den darin berücksichtigten Lebensgrundlagen verwendet: Dies umfasst monetarisierte Schäden in Höhe von 4'200 - 4'300 Mia. CHF mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $6,3 \times 10^{-6}$, von denen ca. 4 Billionen auf die geschädigten Lebensgrundlagen entfallen (vgl. Zweifel/Umbricht, 2002, S. 27, Tabelle 2).
- Für die aktuellen Prämien der Privatversicherer und des Bundes wird ein Loading in Höhe zwischen 0% und 30% auf die Nettorisikoprämie (= erwarteter Schaden) angenommen (in Form einer Sensitivitätsanalyse).

Problematik (vgl. auch Abschnitt 2 im Haupttext):

- Aufgrund der fehlenden Beobachtungen müssen die bisherigen Prämien für die Schätzung herangezogen werden. Es wird also implizit unterstellt, dass diese Prämien die mit der Versicherung verbundenen Kosten bestmöglich widerspiegeln (vgl. KHG Art. 14 „... erhebt der Bund von den Inhabern von Kernanlagen und Transportbewilligungen Beiträge. Diese sind bestmöglich nach dem Kostendeckungsprinzip zu bemessen.“); es ist aufgrund der Datenlage und der Komplexität der Risiken nicht möglich, ein davon unabhängiges versicherungsmathematisches Modell aufzustellen. Die Nichtexistenz von ausreichenden Schadendaten lässt eine empirische Fundierung funktionaler Verläufe nicht zu.
- Aufgrund des funktionalen Verlaufs gängiger Extremwertverteilungsfunktionen werden Grossschäden (trotzdem nur) mit geringen Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt.

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Tabelle A.1: Input-Daten für Teil 1 (von der Privatassekuranz versicherte Schäden für ein KKW; Ausgangslage)

1. Gleichung: Prämie und Layer	
<i>Variable</i>	<i>Input</i>
L_0	1 Mia. CHF
Selbstbehalt (vgl. Zweifel / Umbricht (2002))	1 Mio. CHF
Bruttoprämie privat (2001)	
Loading	0%; 15%; 30%; 45%
2. Gleichung: Expertenszenarien	
<i>Grossschaden</i>	<i>Prob</i>
10, 20, 50, 100, 200 Mia. CHF	10^{-6} ; 10^{-7}

Tabelle A.2: Input-Daten für Teil 2 (von der Privatassekuranz ausgeschlossene und vom Bund versicherte Schäden für ein KKW)

1. Gleichung: Prämie und Layer	
<i>Variable</i>	<i>Input</i>
L_1	1 Mia. CHF
Bruttoprämie Bund (2001)	1,5 Mio. CHF
Loading	0%; 15%; 30%; 45%
2. Gleichung: Expertenszenarien	
<i>Grossschaden</i>	<i>Prob</i>
10, 20, 50, 100, 200 Mia. CHF	10^{-6} ; 10^{-7}
KATANOS 4.300 Mia. CHF	$6,3 \times 10^{-6}$

Tabelle A.3: Input-Daten für Teil 3 (von der Privatassekuranz ausgeschlossene und vom Bund versicherte Schäden durch terroristische Gewaltakte für je ein KKW)

1. Gleichung: Prämie und Layer	
<i>Variable</i>	<i>Input</i>
L_1	1 Mia. CHF
\tilde{L}_0	500 Mio. CHF
Bruttoprämie Bund (2002) (Differenz 2002-2001)	193'000 CHF
Loading	0%; 15%; 30%; 45%
2. Gleichung: Expertenszenarien	
<i>Grossschaden</i>	<i>Prob</i>
10, 20, 50, 100, 200 Mia. CHF	$10^{-6}; 10^{-7}$

Bemerkung: Die Input-Daten müssen vom BFE entsprechend angepasst werden.

Formale Darstellung:

1. Schritt:

Schätzung der Schadendichtefunktion für die von der Privatassekuranz versicherten Risiken für jedes KKW auf Basis der Prämien der Privatassekuranz

$$\int_{SB}^{L_0} (x - SB) \cdot f^{Teil1}(x) dx + L_0 \cdot \int_{L_0}^{\infty} f^{Teil1}(x) dx = \overset{!}{Prämie} \quad (1)$$

$$E\left(\min\left(\max\left(X^{Teil1} - SB; 0\right); L_0 - SB\right)\right) + L_0 \cdot P\left(X^{Teil1} > L_0\right) = \overset{!}{Prämie}.$$

(Prämie = Bruttoprämie/(1+Loading); die Nettoprämie für das jeweilige Kraftwerk an den Nuklearschadenpool betrug im Jahr 2001 für Leibstadt etwa ██████████ .

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Expertenszenarien:

$$1 - F(S) = \text{Prob.} \quad (2)$$

2. Schritt:

Im 2. Schritt wird analog zu dem obigen Vorgehen die Schadendichtefunktion für die vom Bund versicherten Risiken bestimmt. Diese Risiken beinhalten kriegerische Ereignisse etc., die von der Privatassekuranz ausgeschlossen sind, aber nicht das Risiko des Terrorismus. Hierfür kann die Prämie im Jahr 2001 verwendet werden, bei der die Deckungssumme (ohne von der Privatassekuranz versicherte Risiken) bei 1 Mia. CHF lag.

$$\int_0^{L_1} x \cdot f^{\text{Teil 2}}(x) dx + L_1 \cdot \int_{L_1}^{\infty} f^{\text{Teil 2}}(x) dx = \text{Prämie} \quad (3)$$

$$E(\min(x; L_1)) = \text{Prämie}$$

(Prämie für das jeweilige Kraftwerk an den Nuklearschadenfonds für das Jahr 2001, $L_1 = 1$ Mia. CHF vor Einschluss der terroristischen Risiken. Die Prämie betrug 1,5 Mio. CHF).

Des Weiteren sind neuerdings auch Umweltschäden zu versichern. Um diese zumindest in Teil 2 zu berücksichtigen, werden die Expertenszenarien entsprechend den KATANOS Szenarien gewählt. Für die anderen beiden Teile können Umweltschäden nicht separat modelliert werden. Eine Anpassung ist also nur über Aufschläge möglich (relevant nur für Teil 2)

$$1 - F(S) = \text{Prob.} \quad (4)$$

3. Schritt:

Im 3. Schritt müssen die Risiken für terroristische Gewaltakte separat betrachtet werden, um für den Bund eine Schadendichtefunktion für diese Risiken zu schätzen. Da hier die Prämie nur als Differenz zwischen der Prämie im Jahr 2001 und im Jahr 2002 vorliegt, kann diese nur auf Basis dieser Information geschätzt werden:

$$\int_{\tilde{L}_0}^{L_1} (x - \tilde{L}_0) \cdot f^{Teil 3}(x) dx + (L_1 - \tilde{L}_0) \cdot \int_{L_1}^{\infty} f^{Teil 3}(x) dx = Prämie \quad (5)$$

$$E\left(\min\left(\max(x - \tilde{L}_0; 0); L_1 - \tilde{L}_0\right)\right) = Prämie$$

(Prämie für das jeweilige Kraftwerk an den Nuklearschadenfonds für das Jahr 2002; nach Einschluss der terroristischen Risiken). Die Prämienhöhung betrug 193'000 CHF für die Deckung der Schäden zwischen $\tilde{L}_0 = 500$ Mio. und $L_1 = 1$ Mia. CHF.

$$1 - F(S) = Prob. \quad (6)$$

Grundsätzliche Bemerkungen:

- Basierend auf den drei geschätzten Schadendichtefunktionen $f^{Teil 1}$, $f^{Teil 2}$ und $f^{Teil 3}$ kann die Bundesprämie flexibel für verschiedene Layer und jedes Kraftwerk bestimmt werden.
- Dieses Vorgehen kann grundsätzlich für alle Verteilungsfunktionen angewendet werden; es verbleibt jedoch die Frage nach der Adäquanz der Modellannahmen. Aufgrund der Nichtexistenz einer Schadenhistorie können die getroffenen Modellannahmen nicht verifiziert oder falsifiziert werden.
- Die Durchführung von Sensitivitätsanalysen ist von daher von zentraler Bedeutung; wir geben insofern Prämienbereiche für verschiedene Szenarien an.
- Für die Dichtefunktion wird als Alternative die Annahme einer Pareto-Verteilung (2nd kind) zur Modellierung der Schadenhöhen angesetzt. Da diese Verteilung zwei freie Parameter besitzt, kann die Verteilung wieder mit den zur Verfügung stehenden zwei Gleichungen bestimmt werden.

A.1.2 Bundesprämie gemäss der Log-logistischen Verteilung

Verteilungs- und Dichtefunktion (vgl. Zweifel/Umbricht, 2002):

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-(a+b \ln(x))}} \quad f(x) = \frac{b \cdot e^{-(a+b \ln(x))}}{x \left(1 + e^{-(a+b \ln(x))}\right)^2}$$

- Zur Schätzung der Parameter a und b der Schadendichtefunktion (log-logistische Verteilung) wurde das Programm MATLAB verwendet. Die Integration wurde mit der Funktion `quadl()` durchgeführt und die Optimierung mit der Funktion `lsqnonlin()`; dies entspricht dem Vorgehen in Zweifel/Umbricht (2002) (Minimierung der sogenannten Fehlerquadrate).
- Zur Überprüfung der Ergebnisse wurde zusätzlich eine Simulation der Zufallszahlen mit der Inverse Transform Method in MATLAB mit 10 Mio. Pfaden durchgeführt (für Teil 1). Des Weiteren wurden die Ergebnisse für die Bundesprämie in den Szenarien mit 20 Mia. CHF und 100 Mia. CHF unter Verwendung der in MATLAB kalibrierten Parameter a und b mit Hilfe von Palisade @Risk verifiziert.
- Bemerkung: Szenario 100 Mia. CHF mit $Prob \pi = 10^{-6}$; Parameter a und b entsprechen den Schätzungen des HSK (Koreferat zu Zweifel/Umbricht, 2002).
- Alle Berechnungen sind für jedes Kernkraftwerk auf Basis der entsprechenden Input-Parameter separat durchzuführen.

Tabelle A.4: Bundesprämie; $Prob = 10^{-6}$; Loading Privatversicherung: 30% (Berechnung Teil 1); Loading Bundesprämie: 0% (Berechnung Teil 2+3)

Panel A	Szenario (Grossschaden)	Prämie	Szenario (Grossschaden)	Prämie
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	20 Mia.	1'525'678	100 Mia.	1'577'150
Teil 3	20 Mia.	291'722	100 Mia.	336'366
Gesamtprämie		1'846'303		1'997'713
Panel B	mit Umweltschäden		mit Umweltschäden	
	Szenario	Prämie	Szenario	Prämie
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	4.300 Mia.	1'949'470	4.300 Mia.	1'949'470
Teil 3	20 Mia.	291'722	100 Mia.	336'366
Gesamtprämie		2'270'095		2'370'033

Tabelle A.5: Bundesprämie; $Prob = 10^{-7}$; Loading Privatversicherung: 30% (Berechnung Teil 1); Loading Bundesprämie: 0% (Berechnung Teil 2+3)

Panel A	Szenario	Prämie	Szenario	Prämie
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	20 Mia.	1'505'487	100 Mia.	1'522'657
Teil 3	20 Mia.	256'340	100 Mia.	299'316
Gesamtprämie		1'768'342		1'848'596
Panel B	mit Umweltschäden		mit Umweltschäden	
	Szenario	Prämie	Szenario	Prämie
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	4.300 Mia.	1'949'470	4.300 Mia.	1'949'470
Teil 3	20 Mia.	256'340	100 Mia.	299'316
Gesamtprämie		2'212'326		2'275'409

Tabelle A.6: Bundesprämie; $Prob = 10^{-7}$; Loading Privatversicherung: 30% (Teil 1); Loading Bundesprämie: 30% (Berechnung Teil 2+3)

	Szenario	Prämie	Szenario	Prämie
Panel A				
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	20 Mia.	1'158'667	100 Mia.	1'173'217
Teil 3	20 Mia.	199'712	100 Mia.	233'078
Prämie Netto		1'364'895		1'432'919
Gesamtprämie		1'772'408		1'854'807
Panel B				
	mit Umweltschäden		mit Umweltschäden	
	Szenario	Prämie	Szenario	Prämie
Teil 1	20 Mia.	█	100 Mia.	█
Teil 2	4.300 Mia.	1'520'748	4'300 Mia.	1'520'748
Teil 3	20 Mia.	199'712	100 Mia.	233'078
Prämie Netto		1'726'976		1'780'450
Gesamtprämie		2'243'114		2'306'597

Anmerkung: Die Prämien in Teil 2 und 3 in Tabelle A.6 sind um 30% (Loading) zu erhöhen, um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen aus Tabelle A.4 und A.5 herstellen zu können.

Diskussion der Ergebnisse:

- Teil 1: Die Bundesprämie für den Layer von 1 - 1,8 Mia. CHF fällt mit 6'500 - 84'000 CHF u. E. sehr niedrig aus, da bereits der Layer bis 1 Mio. CHF aufgrund der Verteilungsfunktion (log-logistisch) einen Grossteil der Wahrscheinlichkeitsmasse beinhaltet. Insbesondere treten Schäden unter dem Selbstbehalt in Höhe von 1 Mio. CHF bereits mit einer Wahrscheinlichkeit von über 45% auf. Die ursprünglich von Zweifel/Umbricht 2002 verwendete Schadenmodellierung ist daher kritisch zu diskutieren, aber aufgrund der Nichtexistenz von Schadenbeobachtungswerten nicht zu verifizieren / falsifizieren.
- KATANOS Szenarien: Berechnung der Bundesprämien mit Integration in MATLAB möglich, in Palisade @Risk aufgrund der Verteilungsannahme (Parameterwahl) im Rahmen einer Simulation nicht durchführbar.

A.1.3 Bundesprämie gemäss der Pareto-Verteilung: Sensitivitätsanalyse bezüglich der Verteilungsannahme

- Änderung der Verteilung von einer log-logistischen Funktion in eine Pareto-Verteilung (2nd kind)
- Pareto-Verteilungs- und Dichtefunktion (Pareto, 2nd kind):

$$F(x) = 1 - \left(\frac{b}{x+b}\right)^q \quad f(x) = \frac{q \cdot b^q}{(x+b)^{q+1}}, \quad 0 \leq x \leq \infty; \quad b, q > 0$$

b = scale parameter; q = shape parameter,

$$\text{Erwartungswert } E(X) = \frac{b}{q-1}, \quad q > 1$$

- Es soll gelten, dass a) das Expertenszenario (bzgl. Grossschäden) auch für die Pareto-Verteilung erfüllt ist und dass b) der Erwartungsschaden der Pareto-Verteilung dem Erwartungsschaden der log-logistischen Verteilungsfunktion entspricht.

Formale Darstellung:

1. Schritt

Für das gewählte Expertenszenario soll genau wie bei der log-logistischen Verteilung gelten, dass

$$1 - F(S) \stackrel{!}{=} Prob$$

$$\left(\frac{b}{x+b}\right)^q = Prob$$

Daraus ergibt sich die erste Bedingung für den Scale-Parameter der Pareto-Verteilung:

$$b = \frac{S \cdot Prob^{1/q}}{1 - Prob^{1/q}}. \quad (7)$$

2. Schritt

Da auch der Erwartungsschaden unter beiden Verteilungen gleich sein soll, wird der durch die Parameter a und b bestimmte Erwartungsschaden der log-logistischen verteilten Zufallsvariablen X durch

$$E(X^{\log}) = \exp\left(-\frac{a}{b}\right) \cdot \frac{\pi}{b \cdot \sin\left(\frac{\pi}{b}\right)} = EW^{\log}$$

bestimmt und als zweite Gleichung für die Pareto-Verteilung eingesetzt:

$$E(X^{\text{Pareto}}) = \frac{b}{q-1} = EW^{\log}.$$

Ersetzt man den Parameter b durch den Ausdruck in Gleichung (7), ergibt sich die folgende Gleichung, die nur noch von q abhängt:

$$\frac{S \cdot \text{Prob}^{1/q}}{1 - \text{Prob}^{1/q}} \cdot \frac{1}{q-1} - EW^{\log} = 0.$$

Lösung der Gleichung nach q (durchgeführt mit der Funktion `fzero()` in MATLAB) ergibt die gesuchten Parameter der Pareto-Verteilung.

- Die Ergebnisse für die Bundesprämie im Fall der Pareto-Verteilung sind in Tabelle A.7 dargestellt.

Tabelle A.7: Bundesprämie, Vergleich mit Tabellen 4 - 6; Szenario 100 Mia. CHF für alle Teile 1 - 3

	Tabelle 4		Tabelle 5		Tabelle 6	
	Prämie Log-logistisch	Prämie Pareto	Prämie Log-logistisch	Prämie Pareto	Prämie Log-logistisch	Prämie Pareto
Teil 1						
Teil 2	1'577'150	2'242'124	1'505'487	1'521'093	1'173'217	1'172'563
Teil 3	336'366	352'695	299'316	405'224	233'078	301'914
Nettoprämie					1'432'919	1'503'362
Gesamtprämie	1'997'713	2'684'941	1'848'596	1'955'201	1'854'807	1'945'705

A.2 Binäres Modell

Annahme 1:

Im Schadenfall werden beide Layer (Privatversicherer und Bund) gleichermassen vollständig erfasst und überschritten (Belege hierfür in Zweifel/Umbricht (2002, S. 27); Schätzung zu den monetarisierten Schäden eines Kernschmelzunfalls). Diese Annahme wird auch durch Berücksichtigung der (zu erwartenden substanziellen) Umweltschäden unterstützt. Geringere Schäden (vgl. Koreferat HSK und 4.2 in Zweifel/Umbricht (2002)) werden im Sinne einer Erwartungswertbildung berücksichtigt. Des Weiteren sollte die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ für einen Schaden von der Lage des Layers abhängen, sodass diese bei Erhöhung des Layers im Sinne eines degressiven Prämientarifs abnimmt.

Annahme 2:

Die Versicherungsprämien der Privatassekuranz und die des Bundes spiegeln die Eintrittswahrscheinlichkeit für Nuklearschäden approximativ wider. Die Prämien der Privatversicherung ergeben sich auf Basis des Erwartungsschadens zuzüglich eines Aufschlages, z. B. 30% (vgl. Annahme in Zweifel/Umbricht (2002); Möglichkeit der Variation). Bemerkung: Diese Annahme kann auch durch Expertenszenarien oder adäquate Annahmen ersetzt werden.

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

- Schadenverteilung gegeben durch binäre (Bernoulli) Verteilung mit Schadeneintrittswahrscheinlichkeit $p_{L_0, L_1} = P(X=1) = P(S \geq L_1)$ und Schadenhöhe = Layer
- Bundesprämie ergibt sich als

$$Prämie^{Bund} = (L_1 - L_0) \cdot p^{Teil 1} + L_1 \cdot p^{Teil 2} + (L_1 - \tilde{L}_0) \cdot p^{Teil 3}.$$

- L_0 = untere Limite 1. Teil (1 Mia. CHF)
- L_1 = obere Limite der Schäden, die vom Bund versichert sind (1,8 Mia. CHF)
- \tilde{L}_0 = untere Sublimite für Nuklearschäden, die durch terroristische Gewaltakte verursacht werden (derzeit 500 Mio. CHF)
- Neu zu versichernde Umweltschäden sind aufgrund von Annahme 1 bereits in der Schadenhöhe (nämlich gesamter Layer) berücksichtigt. Des Weiteren wird sich gemäss Annahme die Schadeneintrittswahrscheinlichkeit nicht ändern.
- Von Relevanz für die Prämie sind daher die Eintrittswahrscheinlichkeiten des jeweiligen Risikos.

„Eintrittswahrscheinlichkeiten“ (für jedes Kraftwerk durchzuführen) müssen entweder geschätzt oder approximiert werden, indem die Prämie ins Verhältnis zur Höhe der Deckungssumme (zunächst ohne Berücksichtigung der Lage des Layers) gesetzt wird.

Bis zum Jahr 2001 betrug die Bundesprämie für die Versicherung der von der Privatversicherung ausgeschlossenen Risiken (bis 1 Mia. CHF) 1,5 Mio. CHF; die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ (ohne Loading in der Prämie) ist damit implizit gegeben durch

$$p_{0,1000}^{Teil 2} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{1'500'000}{1 \text{ Mia.}} = 0,1500\% (= 1 \text{ Ereignis in } 667 \text{ Jahren}).$$

Zusätzliche Versicherung von terroristischen Gewaltakten von 500 Mio. bis 1 Mia. CHF im Jahr 2002 hat zu Prämienhöhung um 193'000 CHF geführt; die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ von Nuklearschäden durch terroristische Gewaltakte (unter der Annahme, dass terroristische Gewaltakte und andere aussergewöhnliche Naturereignisse nicht gleichzeitig eintreten; dies erlaubt die Trennung des Erwartungswerts bei der Prämienberechnung in

$$Prämie_{500,1000}^{Teil 3} + Prämie_{0,1000}^{Teil 1}) \text{ ist}$$

$$p_{500,1000}^{Teil\ 3} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{193'000}{500\ Mio.} = 0,0386\% \quad (= 1\ Ereignis\ in\ 2591\ Jahren).$$

Für die von der Privatversicherung bis 700 Mio. getragenen Risiken (bis zum Jahr 2000) betrug die Prämie etwa [redacted]; die Prämie ab 2001 für privatversicherte Schäden bis 1 Mia. CHF beträgt [redacted]; der Teil der Bundesprämie für Schäden im Layer von 700 Mio. CHF und 1 Mia. CHF ist 380'000 CHF (Verringerung der Prämie im Jahr 2001); die entsprechenden „Eintrittswahrscheinlichkeiten“ sind daher gegeben durch

$$p_{0,700}^{Teil\ 1} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{[redacted] \cdot (1 - 30\%)}{700\ Mio.} \quad [redacted] \quad [redacted]$$

$$p_{0,1000}^{Teil\ 1} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{[redacted] \cdot (1 - 30\%)}{1\ Mia.} \quad [redacted] \quad [redacted]$$

$$p_{700,1000}^{Teil\ 1} = \frac{Prämie}{Deckungssumme} = \frac{380.000}{300\ Mio.} = 0,1267\% \quad (1\ Ereignis\ in\ 789\ Jahren)$$

Höhere Layer gingen in der Vergangenheit also mit einer niedrigeren Eintrittswahrscheinlichkeit einher. Im Folgenden wird diese Berechnung mit und ohne Abschläge durchgeführt.

Bestimmung der Bundesprämie in der KHV (Beispiel)

Für einen neuen Layer zur Deckung der Schäden zwischen 1 Mia. CHF und 1,8 Mia. CHF ergeben sich die Eintrittswahrscheinlichkeiten mit *Abschlag* = 10% bei allen drei Teilen zu

$$\begin{aligned} p_{1000,1800}^{Teil\ 1} &= p_{0,1000}^{Teil\ 1} \cdot (1 - Abschlag) \\ &= [redacted] \cdot (1 - 10\%) \\ &= [redacted] \end{aligned}$$

$$p_{0,1800}^{Teil\ 2} = p_{0,1000}^{Teil\ 2} \cdot (1 - Abschlag) = 0,1500\% \cdot (1 - 10\%) = 0,1350\%$$

$$p_{500,1800}^{Teil\ 3} = p_{500,1000}^{Teil\ 3} \cdot (1 - Abschlag) = 0,0386\% \cdot (1 - 10\%) = 0,0347\% .$$

Alternativ zu der Formulierung eines Abschlags können für die Eintrittswahrscheinlichkeiten auch die Häufigkeiten des Ereignisses formuliert werden ($0,1350\% = 1$ Ereignis in 741 Jahren, vgl. Excel-Tool). Die Entscheidung über die Höhe eines Abschlags muss u. E. aufgrund der Schwierigkeit bei empirischen Schätzungen im politischen Gremium festgelegt werden.

Damit ist die neue Bundesprämie mit und ohne Abschläge auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten gegeben durch:

Tabelle A.8: Bundesprämie, binäres Modell, Zahlen in Mio. CHF (soweit nicht anders bezeichnet)

Teil 1	$(1,8Mia. - 1Mia.) \cdot 0,1018\%$	0,865
Teil 2	$1,8Mia. \cdot 0,1350\%$	2,430
Teil 3	$(1,8Mia. - 500Mio.) \cdot 0,0347\%$	0,452
Gesamtprämie mit Abschlag		3,746
Teil 1	$(1,8Mia. - 1Mia.) \cdot 0,1201\%$	0,961
Teil 2	$1,8Mia. \cdot 0,1500\%$	2,700
Teil 3	$(1,8Mia. - 500Mio.) \cdot 0,0386\%$	0,502
Gesamtprämie ohne Abschlag		4,162

A.3 Aufschlagmodell

A.3.1 Version 1 / Annahmengerüst:

- Festlegung von Aufschlägen ausgehend von den bereits bekannten Prämien
- Berücksichtigung der Häufigkeit der Schadenereignisse in Jahren; entsprechende Kalibrierung der Abschlagfaktoren (nach Expertenszenarien und individuellen Einschätzungen)
- Abschlagfaktoren berücksichtigen, dass die Wahrscheinlichkeit für die Realisation des Layers mit steigendem Limit sinkt, daher ist der Aufschlag auf die bisherige Prämie nicht z. B. 80%, sondern beispielsweise nur $80\% \times 50\%$ (die Abschlagfaktoren sind im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse frei wählbar)

Tabelle A.9: Aufschlagmodell Version 1; Zahlen in Mio. CHF (soweit nicht anders bezeichnet)

	Basis: Prämie bislang	Erhöhung Layer i.V. zur Aus- gangslage	Abschlag- faktor	Erhöhung der Prämie	Neue Prämie	Ereignis in Jahren (Schaden trifft Layer)
Teil 1 (Bund/privat)	■	80%	50%	■	■	■
Teil 2 (Ausschluss)	1,500	80%	25%	0,30	1,800	1'000
Teil 3 (Terrorismus)	0,193	160%	50%	0,15	0,347	5'181
Gesamtprämie					2,675	

A.3.2 Version 2 / Annahmengerüst:

- Fortführung der bisherigen Prämienspolitik auf Basis eines degressiven Tarifmodells; flexible Anpassung der Aufschläge möglich
- Tabellen A. 10-A. 12: „Erste Erhöhung“ bestimmt den Prozentsatz der Prämienanhebung bei der ersten Erhöhung des Layers um 100 Mio. CHF (Ausgangslage). „Folgende“ bezeichnet die sich dann ergebende Anhebung der Prämie bei jeder weiteren Erhöhung des Layers um 100 Mio. CHF (z. B. erste Erhöhung 15% von 400 auf 500 Mio. CHF entspricht 0,159 Mio. CHF; die folgenden Erhöhungen führen zu einem Aufschlag, der 85% des vorangehenden Aufschlags, d. h. $85\% \times 0,159 \text{ Mio. CHF} = 0,135 \text{ Mio. CHF}$).
- Es ist grundsätzlich empfehlenswert, die erste Erhöhung bei hohen Layern aufgrund der reduzierten Eintrittswahrscheinlichkeit zu senken (da hier nicht von einem binären Modell ausgegangen wird)

Studie

Bundesprämie in der neuen KHV

Prof. Dr. Hato Schmeiser

Lehrstuhl für Risikomanagement und Versicherungswirtschaft, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Nadine Gatzert

Lehrstuhl für Versicherungswirtschaft, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Tabelle A.10: Teil 1 - Aufschlagmodell Version 2; Verlauf der Prämienhöhung privatversicherte Risiken (in Mio. CHF, soweit nicht anders bezeichnet)

Erste Erhöhung	15%	
Folgende	85%	
Layer	Prämie abs	Erhöhung abs.
400	1,059	
500	1,218	0,159
600	1,353	0,135
700	1,467	0,115
800	1,565	0,098
900	1,648	0,083
1000	1,718	0,070
1100	1,778	0,060
1200	1,829	0,051
1300	1,873	0,043
1400	1,909	0,037
1500	1,941	0,031
1600	1,967	0,027
1700	1,990	0,023
1800	2,009	0,019

Tabelle A.11: Teil 2 - Aufschlagmodell Version 2; Verlauf der Prämienhöhung für vom Bund versicherte Risiken und von Privatversicherung ausgeschlossen sind (in Mio. CHF, soweit nicht anders bezeichnet)

Erste Erhöhung	3%	
Folgende	85%	
Layer	Prämie abs.	Erhöhung abs.
1000	1,500	
1100	1,545	0,045
1200	1,583	0,038
1300	1,616	0,033
1400	1,643	0,028
1500	1,667	0,023
1600	1,687	0,020
1700	1,704	0,017
1800	1,718	0,014

Tabelle A.12: Teil 3 - Aufschlagmodell Version 2; Verlauf der Prämienenerhöhung für Nuklearschäden aufgrund von terroristischen Gewaltakten, in Mio. CHF (soweit nicht anders bezeichnet)

Erste Erhöhung	20%	
Folgende	86%	
Layer	Prämie abs.	Erhöhung abs.
500	0,257	
600	0,309	0,051
700	0,353	0,044
800	0,391	0,038
900	0,423	0,032
1000	0,451	0,028
1100	0,475	0,024
1200	0,495	0,020
1300	0,512	0,017
1400	0,527	0,015
1500	0,540	0,013
1600	0,551	0,011
1700	0,561	0,009
1800	0,569	0,008

– Unter diesen Annahmen ergibt sich eine Gesamtprämie (in Mio. CHF) in Höhe von

Teil 1	0,291
Teil 2	1,718
Teil 3	0,311
Gesamtprämie	2,320