Schriftliche Prüfung im CERA-Modul B

Klassifizierung und Modellierung und Transfer von Risiken

gemäß Prüfungsordnung 2.0
der Deutschen Aktuarvereinigung e. V.
zum Erwerb der Zusatzqualifikation CERA

am 28.10.2022

Hinweise:

- Als Hilfsmittel ist ein Taschenrechner zugelassen.
- Die Gesamtpunktzahl beträgt 180 Punkte. Die Klausur ist bestanden, wenn mindestens 90 Punkte erreicht werden.
- Bitte prüfen Sie die Ihnen vorliegende Prüfungsklausur auf Vollständigkeit. Die Klausur besteht aus 16 Seiten.
- Alle Antworten sind zu begründen und bei Rechenaufgaben muss der Lösungsweg ersichtlich sein.

Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Hubert Bornhorn, Dr. Steve Brüske, Dr. Peter Henseler,
Dr. Ingo Kraus, Dr. Nils Langenberg, Dr. Michael Leitschkis

Aufgabe 1. *Währungsrisiko [18 Punkte]*

(a) (3 Punkte) In vereinfachter Darstellung haben zwei Versicherer die folgenden Kapitalanlagen und Verpflichtungen:

Versicherer A:

Kapitalanlagen	Verpflichtungen
Assets in EUR: 100 Mio.	Liabilities in EUR: 100 Mio.
Assets in USD: 750 Mio.	Liabilities in USD: 750 Mio.

Versicherer B:

Kapitalanlagen	Verpflichtungen
Assets in EUR: 650 Mio.	Liabilities in EUR: 550 Mio.
Assets in USD: 200 Mio.	Liabilities in USD: 300 Mio.

Welche(s) Unternehmen besitzt ein Währungsrisiko? Warum?

(b) (2 Punkte) Der nominale Wechselkurs X zwischen Euro und US-Dollar betrage 1,25 USD für 1 EUR. Gegeben seien weiterhin die beiden folgenden Inflationsindizes des jeweiligen Währungsraums:

$\text{Inflationsindex}_{EUR} = 110$

$\text{Inflationsindex}_{USD} = 115$

Berechnen Sie den realen Wechselkurs S.

(c) (5 Punkte) Was versteht man unter der Kaufkraftparitätentheorie und inwiefern entspricht diese der Realität? Geben Sie drei Argumente, die gegen ein Gelten der Kaufkraftparitätentheorie in reiner Form sprechen!

(d) (8 Punkte) Im Seminar haben Sie einen stochastischen Prozess zur Modellierung von Wechselkursen kennengelernt:

$$d\,ln(S) = \alpha\big(\mu - ln(S)\big)dt + \sigma dZ$$

mit konstanten Parametern α, μ und σ und stochastischem Term dZ.

Welcher Modellierungsansatz (im Hinblick auf die Kaufkraftparitätentheorie) steckt hinter diesem Prozess? Warum wird der Logarithmus von S modelliert? Bitte nennen Sie zwei mögliche Gründe.

Aufgabe 2. *Zinsrisiko [18 Punkte]*

(a) (3 Punkte) Man betrachte einen Zerobond und einen Bond mit 5% Kupon und jährlicher Kuponzahlung. Beide Bonds haben eine Restlaufzeit von 3 Jahren. Die Zinskurve sei 5% flach. Man entscheide anhand einer Berechnung, welcher Bond die höhere Zinssensitivität aufweist.

(b) (4 Punkte) Bitte vernachlässigen Sie etwaige Effekte aus der Überschussbeteiligung eines Personenversicherers. Sie sind im Risikomanagement eines Versicherers tätig. Ein Kollege teilt Ihnen zufrieden mit, gemäß seinen Berechnungen wäre die (modifizierte) Duration der Assets nahezu gleich der Duration der Liabilities. Bitte nehmen Sie Stellung zu dieser Nachricht. Wie hängt Ihre Antwort davon ab, in welcher Versicherungssparte Sie tätig sind?

(c) (5 Punkte) Bitte vernachlässigen Sie folgend einen etwaigen Monte-Carlo Fehler. In Ihrem Unternehmen wird der Wert der Liabilities (BEL) berechnet, indem das stochastische Unternehmensmodell anhand von 1000 risikoneutralen Simulationen ausgewertet wird. Sie werden gebeten, die effektive Duration der Liabilities zu bestimmen. Bitte beschreiben Sie, welche Sensitivitätsläufe Sie dafür durchführen und wie Sie anhand ihrer Ergebnisse die Duration schätzen würden. Welche Rolle spielt die Konvexität der Liabilities für Ihren Ansatz?

(d) (6 Punkte) Die Verbindlichkeiten Ihres Unternehmens bestehen vor allem aus aufgeschobenen Rentenversicherungen, während die Aktivseite vor allem festverzinsliche Titel aufweist. Deshalb analysieren Sie intensiv die Zins- und Langlebigkeitssensitivitäten und schauen sich dabei insbesondere die effektiven Durationen der Assets und der Liabilities an. Bitte kommunizieren Sie Ihre a-priori Erwartungen zu den folgenden Vergleichen, jeweils mit einer kurzen Begründung:

i. Basis-Duration der Assets vs. Duration der Assets in der Zinsanstieg-Sensitivität

ii. Basis-Duration der Liabilities vs. Duration der Liabilities in der Zinsanstieg-Sensitivität

iii. Basis-Duration der Assets vs. Duration der Assets in der Langlebigkeitsanstieg-Sensitivität (aka Sterblichkeitsrückgang-Sensitivität)

iv. Basis-Duration der Liabilities vs. Duration der Liabilities in der Langlebigkeitsanstieg-Sensitivität.

Aufgabe 3. *Versicherungstechnik Leben [18 Punkte]*

Sie haben als frischgebackener CERA-Charterholder den Arbeitgeber gewechselt und starten nun frohen Mutes in Ihre neue Rolle. Sie wissen bisher nicht viel über die Produkte und Bestände.

(a) (10 Punkte) Ihr Vorgesetzter berichtet Ihnen von zwei verschiedenen Beständen aus der Risikolebensversicherung, die jedoch gleich groß seien (gleiche Anzahl der Versicherten mit gleicher gesamter Versicherungssumme). Er fragt Sie, ob man nicht zur Vereinfachung ohne nähere Betrachtung die beiden Bestände aus Risikosicht als identisch betrachten könne. Was antworten Sie ihm?

Überlegen Sie sich mindestens 4 denkbare Unterschiede in den Beständen und führen Sie dann aus, wie dies Einfluss auf das versicherungstechnische Risiko hat.

(b) (8 Punkte) Nachdem Sie sich nun mit den Beständen auseinandergesetzt haben, machen Sie sich nun endlich an die Modellierungsarbeiten. Sie arbeiten in dieser Aufgabe mit dem Standardmodell unter Solvency II. Weiterhin geht es wie in Aufgabe (a) um Risikolebensversicherungen.

Nennen Sie die Risikotreiber, in welche sich das hier relevante Modul „Life" aus dem Solvency II-Risikobaum allgemein untergliedert. Welche davon sind im vorliegenden Fall (Risikolebensversicherung) eher relevant und welche eher weniger relevant?

Beschreiben Sie die hier relevanten Treiber und die Funktionsweise der darin verwendeten Szenarien kurz.

Hinweis: Es ist für die Lösung der Aufgabe nicht verlangt, dass bei der Beschreibung der Risikotreiber die genauen Prozentsätze der Shocks genannt werden.

Aufgabe 4. *Risikoaggregation [18 Punkte]*

(a) (6 Punkte) Euler-Allokation einer Normalverteilung:

Betrachten Sie zunächst drei (fiktive) multivariat normalverteilte Risiken R_1, R_2, R_3. Die Korrelation von R_1 und R_2 sei 75%. R_3 sei unkorreliert zu R_1 und R_2, d.h. diese Korrelationen seien 0%.

Die Euler-Allokation entspricht in diesem Fall der Kovarianzallokation

$$R_i^{div} = \frac{\mathrm{cov}[R_i, R]}{\mathrm{var}[R]} * \mathrm{VaR}[R] = \frac{\sum_{j=1}^{3} \rho_{ij} * \mathrm{VaR}[R_i] * \mathrm{VaR}[R_j]}{\mathrm{VaR}[R]}$$

wobei ρ_{ij} den Korrelationskoeffizienten von R_i und R_j bezeichnet, und VaR den Value-at-Risk der Einzelrisiken R_1, R_2, R_3 bzw. des Gesamtrisikos $R=R_1+R_2+R_3$.

Berechnen Sie für zwei verschiedene Risikoverteilungen die in der folgenden Tabelle mit „**xx**" markierten allokierten („diversifizierten") Risikobeiträge der drei Einzelrisiken R_1, R_2, R_3 und deren Differenzen. Runden Sie alle Ergebnisse auf ganze Zahlen.

		Fall 1		**Fall 2**		**Differenz**	
		Undiv.	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**
R_1		150	**xx**	50	**xx**	-100	**xx**
R_2		10	**xx**	10	**xx**	0	**xx**
R_3		50	**xx**	50	**xx**	0	**xx**
Summe		210	165	110	76	-100	-89
Div.	**abs.**	-45		-34		11	
	rel.	21%		30%		9%	
R		165		76		-89	

(b) (7 Punkte) Ein Versicherungsunternehmen, das zur SCR-Berechnung ein internes Modell verwendet, möchte sein SCR reduzieren. Da die Zinssensitivität der Passivseite des Unternehmens höher ist als die der Aktivseite, wurde geprüft, wie sich eine Investition in langlaufende Anleihen auf die Risikosituation auswirkt. Die folgende Tabelle enthält die zugehörigen SCR-Ergebnisse vor und nach Durationsverlängerung der Aktivseite, wobei die diversifizierten Einzelrisiken mittels Euler-Allokation bestimmt wurden.

SCR in Mio. €	vor Durations-verlängerung		nach Durations-verlängerung		Differenz	
	Undiv.	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**
Marktrisiken (Summe)	**250**	**165**	**225**	**137**	**-25**	**-28**
Aktienrisiko	50	30	50	33	0	3
Spreadrisiko	70	40	75	45	5	5
Zinsvolatilitätsrisiko	10	5	10	4	0	-1
Zinsrisiko	120	90	90	55	-30	-35
Ausfallrisiko	**20**	**8**	**20**	**10**	**0**	**2**
Vt. Risiken (Summe)	**120**	**50**	**120**	**55**	**0**	**5**
Stornorisiko	35	10	35	11	0	1
Langlebigkeitsrisiko	60	35	60	38	0	3
Sterblichkeitsrisiko	25	5	25	6	0	1
Operationelles Risiko	**40**	**15**	**40**	**16**	**0**	**1**
Abs. Diversifikation	**-192**		**-187**		**5**	
Rel. Diversifikation	**45%**		**46%**		**2%**	
SCR	**238**	**238**	**218**	**218**	**-20**	**-20**

Wechselwirkungen zwischen Aktiv- und Passivseite, wie sie z.B. durch Überschussbeteiligungen entstehen können, seien vernachlässigbar. Das gleiche gelte für nicht-lineare Beiträge und latente Steuern. Weitere, nicht in der Tabelle enthaltene Risiken seien für das Unternehmen irrelevant.

Erläutern Sie kurz unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus (a) die Entwicklung der Risiken (diversifiziert und undiversifiziert) sowie die Veränderung des Gesamt-Diversifikationseffekts. Fassen Sie alle Risiken gleicher Entwicklung in Ihrer Antwort zusammen.

(c) (3 Punkte) Schlagen Sie eine alternative Möglichkeit anhand der o.g. Tabelle zur Risikoreduzierung oder zum Risikotransfer vor, die nicht auf das Zinsrisiko des Unternehmens abzielt. Begründen Sie kurz, warum Sie Ihre Wahl getroffen haben, und ob sich hieraus evtl. Auswirkungen auf die Kalibrierung oder Modellierung im internen Modell ergeben könnten.

(d) (2 Punkte) Nehmen Sie an, dass das Unternehmen Teil einer Gruppe sei, und dass das interne Modell ein Gruppensimulationsmodell sei. Begründen Sie kurz, warum dies die Wahl des zu reduzierenden Risikos oder die daraus resultierende Modellierungsauswirkung beeinflussen könnte.

Aufgabe 5. *Auswirkung durch Inflation bei einem Schaden- /Unfallversicherer [18 Punkte]*

Auch die Feldafinger Brandkasse ist von der steigenden Inflation betroffen. Neben Anpassungen im Pricing und in der Schadenreservierung, muss man sich auch im Risikomanagement Gedanken über die Parametrisierung des Internen Modells machen.

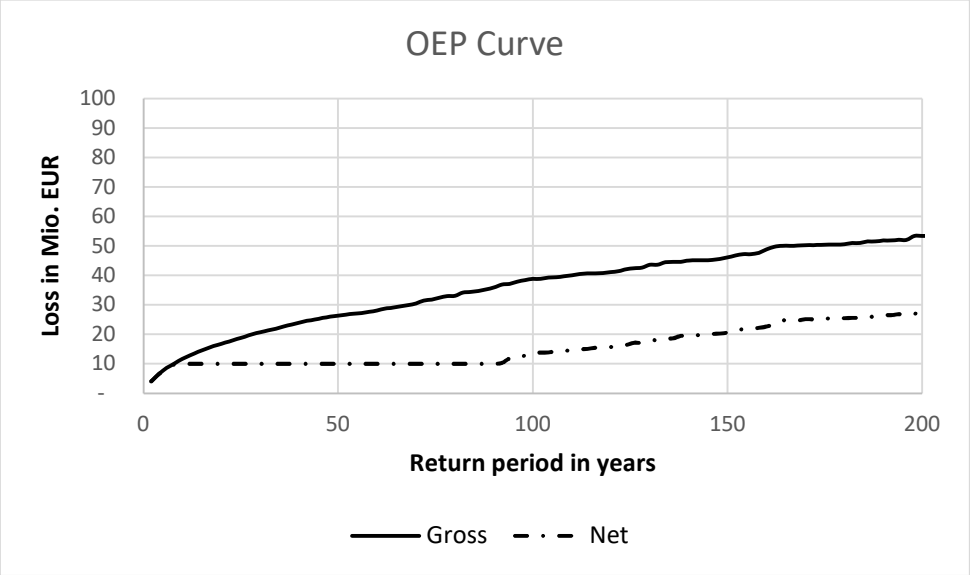
(a) (7 Punkte) Beschreiben Sie kurz die Schritte, um aus den Rohdaten simulierte Großschäden zu erhalten. Gehen Sie hierbei insbesondere auf die Schadenanzahl- und Schadenhöhenverteilung ein und beschreiben Sie jeweils, wie das Thema Inflation Berücksichtigung findet.
Hinweis: Denken Sie insbesondere an die Datenaufbereitung!

(b) (6 Punkte) Erläutern Sie für das Reserverisiko, wie eine Schadeninflation einerseits implizit und auch explizit in der Parametrisierung Anwendung findet, wenn ein Chain-Ladder-Verfahren verwendet wird. Was sind die Vor- und Nachteile der expliziten Berücksichtigung.

(c) (5 Punkte) Sie haben nun ein 10% höheres Prämien- und ein 20% höheres Reserverisiko ermittelt. Um wieviel Prozent steigt das versicherungstechnische Risiko, wenn Sie eine Korrelation von 50% annehmen und Prämien- und Reserverisiko vor der Inflationsanpassung gleich hoch waren.
Hinweis: Rechnen Sie mit der Wurzelformel und geben sie die Steigerung in Prozent mit zwei Nachkommastelle an.

Aufgabe 6. *Auswirkung durch Inflation bei einem Schaden- /Unfallversicherer Risikotransfer [18 Punkte]*

Die Unsicherheit über stark steigende Inflation wirkt sich auch auf den Risikotransfer aus. Sie sollen für Ihren CRO die Auswirkung einer Inflationssteigerung auf die bestehende Rückversicherungsstruktur erläutern. Hierzu nehmen Sie sich die folgenden OEP Kurven zur Hand.



(a) (6 Punkte) Beschreiben Sie zunächst um welche Art von Rückversicherungsstruktur es sich anscheinend handelt und welche Vertragskonditionen Sie ablesen können.

(b) (6 Punkte) Gehen Sie nun davon aus, dass Sie über nächsten 5 Jahre eine Inflationssteigerung von insgesamt ca. 50% auf die Schadenhöhen haben, welche sich zunächst noch nicht auf die Struktur der Rückversicherungsstruktur auswirkt (ohne Stabilisierungsklausel). Skizzieren Sie die durch die gesamte Inflationssteigerung entstehende neue Brutto- und Netto-Kurve. Mit welcher Wiederkehrperiode ist die komplette Deckung durchgeschlagen?
Hinweis: Übertragen Sie die Skizze und verwenden Sie nicht das Aufgabenblatt.

(c) (6 Punkte) Nehmen Sie nun an, dass es eine FIC (Full Index Clause) im Rückversicherungsvertrag gibt, so dass sich die Inflationserwartung auch zu 100% auf die Priorität und die Haftungsstrecke auswirkt. Zeichnen Sie wieder die entstehende Kurve in Ihr Diagramm ein. Bei

welcher Wiederkehrperiode wird nun die komplette Deckung durchgeschlagen?
Hinweis: Nehmen Sie ähnlich wie im Skript eine vereinfachte Anwendung der FIC auf Limit und Priorität vor, bei denen die Schäden noch keine Zahlungen erfahren haben und komplett aus Reserven bestehen.

Aufgabe 7. *Rückversicherung und Verbriefung Leben [18 Punkte]*

Sie sind bei einem mittelgroßen Lebensversicherer beschäftigt und haben den Auftrag, sich Gedanken zur Rückversicherung des Portfolios zu machen.

(a) (4 Punkte) Zunächst werden Sie gebeten, kurz die Auswirkung von Rückversicherung auf die SCR-Quote allgemein zu erläutern.

Nutzen Sie bitte die allgemeine Formel für die SCR-Quote und skizzieren Sie anhand eines selbstgewählten Beispiels, dass die SCR-Quote durch Rückversicherung steigen oder sinken kann.

(b) (2 Punkte) Nennen Sie zwei Gründe, warum ein Versicherungsunternehmen auch dann einen Rückversicherungsvertrag abschließen könnte, wenn sich dadurch die SCR-Quote verschlechtern würde.

(c) (4 Punkte) Sie erinnern sich noch an die Stichworte „Stop Loss", „Quote", „(Summen-)Exzedent" und „WXL".

Beschreiben Sie bitte kurz die genannten Formen der Lebensrückversicherung, und gehen Sie auch kurz darauf ein, welche der Lösungen warum als „proportional" bzw. „nicht-proportional" bezeichnet werden.

(d) (8 Punkte) Ihr Vorstand bittet Sie, nun für einen Summenexzedenten für das Geschäft mit marktüblichen Risikolebensversicherungen näher zu analysieren, welchen Effekt dieser auf das versicherungstechnische Risiko in Ihrem Unternehmen hat.

Sie erinnern sich an die vier im Seminar besprochenen Komponenten des versicherungstechnischen Risikos und beschließen, diese Auflistung als Strukturierung für Ihre Analyse herzunehmen.

Kommentieren Sie bitte Wirkungsweise und Effektivität eines Exzedenten Hinblick auf diese vier Komponenten des versicherungstechnischen Risikos.

Sollten Sie für die einzelnen Risiko-Komponenten zu der Auffassung gelangen, dass eine andere (in c) genannte) Form der Rückversicherung das Risiko besser transferiert, so nennen Sie diese bitte und geben eine kurze Begründung dafür.

Aufgabe 8. *Traditionelle Lebensversicherung [18 Punkte]*

Multiple Choice: Für jede korrekt gelöste Teilaufgabe gibt es jeweils 3 Punkte, für jede falsch beantwortete Teilaufgabe werden 3 Punkte abgezogen. Die Punktzahl insgesamt beträgt mindestens 0. Es kann sein, dass innerhalb einer Aufgabe mehr als eine der möglichen Antworten korrekt ist und in dem Fall müssen alle möglichen Antworten genannt werden.

Bitte nutzen Sie für die Beantwortung die dafür vorgesehenen Lösungsblätter

Ausgangssituation

Eine Gesellschaft mit vorwiegend traditionellem LV Geschäft in den Büchern weist folgenden Risikomix auf (gemessen in SCR):

- ZinsDown Risiko (30)
- Spread Risiko (40)
- Storno (15)
- Sterblichkeit (1)

Die Eigenmittel betragen 100.

(a) (3 Punkte) Angenommen der Versicherer reduziert den Duration Gap durch Verkauf und Wiederanlage des gesamten Bond-Portfolios. Wie verhalten sich das Zins- und Spread Risiko (absolut gesehen bei Beibehaltung gleicher Bonität der festverzinslichen Anleihen)?

1) Zins Risiko steigt, Spread Risiko steigt
2) Zins Risiko steigt, Spread Risiko fällt
3) Zins Risiko steigt, Spread Risiko unverändert
4) Zins Risiko fällt, Spread Risiko steigt
5) Zins Risiko fällt, Spread Risiko fällt
6) Zins Risiko fällt, Spread Risiko unverändert

(b) (3 Punkte) Der Versicherer möchte in Receiver Swaptions investieren. Wenn er möglichst wenig dafür zahlen möchte, welche Parameterkombination sollte gewählt werden:

1) Kleiner Strike, kurze Optionslaufzeit

2) Hoher Strike, kurze Optionslaufzeit

3) Hoher Strike, lange Optionslaufzeit

4) Kleiner Strike, lange Optionslaufzeit

Nach erfolgtem Hedging mittels Receiver Swaptions sieht der Risikomix (gemessen in SCR) wie folgt aus:

- ZinsUp Risiko (5)
- Spread Risiko (50)
- Storno (20)
- Sterblichkeit (2)

Die Eigenmittel haben sich ebenfalls durch das Hedging geändert und betragen jetzt 110.

(c) (3 Punkte) Warum könnten die Eigenmittel gestiegen sein?

1) Anstieg der Marktwerte der Kapitalanlagen durch das Hedging

2) Der Wert der Best Estimate Rückstellung hat sich reduziert

3) Reduktion der Risikomarge

4) Keine der obigen Antworten passt

(d) (3 Punkte) Wie könnte man das Zinsrisiko (nun ZinsUp) reduzieren?

1) Payer Swaption kaufen

2) Einen Teil der Receiver Swaptions wieder verkaufen

3) Duration Gap schließen mittels Payer Swaps

4) Duration Gap schließen durch Umschichten der festverzinslichen Papiere in kürzere Laufzeiten

(e) (3 Punkte) Welche Möglichkeiten gibt es, die Absicherung günstiger zu gestalten (wenn in Kauf genommen wird, dass dabei etwas Absicherung verloren geht)

1) Short Position in Payer Swaptions mit einem höheren Strike

2) Reduzierung des Strikes der Receiver Swaptions

3) Short Position Receiver Swaptions mit einem niedrigeren Strike

(f) (3 Punkte) Das Zinsniveau sei flach bei 1.5%. Welche Option sollte der Versicherer kaufen, wenn er in 5 Jahren eine Anleihe mit 10 Jahren Restlaufzeit zum Nennwert und Kupon von 1% erwerben möchte - unabhängig davon wie hoch der Marktwert der Anleihe in 5 Jahren sein wird?

1) Receiver Swaption mit Optionslaufzeit 10 Jahren und Swap Term von 5 Jahren, Strike 1%

2) Payer Swaption mit Optionslaufzeit 5 Jahren und Swap Term von 10 Jahren, Strike 1%

3) Receiver Swaption mit Optionslaufzeit 5 Jahren und Swap Term von 10 Jahren, Strike 1%

4) Receiver Swaption mit Optionslaufzeit 5 Jahren und Swap Term von 10 Jahren, Strike 1.5%

Aufgabe 9. *Kreditrisiko [18 Punkte]*

Alle betrachteten Bonds haben jährliche Kuponzahlungen, dieselbe Restlaufzeit und keine eingebetteten Optionen. Die risikofreie Zinskurve ist flach. Der Bestand der Investmentabteilung besteht aus den Bonds aus Tabelle 1.

(a) (5 Punkte) Ordnen sie die Bonds aus Tabelle 1 gemäß ihrem Z-Spread.

(b) (3 Punkte) Alle Bonds aus Tabelle 1 sind unbesichert. Was können Sie über die Seniorität der Bonds sagen?

(c) (4 Punkte) Ihre Investmentabteilung erwägt, einen weiteren Bond aus Tabelle 2 zu kaufen. Diskutieren Sie für jeden Bond die kreditrisikorelevanten Aspekte des Kaufs für das Gesamtportfolio.

(d) (6 Punkte) Die Investmentabteilung hat sich für Bond 7 entschieden, er sei sehr günstig, und Nominal 10.000 gekauft. Sie als Risikomanager versehen den Kauf mit der Auflage, das erhöhte Kreditrisiko des Portfolios durch den Kauf eines CDS zu mitigieren. Tabelle 3 zeigt die zur Auswahl stehenden CDS. Diskutieren Sie für jeden die Eigenschaften der Absicherung im Kontext der bestehenden Positionen. Welchen CDS und welches CDS-Nominal empfehlen Sie? Begründen Sie ihre Entscheidung.

Tabelle 1

Bond	Nominal	Marktwert	Kupon	Emittent
1	20.000	22.000	2,5%	Französische Hotelkette xyz
2	15.000	15.750	3,0%	Spanische Bank abc
3	25.000	26.250	2,5%	Spanische Bank abc
4	40.000	44.000	2,0%	Französische Hotelkette xyz

Tabelle 2

Bond	Emittent	Kupon	MV%
5	Staat Belgien	2,0%	110,0%
6	Italienische Bank	2,5%	110,0%
7	Französische Restaurantkette	4,0%	100,0%

Tabelle 3

CDS	Reference Obligation	Reference Entity
X	Bond 2	Spanische Bank abc
Y	Bond 8	Französischer Reiseveranstalter
Z	Bond 9	Deutscher Staat

Aufgabe 10. (*Finanzielle) Klimarisiken [18 Punkte]*

Wie im Seminar besprochen werden (finanzielle) Klimarisiken allgemeinhin in physische und transitorische Klimarisiken aufgeteilt.

(a) (3 Punkte) Definieren Sie diese beiden Unterrisiken des Klimarisikos!

(b) (9 Punkte) Erklären Sie, wie die beiden genannten Risiken andere Risiken aus den Kategorien versicherungstechnisches Risiko, Kredit- und Marktrisiko verursachen können! Tun Sie dies, indem Sie je ein beispielhaftes physisches/transitorisches Risiko beschreiben und erläutern, wie dies zu einem versicherungstechnischen Risiko/Kredit- oder Marktrisiko führen kann (für jede Kombination ein Beispiel, d.h. insgesamt sechs Beispiele)!

(c) (3 Punkte) Beschreiben Sie die Relevanz von physischem und transitorischem Klimarisiko für Lebens- und Sachversicherer!

(d) (3 Punkte) Besprechen Sie die Risiken nach Zeithorizont (kurz-/mittel-/langfristig) von physischem und transitorischem Klimarisiko!

Schriftliche Prüfung im CERA-Modul B

Klassifizierung und Modellierung und Transfer von Risiken

gemäß Prüfungsordnung 2.0
der Deutschen Aktuarvereinigung e. V.
zum Erwerb der Zusatzqualifikation CERA

am 28.10.2022

Lösungsvorschläge

Hinweise:

- Als Hilfsmittel ist ein Taschenrechner zugelassen.
- Die Gesamtpunktzahl beträgt 180 Punkte. Die Klausur ist bestanden, wenn mindestens 90 Punkte erreicht werden.
- Bitte prüfen Sie die Ihnen vorliegende Prüfungsklausur auf Vollständigkeit. Die Klausur besteht aus 16 Seiten.
- Alle Antworten sind zu begründen und bei Rechenaufgaben muss der Lösungsweg ersichtlich sein.

Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Hubert Bornhorn, Dr. Steve Brüske, Dr. Peter Henseler,
Dr. Ingo Kraus, Dr. Nils Langenberg, Dr. Michael Leitschkis

Aufgabe 1. *Währungsrisiko [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Kapitalanlagen in Fremdwährung stellen per se kein Währungsrisiko dar. Das Währungsrisiko entsteht durch eine Inkongruenz zwischen Kapitalanlagen und Verpflichtungen. Demnach besteht für Versicherer A kein Währungsrisiko, für Versicherer B sehr wohl.

(b) Es gilt

$$S = X \cdot \frac{Inflationsindex_{EUR}}{Inflationsindex_{USD}} = 1{,}25 \cdot \frac{110}{115} \approx 1{,}1957$$

(c) Kaufkraftparitätentheorie (KKP): Die Wechselkurse zwischen zwei Währungen schwanken, um die Preisunterschiede in den Währungsräumen auszugleichen. Jedes Gut sollte theoretisch in jedem Währungsraum zum gleichen Preis erworben werden können.

Argumente gegen die KKP, z.B.

- Zölle, Transportkosten
- Staatliche Handelsbeschränkungen
- Theorie problematisch, wenn der Wechselkurs nicht frei schwanken kann, also z.B. wenn ein Land die eigene Währung gegenüber einer anderen fixiert.

(d) Bei strikter KKP würde der nominale Wechselkurs nur schwanken, um den realen Wechselkurs konstant zu halten. Um die realiter vorhandenen Abweichungen von der KKP zu erfassen, könnten wir eine Mean Reversion um einen „mittleren Wechselkurs" herum ansetzen (1. Term hinter dem Gleichheitszeichen in der Modellgleichung).

Indem man den Logarithmus verwendet, besteht z.B. zwischen den beiden Notierungen EUR/USD und USD/EUR des Währungspaares EUR und USD nur ein Vorzeichenunterschied. Auf diese Art ist der stochastische Prozess für beispielweise EUR/USD baugleich zu dem für USD/EUR:

$$d\,ln\left(\frac{1}{S}\right) = -d\,ln(S) = -\alpha\big(\mu - ln(S)\big)dt - \sigma dZ = \alpha\left(-\mu - ln\left(\frac{1}{S}\right)\right)dt + \sigma d(-Z)$$

(mit -μ als (logarithmischem) mittlerem Wechselkurs für die andere Wechselkursnotierung und –Z als Brownscher Bewegung). Ein weiterer Grund ist die Nicht-Negativität des Wechselkurses.

Aufgabe 2. *Zinsrisiken [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Die Zinssensitivität der beiden Bonds können wir anhand ihrer modifizierten Durationen beurteilen.

Die modifizierte Duration des Zerobonds beträgt M_Z = ((3 * 100 / 1.05^3) / (100 / 1.05^3)) / 1.05 = 2.86

Die modifizierte Duration des Kuponbonds beträgt

M_K = ((5 / 1.05 + 2*5 / 1.05^2 + 3 * 105 / 1.05^3) / 100) / 1.05 = 2.72.

Die Zinssensitivität des Zerobonds ist höher, denn M_Z > M_K.

(b) Dies ist in Wahrheit keine so gute Nachricht, denn ökonomisch sinnvoll wäre eine Immunisierung des Surplus gewesen. Um dieses Ziel zu erreichen, hätte man eine andere Duration der Assets anpeilen sollen:

DA = (Liabilities / Assets) x DL

(hierbei bezeichnen wir als DA die Duration der Assets und als DL die Duration der Liabilities).

Je nach Versicherungssparte wäre der Fehler durch die Nichtbeachtung des Quotienten (Liabilities / Assets) unterschiedlich – in der Lebensversicherung wäre dieser Fehler tendenziell kleiner, da der besagte Quotient eher näher bei 1 wäre.

(c) Zu diesem Zweck benötigen wir zwei Zinssensitivitäten, und zwar eine Zinsanstiegssensitivität und eine Zinsrückgangssensitivität, mit derselben geringen Auslenkung von etwa 10 Basispunkten. Mithilfe der Ergebnisse dieser Sensitivitäten können wir die effektive Duration der Liabilities wie folgt berechnen:

DL = (BEL(Zins + 10bp) – BEL(Zins – 10bp)) / (20bp * BEL(Basis))

Man beachte, dass wir aufgrund der Konvexität der Liabilities nicht mit einer großen Zinsauslenkung wie z.B. 100bp arbeiten sollten.

(d)

i. Verringerte Duration der Assets bei Zinsanstieg-Sensitivität, da die meisten Bonds eine positive Konvexität aufweisen.

ii. Verringerte Duration der Liabilities bei Zinsanstieg-Sensitivität, da die Liabilities in der Regel eine positive Konvexität aufweisen.

iii. Gleiche Duration der Assets bei Langebigkeitsanstieg-Sensitivität, denn die Assets zum Bewertungsstichtag verändern sich bei dieser Sensitivität nicht.

iv. Erhöhte Duration der Liabilities bei Langlebigkeitsanstieg-Sensitivität, denn eine höhere Langlebigkeit wird zu einer Verlagerung und Erhöhung der Zahlungen an die VN in der ferneren Zukunft führen.

Aufgabe 3. *Versicherungstechnik Leben [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Beispielsweise können genannt werden:

- Die Bestände können sich in ihrer Zusammensetzung hinsichtlich des Alters unterscheiden. COVID-19 hat gezeigt, dass das Alter eine nennenswerte Rolle für das Risiko in einer Pandemie darstellt → Unterschied im Katastrophenrisiko.

- Die Bestände können sich hinsichtlich der einzelnen Versicherungssummen unterscheiden. Zwar ist deren Summe identisch, aber womöglich gibt es in einem Bestand wenige Spitzenrisiken und viele kleinere Risiken. → Anfälligkeit für das Zufallsrisiko.

- Die Bestände können unterschiedlich rückversichert sein. Dies kann je nach Rückversicherungsstruktur unterschiedlichen Einfluss auf alle Komponenten des versicherungstechnischen Risikos haben.

- Die Bestände können sich hinsichtlich der Restlaufzeit unterscheiden. Im Extremfall befindet sich ein Bestand (z.B. Gruppenversicherung) im letzten Jahr, und ist damit nahezu immun gegenüber dem Trendrisiko / Änderungsrisiko. Noch lange laufende Bestände sind hingegen anfällig gegenüber Trends (z.B. Fettleibigkeit).

- Ein Beispiel für das Irrtumsrisiko ergibt sich exemplarisch, wenn die Bestände einer unterschiedlichen Risikoprüfung unterlegen haben. Durch eine strenge Risikoprüfung dürfte in der Regel eine geringere Sterblichkeit (zumindest in der Selektionsphase) und damit eine größere Immunität gegenüber dem Irrtumsrisiko erreicht werden können.

Andere Beispiele waren ebenfalls zulässig (unterschiedliche Vertriebskanäle, unterschiedliche Geschlechter vor dem Hintergrund Unisex,…).

(b) Wie im Skript dargelegt unterteilt sich das Life-Modul in folgende Risikotreiber:

- Mortality: hier sehr relevant, weil dominantes Risiko in Risikolebensversicherung. Szenario: pauschale prozentuale Erhöhung der Sterblichkeit.

- Longevity: hier nicht relevant, da eine Reduktion der Sterblichkeit keine Belastung für RLV-Bestände erwarten lässt

- Disability / Morbidity: hier nicht relevant, weil hierdurch keine Leistungen ausgelöst werden

- Lapse: relevant, weil durch Storno zukünftige Risikogewinne entgehen (kann ggf. durch Stornogewinne etwas gepuffert werden). Auswirkung des Lapse Shocks ermittelt sich als Maximum von Massenstorno (1-Jahres-Shock), Lapse Up (dauerhafte Erhöhung des Stornos) und Lapse Down (dauerhafter Rückgang des Stornos, hier vmtl. Weniger relevant).

- Kostenrisiko: anhand der Angaben nicht abschließend zu bewerten. Hängt von Kostensituation, -inflation und dergleichen ab. Kann daher als relevant oder nicht relevant erkannt werden.

- Revisionsrisiko: betrifft Rentenzahlungen, somit keine Relevanz erkennbar.

- CAT: Pandemierisiko, funktioniert über einjährigen Shock der Sterblichkeit (1,5 Promille für alle Alter) und führt somit zu einer Erhöhung der Leistungen in der Risikolebensversicherung. Auswirkungen abhängig vom Alter der versicherten Personen, aber dem Grunde nach in der Risikolebensversicherung relevant.

Aufgabe 4. *Risikoaggregation [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Mit der angegebenen Formel berechnen sich die allokierten Risiken für R_1 zu

Fall1: $R_1^{div,1} = (150^2 + 75\% * 150 * 10)/165 = 143$

Fall2: $R_1^{div,2} = (50^2 + 75\% * 50 * 10)/76 = 38$

$$R_1^{div,2} - R_i^{div,1} = -105$$

Analog erhält man für R_2 und R_3

$$R_2^{div,1} = 7 \ , \quad R_2^{div,2} = 6 \ , \quad R_2^{div,2} - R_2^{div,1} = -1$$

$$R_3^{div,1} = 15 \ , \quad R_3^{div,2} = 33 \ , \quad R_3^{div,2} - R_3^{div,1} = 18$$

(b) Wie in Aufgabe (a) erkennbar, nimmt die absolute Gesamtdiversifikation zwar ab, wenn die Summe der Einzelrisiken sinkt, aber die relative steigt in der Regel, wenn ein zuvor dominierendes Risiko abnimmt, wie in diesem Fall das Zinsrisiko, und die Risiken gleichmäßiger verteilt sind.

Auch kann der allokierte Beitrag des zuvor klar dominanten Zinsrisikos analog zur R_1 in (a) dadurch auch stärker sinken als das Einzelrisiko selbst.

Der allokierte Beitrag des für sich genommen eher unbedeutenden Zinsvolatiltätsrisikos sinkt nach Durationsverlängerung. Dies könnte auf eine hohe Korrelation zum Zinsrisiko im internen Modell hindeuten, wodurch der höhere Beitrag des Risikos zum Gesamtrisiko aufgrund der Kopplung an das dominante Risiko entstand, vergleichbar zu R_2 in (a).

Die Durationsverlängerung erhöht nicht nur die Zinssensitivität, sondern auch das Spreadrisiko. Hinzu kommt, dass die allokierten Beiträge typischerweise steigen, wenn das dominante Risiko reduziert wird, und wenn keine ausgeprägte Korrelation hierzu besteht, wie bei R_3 in (a) zu beobachten. Daher steigt der allokierte Beitrag des Spreadrisikos im gleichen Maße wie das Einzelrisiko.

Für alle übrigen Risiken bleiben die Einzelrisiken gleich und es bleibt der zuvor beschriebene Effekt wie bei R_3 in (a).

(c) Zur Risikoreduktion eignen sich diejenigen Risiken, die einen nennenswerten allokierten (diversifizierten) Beitrag besitzen. Mögliche Risiken sind (Auswahl eines Risikos und einer Risikoreduktionsmethode genügt):

- Aktienrisiko: Exposurereduktion – dies besitzt in der Regel keine Auswirkung auf das interne Modell oder eventuell Wegfall von modellierten Risikofaktoren, falls das zugehörige Exposure vollständig immateriell würde.

  Alternative wäre ein Aktienhedge als Risikotransfer – hier müssten evtl. das entsthende Basisrisiko falls relevant oder Ausfallrisiken neu modelliert werden und ggf. dafür geeignete Risikofaktoren hinzugenommen werden.

- Spreadrisiko: Umschichtung in risikoärmere Anleiheklassen oder ein Hedge. Modellierungsauswirkung analog zum Aktienfall, ggf. müssten die risikoärmeren Anleiheklassen genauer modelliert werden, wenn sie zuvor aufgrund von Immaterialität nur vereinfacht modelliert waren.

- Langlebigkeit: Hier könnte Rückversicherung oder ggf. ein alternativer Risikotransfer (Verbriefung, Swap) genutzt werden. Dies könnte u.a. das Ausfallrisiko betreffen oder auch das Basisrisiko im Fall alternativer Risikotransfers.

(d) Da Risiken auf Einzelunternehmensebene und Gruppenebene in der Regel unterschiedlich diversifizieren, kann es aus Gruppensicht attraktiv sein, ein anderes Risiko zu wählen, als dies aus reiner Einzelsicht geschieht. Je nachdem welche Risikotransfermethode gewählt wird, z.B. interne Rückversicherung, kann auch die Modellierung gruppeninterner Beziehungen notwendig werden bzw. betroffen sein.

Aufgabe 5. *Auswirkung durch Inflation bei einem Schaden- /Unfallversicherer [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Folgende Schritte müssen genannt werden:

1. Kumule identifizieren

Sollten zwei oder mehrere Schadeninformationen zusammengehören (Bsp. Sachschaden und Betriebsunterbrechung) sollten diese zur korrekten Schadenabbildung zusammengefasst werden.

2. Schadendaten qualitätssichern

Schäden, welche keine echten Großschäden sind (Bsp. Sammelabrechnungen), sollten nicht für die Großschadenparametrisierung herangezogen werden.

3. Schadendaten inflationieren

Die Schäden sollten mit einem **geeigneten Inflationsindex** auf das zu simulierende Jahr inflationiert werden. Dies kann beispielsweise nach Anfall-, Melde- und Buchungsjahr passieren.

4. Schadendatenabwickeln

Noch offene Schadenfälle sollten auf abgewickelten Stand gebracht werden. Beispielsweise mit eine Zahlungs- oder einer Aufwandsabwicklung

5. Bestimmung der Großschadengrenze Festlegung des Thresholds zur Abgrenzung der Großschäden von den Basisschäden

6. Bestimmung der Exposureinformationen pro Anfalljahr

Prämien oder Versicherungssummen können beispielsweise benutzt werden, um die Schadenanzahl auf das zu simulierende Jahr zu skalieren. Diese sollten aber vorher **inflationsbereinigt** sein.

7. Parametrisierung der Schadenanzahlverteilung

Verwendung der skalierten Schadenanzahl pro Anfalljahr um beispielsweise über die Momentenmethode eine Binomial-, Negativbinomial- oder Poissonverteilung zu parametrisieren.

8. Parametrisierung der Schadenhöhenverteilung

Schätzwerte für die Parameter ermitteln (z.B. mittels Momenten- oder Maximum-Likelihood-Methode), um dann die geeigneten Verteilungen mittels statistischen Tests, QQ-Plots, PP-Plots zu bestimmen.

9. Simulation der Schadenanzahlverteilung

Ermittlung der simulierten Schadenanzahl über die Anwendung der Inversionsmethode auf die parametrisierte Anzahlverteilung

10. Simulation der Schadenhöhenverteilung

Ermittlung der simulierten Schadenhöhe pro simulierten Schaden über die Anwendung der Inversionsmethode auf die parametrisierte Höhenverteilung und ggf. **Anwendung zukünftiger Inflation**.

(b) Folgendes kann für eine implizite Berücksichtigung der Inflation genannt werden:

Benutzt ein Reserveaktuar im Chain-Ladder-Verfahren aggregierte Schadendaten, welche nicht inflationsbereinigt sind, enthalten die Übergangsfaktoren pro Anfalljahr und auch die ermittelten Chan-Ladder-Vektoren diese Inflation, wodurch die Prognose der Best-Estimate Reserve eine Mittelung der Inflation aus der Vergangenheit beinhaltet. Auch das Risiko durch die Inflation wird aus vergangenen Schwankungen implizit berechnet.

Folgendes kann für eine explizite Berücksichtigung der Inflation genannt werden:

Der Reserveaktuar bereinigt die aggregierten Schadendaten um die Inflation und wendet nach dem Chain-Ladder-Verfahren eine prognostizierte Inflationserwartung auf den zukünftigen Cashflow an. An dieser Stelle kann auch die Volatilität der Inflation für eine explizite Berücksichtigung des Inflationsrisikos im Reserverisiko verwendet werden.

Durch die explizite Berücksichtigung der Inflation erhält man bei sich stark veränderten Indizes eine bessere Einschätzung auf den Best-Estimate Reserve und dessen Risiko. Die Inflationsbereinigung der Daten

ist zum Teil sehr aufwendig. Man benötigt mehr Information über Vertragsstrukturen und zugrundgelegte Inflationsindizes.

(c) Über die Wurzelformel kann man bei gleicher Prämien- und Reserverisikohöhe vor der Inflationsanpassung folgende Formel aufstellen:

$$\sqrt{(x)^2 + 2 \cdot 50\% \cdot (x) \cdot (x) + (x)^2} = \sqrt{3} \cdot x$$

Sowie nach Inflationsanpassung:

$$\sqrt{(110\% \cdot x)^2 + 2 \cdot 50\% \cdot (110\% \cdot x) \cdot (120\% \cdot x) + (120\% \cdot x)^2} = \sqrt{(110\%)^2 + 110\% \cdot 120\% + (120\%)^2} \cdot x$$

Das versicherungstechnische Risiko hat sich also um

$$\frac{\sqrt{(110\%)^2 + 110\% \cdot 120\% + (120\%)^2}}{\sqrt{3}} = 115.04\%$$

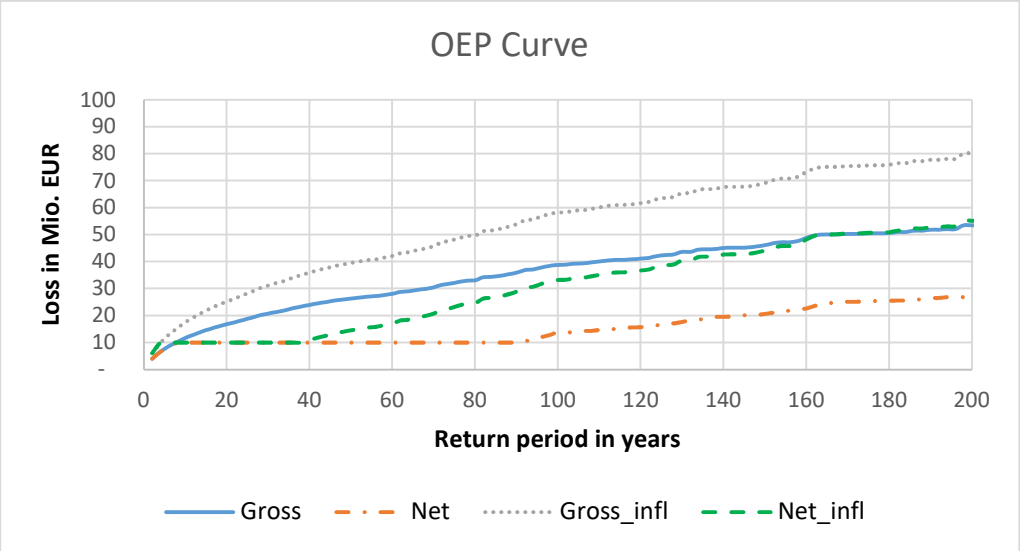
erhöht.

Aufgabe 6. *Auswirkung durch Inflation bei einem Schaden- /Unfallversicherer Risikotransfer [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

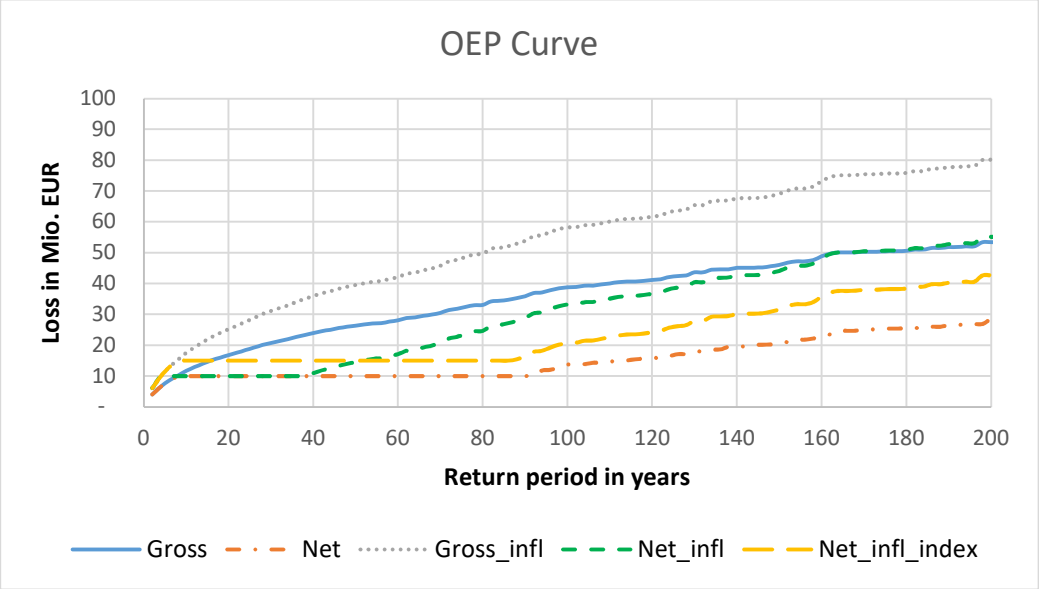
(a) Bei der Rückversicherungsstruktur handelt es sich um einen **Schaden-exzedentenvertrag**. Risiken werden hier nicht-proportional gedeckt. Die **Priorität** kann man aus dem ersten abknicken der OEP Kurve bei **10 Mio. Euro** ablesen. Die Haftungsstrecke liest man dann als Differenz der beiden Kurven am Ende des konstanten Teils der Netto Kurve bei ca. 90 Jahren ab. Hier hat die Bruttokurve einen Wert von ca. 35 Mio. Euro und die Nettokurve liegt immer noch bei 10 Mio. Euro. Die **Haftungsstrecke** ist also **25 Mio. Euro** groß.

(b) Die angepassten Kurven sehen wie folgt aus



Der Plafond wird ca. alle 40 Jahre überschritten. Vorher war dies ca. alle 90 Jahre der Fall.

(c) Die angepassten Kurven sehen wie folgt aus



Der Plafond wird hier nun wieder ca. alle 90 Jahre überschritten.

Aufgabe 7. *Rückversicherung und Verbriefung Leben [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) Die SCR-Quote errechnet sich als Verhältnis von Own Funds und dem Solvency Capital Requirement. Wir betrachten nun eine Finanzierungsrückversicherung, die so gestaltet sei, dass sie biometrische und Storno-Risiken an den Rückversicherer zediert.

Ist die an den Rückversicherer zu zahlende Gebühr sehr klein, so werden sich die Own Funds nicht stark verändern, und die SCR-Quote wird größer.

Ist (bei ansonsten gleichen Setting) die an den Rückversicherer zu zahlende Gebühr hingegen hinreichend groß, so werden sich die Own Funds deutlich reduzieren und die SCR-Quote wird kleiner.

(b) Genannt werden können z.B. zwei der folgenden Aspekte:

- Der Rückversicherer leistet Services für den Erstversicherer (z.B. in der Risiko- und Leistungsprüfung), und die Rückversicherung wird eher als Kompensation für die Services angesehen.
- Andere Metriken stehen im Vordergrund, so zum Beispiel die Steuerung des HGB-Ergebnisses oder die damit verbundene Dividendenschüttung.
- Durch Cash-Finanzierungen kann Liquidität beim Erstversicherer generiert werden, unabhängig von der Veränderung der SCR-Quote.

(c) Siehe Skript. „Proportional" bezieht sich auf die fixierte Teilung (Proportion) eines jeden einzelnen Risikos in festem Verhältnis, gegeben bei der Quote und beim Summenexzedenten. Die anderen Formen gelten als nicht-proportional.

(d) Zufall: Hier kommt es darauf an, welcher Aspekt des Zufallsrisikos betrachtet wird. Ist es das zufällige Sterben gerade der hohen Risiken, bietet der Summenexzedent einen guten Schutz; ist es das zufällige Risiko, dass besonders viele versicherte Personen versterben, so könnte eine Quote einen besseren Schutz bieten.

Katastrophe: Hier gilt selbiges wie beim Zufallsrisiko analog.

Trendrisiko: Recht guter Transfer, weil Summenexzedenten in der Regel bis zum natürlichen Auslauf (d.h. Ablauf, Tod oder Storno) der zugrundeliegenden Policen laufen. Die Quote könnte noch etwas besser schützen, weil sie auch die i.d.R. größere Anzahl von Policen unterhalb des Selbstbehalts des Exzedenten erfasst.

Irrtum: Hier kommt es darauf an, welche Irrtümer im vorliegenden RLV-Tarif entstanden sein könnten. Gab es bspw. für große Versicherungssummen spezielle Tarife, Vertriebsinitiativen, Antiselektion, niedrigere Sterblichkeitsannahmen o.ä.? Diese wären vom Exzedenten gut erfasst. Gibt es hingegen wenig Unterschiede zu den restlichen Policen, so ist das Irrtumsrisiko speziell auf die großen Policen vielleicht weniger ausgeprägt und eine Quote oder ein Stopp Loss könnten auch entsprechend Transfer leisten.

Aufgabe 8. *Traditionelle Lebensversicherung [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) 4)

(b) 1)

(c) 2)

(d) 1) 2) 3) 4)

(e) 1) 2) 3)

(f) 3)

Aufgabe 9. *Kreditrisiken [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag

(a) (5 Punkte) Da die risikofreie Zinskurve flach ist, ist der Z-Spread gleich der internen Rendite abzüglich risikofreiem Zins. Folglich ist die Sortierung gemäß Z-Spread dieselbe wie gemäß interner Rendite. Wir betrachten die Marktwerte in % des Nominals. Es gilt IR(Bond 2) > IR(Bond 3) > IR(Bond 1) > IR(Bond 4), denn:

- Bonds 2 und 3 haben denselben MV%, aber Bond 2 den höheren Kupon, also IR(Bond 2) > IR(Bond 3).
- Bonds 1 und 4 haben denselben MV%, aber Bond 1 den höheren Kupon, also IR(Bond 1) > IR(Bond 4).
- Bonds 1 und 3 haben denselben Kupon, aber Bond 3 den niedrigeren MV%, also IR(Bond 3) > IR(Bond 1).

(b) (3 Punkte) Bonds 1 und 4 haben denselben Emittenten, gemäß (a) hat Bond 1 aber ein höheres Kreditrisiko (höherer z-Spread) als Bond 4. Weil beide Bonds unbesichert sind ist anzunehmen, dass das Bond 1 eine niedrigere Seniorität hat als Bond 4. Aus demselben Grund hat Bond 2 eine niedrigere Seniorität also Bond 3. Mehr lässt sich nicht sagen.

(c) (4 Punkte)

- Bond 5 hat denselben z-Spread wir Bond 4, denn er gleicht ihm in MV% und Kupon. Bond 4 hat im Portfolio das geringste Kreditrisiko. Sowohl Region (Belgien) als auch Sektor (Staatsanleihe) von Bond 5 sind nicht im Portfolio vertreten. Es ist also ein relativ risikoarmer Bond, der das Ausfallrisiko gut diversifiziert bzw. kein Konzentrationsrisiko hinzufügt.
- Bond 6 hat denselben z-Spread wie Bond 1, denn er gleicht ihm in MV% und Kupon. Bond 1 hat welcher im Portfolio das zweitgeringste Kreditrisiko. Die Region (Italien) ist nicht im Portfolio vertreten, der Sektor (Bank) allerdings schon. Gegenüber Bond 5 ist er also riskanter und etwas schlechter diversifizierend.
- Bond 7 hat von allen betrachteten Bonds den höchsten Kupon und den niedrigsten MV%, also das höchste Kreditrisiko. Die Region (Frankreich) ist bereits im Portfolio vertreten, der Sektor (Restaurantkette) ist verwandt mit einem Sektor (Hotelkette) im Portfolio. Es

ist also ein relativ riskanter Bond, der das Ausfallrisiko nicht gut diversifiziert.

(d) (6 Punkte)

- CDS X ist eine direkte Absicherung für Bond 2 und eine semidirekte Absicherung für Bond 3
- CDS Y ist ein Proxyhedge für Bonds 1, 4 und 7, weil selbe Region und die Reisebranche mit Hotel- und Restaurantbranche verwandt ist.
- CDS Z ist ein makroökonomischer Hedge, der wenig Korrelation mit dem Portfolio aufweist.
- CDS Y wird empfohlen mit einem Nominal von mindestens 10.000
    - CDS X ist zwar am direktesten, hat aber nichts mit dem durch den Kauf entstandenen erhöhten Risiko zu tun
    - CDS Z entspricht nicht dem Absicherungsziel
    - Das Kreditrisiko im französischen Reise/Hotel/Restaurantsektor ist signifikant, denn Bond 4 hatte bereits vor der Transaktion das größte Nominal und das größte Risiko. Bond 7 hat diese Situation weiter verschärft. Betrachtet man den gesamten Sektor, so ist das Nominal von 60.000 auf 70.000 angewachsen. Ein Nominal von 10.000 würde das gestiegene Risiko „proxy"-kompensieren. Aber auch ein höheres Nominal kann angemessen sein, um das Risiko weiter zu reduzieren…

Aufgabe 10. (*Finanzielle) Klimarisiken [18 Punkte]*

Lösungsvorschlag
a) Z.B.

Physische Risiken: (Finanzielle) Risiken im direkten Zusammenhang mit den physischen Auswirkungen des Klimawandels.

Transitorische Risiken: (Finanzielle) Risiken aus der Energie- und Industriewende im Rahmen der Eindämmung des Klimawandels.

b) Z.B.

physisches Risiko → versicherungstechnisches Risiko:
Durch den Klimawandel nimmt Häufigkeit und Konzentration extremer Wetterereignisse und Naturkatastrophen zu, was zu höheren Schadensummen führt.

physisches Risiko → Kreditrisiko:
Klimawandelbedingte Schäden an Gewerbe- und Wohnimmobilien können sich negativ auf die Erfüllung von Hypothekendarlehen auswirken.

physisches Risiko → Marktrisiko:
Höhere Spreads auf Staatsanleihen von Ländern, die für die unmittelbaren Folgen des Klimawandels sehr anfällig sind.

transitorisches Risiko → versicherungstechnisches Risiko:
Aufgrund mangelnder Daten werden Prämien für Versicherungsprodukte zur Absicherung neuer, „grüner" Technologien nicht auskömmlich kalkuliert.

transitorisches Risiko → Kreditrisiko:
Fortschritte bei der industriellen Klimawende können zur Herabstufung des Ratings von Emittenten führen, deren Geschäftsmodell z.B. stark von kohlenstoffbasierter Stromerzeugung abhängig ist.

transitorisches Risiko → Marktrisiko:
Eine Erhöhung von CO_2-Steuern und/oder eine Verringerung von Emissionsrechten beeinflusst den Wert von Investitionen in kohlenstoffintensive Industriesektoren (Bergbau, Energie, Verkehr etc.).

c) Z.B.

Grundsätzlich sollten die beiden Risiken natürlich beide Sparten betreffen.

Da für Asset-Risiken die transitorischen Risiken eine größere Relevanz besitzen und da das Risiko in der Lebensversicherungssparte eher von Kapitalanlagen dominiert wird, sollte dies zu einer größeren Wirkung des transitorischen Risikos auf die Branche führen.
Das physische Klimarisiko hingegen fällt eher in das Geschäftsmodell eines Sachversicherers.

d) Z.B.

Ohne politisches Handeln werden die physischen Risiken längerfristig mehr/größer werden. Durch politisches Handeln könnten kurz- bis mittelfristig Verwerfungen in der Wirtschaft entstehen (transitorische Risiken).

CERA
Certified Enterprise Risk Actuary

DAV
DEUTSCHE
AKTUARVEREINIGUNG e.V.

Written Examination CERA Module B

Taxonomy and Modelling and Transfer of Risks

in accordance with Examination Regulations 2.0
of the *Deutsche Aktuarvereinigung* e. V.
to obtain the additional qualification CERA

on 28.10.2022

Please note:

- You may use a calculator.
- The examination has a total of 180 marks. The pass mark is 90 marks.
- Please check that your examination paper is complete. This paper consists of 15 pages.
- Give reasons for your answers. You must show your working out for any questions that involve calculations.

Members of the Examination Committee:

Prof. Dr. Hubert Bornhorn, Dr. Steve Brüske, Dr. Peter Henseler,
Dr. Ingo Kraus, Dr. Nils Langenberg, Dr. Michael Leitschkis

Question 1. *Currency risk [18 marks]*

(a) (3 marks) In simplified form two insurers have the following assets and liabilities:

Insurer A:

Assets	Liabilities
Assets in EUR: 100 million	Liabilities in EUR: 100 million
Assets in USD: 750 million	Liabilities in USD: 750 million

Insurer B:

Assets	Assets
Assets in EUR: 650 million	Liabilities in EUR: 550 million
Assets in USD: 200 million	Liabilities in USD: 300 million

Which company is exposed to currency risk? Why?

(b) (2 marks) The nominal exchange rate X between Euro and US dollar is USD 1.25 to EUR 1. The two following inflation indices for the respective currency area are as follows:

$\text{Inflationsindex}_{EUR} = 110$

$\text{Inflationsindex}_{USD} = 115$

Calculate the real exchange rate S.

(c) (5 marks) What is meant by purchasing power parity theory and to what extent does it correspond to reality? Give three arguments against the validity of purchasing power parity theory in its pure form!

(d) (8 marks) In the seminar you were introduced to a stochastic process for modelling exchange rates:

$$d\,ln(S) = \alpha\big(\mu - ln(S)\big)dt + \sigma dZ$$

with constant parameters α, μ and σ and stochastic term dZ.

Which modelling method (considering purchasing power parity theory) underlies this process? Why is the logarithm of S modelled? Give two possible answers.

Question 2. *Interest rate risk [18 marks]*

(a) (3 marks) Consider a zerobond and a bond with a 5% coupon and an annual coupon payment. Both bonds have a residual maturity of 3 years. The interest curve is 5% flat. Calculate which bond has the higher interest rate sensitivity.

(b) (4 marks) You may ignore any effects stemming from the with profits surplus participation of a personal lines insurer. You work in the Risk Management Department of an insurer. A colleague proudly informs you that, according to his calculations, the (modified) duration of the asset is almost identical to the duration of the liability. Comment on this statement. To what extent does your answer depend on the Line of Business in which you work?

(c) (5 marks) In the following you may ignore any Monte-Carlo error. In your company the value of the liabilities (BEL) is calculated by assessing the stochastic corporate model using 1000 risk-neutral simulations. You are asked to determine the effective duration of the liabilities. Describe which sensitivity runs you would perform and how you would use your results to estimate the duration. In your method what role is played by convexity of the liabilities?

(d) (6 marks) The liabilities of your company consist primarily of deferred annuities while the assets mainly consist of fixed-interest securities. This is why you analyse the interest rate and longevity sensitivities very carefully and pay particular attention to the effective durations of the assets and liabilities. State your a-priori expectations of the following comparisons and give a brief explanation in each case:

i. Basis duration of assets vs. duration of assets in sensitivity to rising interest rates

ii. Basis duration of liabilities vs. duration of liabilities in sensitivity to rising interest rates

iii. Basis duration of assets vs. duration of assets in sensitivity to rising longevity (aka sensitivity to declining mortality)

iv. Basis duration of liabilities vs. duration of liabilities in sensitivity to rising longevity.

Question 3. *Life Underwriting [18 marks]*

As a recently qualified chartered CERA you have just changed employer and are now taking up your new position. You are not very familiar with the company's products and existing portfolio.

(a) (10 marks) Your boss informs you about two different portfolios from term life insurance that are the same size (same number of insured persons with the same total sum insured). He asks you whether, for simplicity and without studying the two portfolios in more detail, the two portfolios can be considered to be identical from a risk point of view. What do you reply?

Think of at least 4 conceivable differences in the portfolios and then explain how these impact on underwriting risk.

(b) (8 marks) After you have considered the two portfolios you begin modelling. For the purposes of this question you are working with the Solvency II Standard Model. As with question 3(a) you are looking at term insurance portfolios.

Name the risk drivers from the Solvency II risk tree into which the Life Module is generally sub-divided. In this example (i.e., term life insurance) which of the drivers are more relevant and which less relevant?

Briefly describe the relevant drivers and how the scenarios used in them work.

Please Note: To answer this question you are not required to state the exact percentages of the shocks when describing the risk drivers.

Question 4. *Risk aggregation [18 marks]*

(a) (6 marks) Euler allocation of a normal distribution:

First consider these three (notional) multivariate normally-distributed risks R_1, R_2, R_3. The correlation of R_1 and R_2 is 75%. R_3 is uncorrelated to R_1 and R_2, i.e., this correlation is 0%.

In this case the Euler allocation corresponds to the co-variance allocation

$$R_i^{div} = \frac{\mathrm{cov}[R_i, R]}{\mathrm{var}[R]} * \mathrm{VaR}[R] = \frac{\sum_{j=1}^{3} \rho_{ij} * \mathrm{VaR}[R_i] * \mathrm{VaR}[R_j]}{\mathrm{VaR}[R]}$$

where ρ_{ij} denotes the correlation coefficients of R_i and R_j, and VaR denotes the Value-at-Risk of the single risks R_1, R_2, R_3 and/or the total risk $R=R_1+R_2+R_3$.

For two different risk distributions calculate the allocated (diversified) risk contributions marked **xx** in the following table of the three single risks R_1, R_2, R_3 and their differences. Round up all your results to whole numbers.

		Case 1		Case 2		Difference	
		Undiv.	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**	**Undiv.**	**Div.**
R_1		150	**xx**	50	**xx**	-100	**xx**
R_2		10	**xx**	10	**xx**	0	**xx**
R_3		50	**xx**	50	**xx**	0	**xx**
Sum		210	165	110	76	-100	-89
Div.	**abs.**	-45		-34		11	
	rel.	21%		30%		9%	
R		165		76		-89	

(b) (7 marks) An insurance company that uses an internal model to calculate its SCR wants to reduce its SCR. Because the interest rate sensitivity of the company's liabilities is higher than that of its assets the company has examined how investing in long-term bonds would have an impact on its risk situation. The table below contains the appropriate SCR results before and after extending the duration of the assets with the diversified single risks being determined using Euler allocation.

SCR in € mln.	Before Duration Extension		After Duration Extension		Difference	
	Undiv.	Div.	Undiv.	Div.	Undiv.	Div.
Market Risks (sum)	**250**	**165**	**225**	**137**	**-25**	**-28**
Equity Risk	50	30	50	33	0	3
Spread Risk	70	40	75	45	5	5
IR Volatility Risk	10	5	10	4	0	-1
Interest Rate (IR) Risk	120	90	90	55	-30	-35
Default Risk	**20**	**8**	**20**	**10**	**0**	**2**
UW Risks (sum)	**120**	**50**	**120**	**55**	**0**	**5**
Lapse Risk	35	10	35	11	0	1
Longevity Risk	60	35	60	38	0	3
Mortality Risk	25	5	25	6	0	1
Operational Risk	**40**	**15**	**40**	**16**	**0**	**1**
Abs. Diversification	**-192**		**-187**		**5**	
Rel. Diversification	**45%**		**46%**		**2%**	
SCR	**238**	**238**	**218**	**218**	**-20**	**-20**

Interactions between assets and liabilities, such as those that may arise through with-profits surplus participation, for example, may be ignored. The same goes for non-linear contributions and deferred taxes. Further risks not listed in the table, are not relevant for the company.

Briefly explain, using the results from part 4(a) above, the development of the risks (diversified and undiversified) as well as the change in the overall diversification effect. In your answer, summarise all risks that have the same development.

(c) (3 marks) Using the table above propose an alternative option to reduce or transfer risk that is not aimed at the company's interest rate risk. Give a brief explanation for your chosen proposal and whether any potential impact on the calibration or modelling in the internal model could arise as a result.

(d) (2 marks) Assume that the company is part of a Group and that the internal model is a Group simulation model. Give a brief explanation of why this could affect the selection of the risk to be reduced or the ensuing impact on the modelling.

Question 5. *Impact of inflation at a property/casualty insurer [18 marks]*

Feldafinger Brandkasse is also affected by rising inflation. In addition to adjustments to its pricing and claims reserving the Risk Management function, too, have to think about the parameters of the internal model.

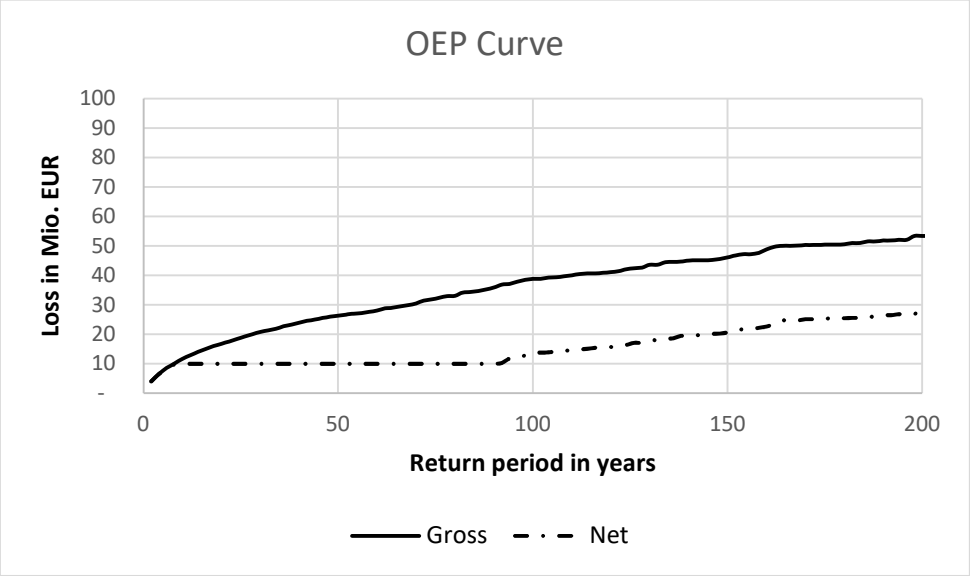
(a) (7 marks) Briefly describe the steps that must be taken to obtain simulated large losses from raw data. Make particular reference to the distribution of the number of losses and loss amounts and in each case describe how the issue of inflation is considered.
Please Note: Consider especially data preparation / processing

(b) (6 marks) Explain, for reserve risk, how loss inflation can be applied both implicitly and explicitly when parameters are being set if a chain ladder method is used.

(c) (5 marks) You have now determined a 10% higher premium and a 20% higher reserve risk. By how many percent does the underwriting risk increase if you assume a correlation of 50% and that the premium and reserve risk were at the same level before any adjustment for inflation.
Please Note: Calculate using the Gaussian square root formula and state the increase as a percentage to two decimal places.

Question 6. Impact of *inflation at a property/casualty insurer Transfer of Risk [18 marks]*

Insecurity over rapidly rising inflation is also having an impact on risk transfer. For your CRO you have been asked to explain the impact of a rise in inflation on the existing reinsurance structure. To do so you use the following OEP curves.



(a) (6 marks) Firstly describe what type of reinsurance structure it appears to be and what treaty conditions you can interpret from the curve.

(b) (6 marks) Now assume that, over the next 5 years, you will have a rise in inflation of around 50% in total on loss amounts, which will initially not yet have an impact on the reinsurance structure (without a stability clause). Draw the new gross and net curve that will be produced by the overall rise in inflation. With what return period is the complete cover exceeded?
Please Note: When drawing your new curve please do not write on the question paper.

(c) (6 marks) Now assume that there is a FIC (Full Index Clause) in the reinsurance treaty meaning that the expected inflation will have a 100% impact on the priority and liability cover. Draw the appropriate curve on your diagram. With which return period will the complete cover now be exceeded?
Please Note: As in the lecture notes use a simplified application of the FIC and priority under which no losses have yet been paid out and consist completely of reserves.

Question 7. *Reinsurance and Securitisation Life [18 marks]*

You work for a medium-sized life insurer and have been tasked with thinking about reinsuring the portfolio.

(a) (4 marks) First of all you are asked to briefly explain the impact of reinsurance on the SCR ratio in general.

Use the general formula for the SCR ratio and outline, using an example of your choice, that the SCR ratio can increase or decrease as a result of reinsurance.

(b) (2 marks) Give two reasons why an insurance company would still choose to take out a reinsurance contract even though doing so it would negatively impact the SCR ratio.

(c) (4 marks) You will recall the key words stop loss, quota share, surplus and WXL.

Briefly describe the above forms of life reinsurance and briefly outline which of the reinsurance solutions are designated as proportional or non-proportional and why.

(d) (8 marks) Your board now asks you to analyse, for a surplus share of the company's business with conventional term life insurance policies, what effect this would have on the underwriting risk in the company.

You remember the four components of underwriting risk discussed in the seminar and decide to use this list as the structure for your analysis.

Comment on the way of working and effectiveness of a surplus share with regard to these four components of underwriting risk.

If, for the single risk components, you come to the conclusion that another form of reinsurance (as listed in Question 7(c)) is more suited for the risk transfer then state which form this is and give a brief explanation for your answer.

Question 8. *Traditional Life Insurance [18 marks]*

Multiple Choice: For each correct answer there are 3 marks; for each incorrect answer 3 marks will be deducted. The total number of marks will be at least 0. It is possible that within one question more than one of the possible answers is correct and in this case all possible answers must be given.

Please use the answer sheets provided

Initial situation

A company that has primarily traditional life insurance business in its books has the following risk mix (measured in SCR):

- Interest down risk (30)
- Spread risk (40)
- Lapse (15)
- Mortality (1)

Own Funds are 100.

(a) (3 marks) Assume the insurer reduces the duration gap by selling and reinvesting the entire bond portfolio. What will happen to the interest and spread risk (in absolute terms if the credit rating of the fixed-interest bonds is maintained)?

1) Interest risk increases, spread risk increases
2) Interest risk increases, spread risk decreases
3) Interest risk increases, spread risk unchanged
4) Interest risk decreases, spread risk increases
5) Interest risk decreases, spread risk decreases
6) Interest risk decreases, spread risk unchanged

(b) (3 marks) The insurer wishes to invest in receiver swaptions. If it wishes to pay as little as possible, which combination of parameters should be selected:

1) Low strike, short option term
2) High strike, short option term
3) High strike, long option term
4) Low strike, long option term

After hedging using receiver swaptions, the risk mix (measured in SCR) is now as follows:

- Interest up risk (5)
- Spread risk (50)
- Lapse (20)
- Mortality (2)

Own Funds have also changed as a result of the hedging and are now 110.

(c) (3 marks) Why could the Own Funds have increased?

1) Increase in market value of the assets because of the hedging
2) Value of the Best Estimate provision has reduced
3) Reduction of the risk margin
4) None of the above

(d) (3 marks) How could the interest rate risk (now interest up) be reduced?

1) Purchase payer swaptions
2) Sell a proportion of the receiver swaptions again
3) Close the duration gap using payer swaps
4) Close the duration gap by restructuring the fixed-interest securities into shorter maturities

(e) (3 marks) How can the hedging be designed more favourably (if one accepts that, in doing so, some of the hedging is sacrificed)

1) Short position in payer swaptions with a higher strike

2) Reduce the strike of the receiver swaptions

3) Short position in receiver swaptions with a lower strike

(f) (3 marks) The level of the interest rate is flat at 1.5%. Which option should the insurer purchase if, in 5 years, it wishes to purchase a bond with a 10-year residual term and a coupon of 1% - regardless of how high the market value of the bond will be in 5 years?

1) Receiver swaption with option term of 10 years and swap term of 5 years, strike 1%

2) Payer swaption with option term of 5 years and swap term of 10 years, strike 1%

3) Receiver swaption with option term of 5 years and swap term of 10 years, strike 1%

4) Receiver swaption with option term of 5 years and swap term of 10 years, strike 1.5%

Question 9. *Credit risk [18 marks]*
All bonds under consideration have annual coupon payments, the same residual term and no embedded options. The risk-free yield curve is flat. The portfolio of the Investment Department consists of the bonds from Table 1.

(a) (5 marks) Allocate the bonds in Table 1 according to their Z-spread.

(b) (3 marks) All the bonds in Table 1 are unsecured. What can you say about the seniority of the bonds?

(c) (4 marks) Your Investment Department is considering purchasing a further bond from Table 2. For each bond, discuss the credit-risk-related aspects of the purchase for the overall portfolio.

(d) (6 marks) The Investment Department has opted for Bond 7, they consider it low priced, and has purchased 10,000 notional. As Risk Manager you approve the purchase subject to the condition that the increased credit risk of the portfolio be mitigated by purchase of a CDS. Table 3 lists the CDS that are available. For each one discuss the hedging properties in the context of the existing positions. Which CDS and which CDS-notional do you recommend? Give reasons for your answer.

Table 1

Bond	Nominal	Mkt Value	Coupon	Issuer
1	20.000	22.000	2,5%	French Hotel Chain xyz
2	15.000	15.750	3,0%	Spanish Bank abc
3	25.000	26.250	2,5%	Spanish Bank abc
4	40.000	44.000	2,0%	French Hotel Chain xyz

Table 2

Bond	Issuer	Coupon	MV%
5	State of Belgium	2,0%	110,0%
6	Italian Bank	2,5%	110,0%
7	French Restaurant Chain	4,0%	100,0%

Table 3

CDS	Reference Obligation	Reference Entity
X	Bond 2	Spanish Bank abc
Y	Bond 8	French Tour Operator
Z	Bond 9	State of Germany

Question 10. (*Financial) Climate risks [18 marks]*

As discussed in the seminar (financial) climate risks are generally divided into physical and transition climate risks.

(a) (3 marks) Define these two sub-categories of climate risk.

(b) (9 marks) Explain how these two risks can cause other risks from the categories of underwriting risk, credit and market risk. Describe one example of a physical and one example of a transition risk and explain how this can lead to an underwriting risk / credit or market risk (Give one example for each combination, i.e., six examples in total).

(c) (3 marks) Describe the relevance of physical and transition climate risk for life and property/casualty (non-life) insurers.

(d) (3 marks) Discuss the risks by time frame (short-, medium- and long-term) of physical and transition climate risks.

CERA
Certified Enterprise Risk Actuary

DAV
DEUTSCHE
AKTUARVEREINIGUNG e.V.

Written Examination CERA Module B

Taxonomy and Modelling and Transfer of Risks

in accordance with Examination Regulations 2.0
of the *Deutsche Aktuarvereinigung* e. V.
to obtain the additional qualification CERA

on 28.10.2022

Model Answers

Please note:

- You may use a calculator.
- The examination has a total of 180 marks. The pass mark is 90 marks.
- Please check that your examination paper is complete. This paper consists of 15 pages.
- Give reasons for your answers. You must show your working out for any questions that involve calculations.

Members of the Examination Committee:

Prof. Dr. Hubert Bornhorn, Dr. Steve Brüske, Dr. Peter Henseler,
Dr. Ingo Kraus, Dr. Nils Langenberg, Dr. Michael Leitschkis

Question 1. *Currency risk [18 marks]*

Model answer

(a) Investments in a foreign currency do not per se represent a currency risk. The currency risk arises through an incongruence between assets and liabilities. Thus, there is no currency risk for insurer A but there is a risk for insurer B.

(b) Let

$$S = X \cdot \frac{Inflationsindex_{EUR}}{Inflationsindex_{USD}} = 1{,}25 \cdot \frac{110}{115} \approx 1{,}1957$$

(c) Purchasing power parity theory (PPP): the exchange rates between two currencies fluctuate in order to compensate for the price differences in the currency areas. It should, in theory, be possible to acquire every good for the same price in every currency area.

Arguments against PPP are, for example,

- customs duties, transport costs
- national trade restrictions
- The theory is problematical when the exchange rate cannot fluctuate freely, i.e., when one country fixes its own currency in relation to another.

(d) With strict PPP the nominal exchange rate would only fluctuate in order to keep the real exchange rate constant. In order to capture the deviations from PPP existing in real life we could use a mean reversion around a "mean exchange rate" (1st term behind the equals sign in the model equation).

By using the logarithm there is only, for example, a sign difference between the two notations EUR/USD and USD/EUR of the pair of currencies EUR and USD. In this way, the stochastic process for, for example, EUR/USD identical in construction with that for USD/EUR:

$$d\,ln\left(\frac{1}{S}\right) = -d\,ln(S) = -\alpha\big(\mu - ln(S)\big)dt - \sigma dZ = \alpha\left(-\mu - ln\left(\frac{1}{S}\right)\right)dt + \sigma d(-Z)$$

(with $-\mu$ as (logarithmic) mean exchange rate for the other exchange rate notations and –Z as Brownian Motion). A further reason is the non-negativity of the exchange rate.

Question 2. *Interest rate risk [18 marks]*

Model answer

(a) The interest rate sensitivity of the two bonds can be assessed using their modified durations.

The modified duration of the zerobond is M_Z = ((3 * 100 / 1.05^3) / (100 / 1.05^3)) / 1.05 = 2.86

The modified duration of the coupon bond is

M_K = ((5 / 1.05 + 2*5 / 1.05^2 + 3 * 105 / 1.05^3) / 100) / 1.05 = 2.72.

The interest rate sensitivity of the zerobond is higher since M_Z > M_K.

(b) In reality this is not good news because it would have made economic sense to immunise the surplus. In order to achieve this goal a different duration of the asset should have been aimed at:

DA = (Liabilities / Assets) x DL

(here DA denotes the duration of the assets and DL denotes the duration of the liabilities).

Depending on the LoB the error arising from not considering the quotient (liabilities / assets) would be different – in life assurance this error would tend to be smaller since the quotient in question would be closer to 1.

(c) For this purpose, we need two interest rate sensitivities, namely sensitivity to rising interest rates and sensitivity to falling interest rates both with the same marginal deviation of around 10 basis points. With the help of the results of these sensitivities we can calculate the effective duration of the liabilities as follows:

DL = (BEL(interest + 10bp) – BEL(interest – 10bp)) / (20bp * BEL(Basis))

Note that, because of the convexity of the liabilities, we should not work with a greater interest deviation such as 100bp, for example.

(d)

i. Shorter duration of the assets in the case of interest-up sensitivity since most bonds have a positive convexity.

ii. Shorter duration of the liabilities in the case of interest-up sensitivity since liabilities usually have a positive convexity.

iii. Same duration of the assets in the case of mortality-up sensitivity since, on the cut-off date, the assets do not change because of this sensitivity.

iv. Shorter duration of the liabilities in the case of mortality-up sensitivity since greater longevity will lead to a deferment of, and increase in, payments to the policyholder in the distant future.

Question 3. *Life Underwriting [18 marks]*

Model answer

(a) The following could be given, for example:

- The composition of the portfolios could differ in terms of age. COVID-19 has shown that age plays a decisive role for risk in a pandemic → different in catastrophe risk.

- The portfolios could differ in terms of the individual sums insured. The sums may be identical but one portfolio may have few peak risks and many smaller risks. → vulnerability to risk of random fluctuation.

- The portfolios could have different reinsurance arrangements. Depending on the reinsurance structure this can have a differing impact on all components of underwriting risk.

- The portfolios could differ in terms of their residual terms. In an extreme case one portfolio (e.g., group insurance) could be in its final year and is thus almost immune to trend risk / change risk. Portfolios with longer residual terms are, on the other hand, vulnerable to trends (e.g., obesity).

- An example for error risk would be, for instance, if the portfolios have undergone different underwriting. Strict underwriting should usually result in lower mortality (at least in the selection phase) and thus in greater immunity to error risk.

Other examples are also permissible (different sales channels, different genders against the background of gender-neutral pricing,…).

(b) As outlined in the lecture notes, the Life module is divided into the following risk drivers:

- Mortality: very relevant here since it is the dominant risk in term insurance. Scenario: across-the-board percentual increase in mortality.

- Longevity: not relevant here since a reduction in mortality would not place a strain on the term life portfolios.

- Disability / Morbidity: not relevant here since no payments are triggered as a result

- Lapse: relevant because lapses mean that future risk gains are lost , (can be offset somewhat by lapse gains). Impact of lapse shock is determined as the maximum of mass lapse (1-year shock), Lapse Up (lasting increase in lapse rates) and lapse down (lasting decline in lapse rates though this is probably less relevant here).

- Cost risk: cannot be assessed conclusively given the information provided. Depends on the cost situation, cost inflation and similar. It can thus be considered relevant or not relevant.

- Revision risk: affects annuity payments so there is no relevance here.

- CAT: pandemic risk, functions via a one-year shock in mortality (1.5 per thousand for all ages) and thus results in increased payments in term life insurance. Any impact will depend on the ages of the insureds but it is essentially relevant in term life insurance.

Question 4. *Risk aggregation [18 marks]*

Model answer

(a) With the formula given the allocated risks for R_1 are calculated as follows:

Case1: $R_1^{div,1} = (150^2 + 75\% * 150 * 10)/165 = 143$

Case2: $R_1^{div,2} = (50^2 + 75\% * 50 * 10)/76 = 38$

$$R_1^{div,2} - R_i^{div,1} = -105$$

Similarly, one arrives at the following for R_2 and R_3

$$R_2^{div,1} = 7 \quad , \qquad R_2^{div,2} = 6 \quad , \qquad R_2^{div,2} - R_2^{div,1} = -1$$

$$R_3^{div,1} = 15 \quad , \qquad R_3^{div,2} = 33 \quad , \qquad R_3^{div,2} - R_3^{div,1} = 18$$

(b) As can be seen in Question 4 (a) the absolute overall diversification may decline if the sum of the individual risks drops but the relative usually increases if a previously dominant risk declines as, in this case, the interest rate risk, and the risks are more evenly distributed.

Also, the allocated contribution of the previously clearly dominant interest rate risk can, similarly to R_1 in 4 (a) drop more considerably as a result than the individual risk itself.

The allocated contribution of the in itself rather insignificant interest rate volatility risk drops following an extension of the duration. This could point to a high correlation to interest rate risk in the internal model, meaning that the higher contribution of the risk to the total risk arose through it being coupled to the dominant risk, comparable to R_2 in 4 (a).

Extending the duration not only increases the interest rate sensitivity but also the spread risk. Furthermore, one must consider that the allocated contributions typically increase if the dominant risk is reduced, and if no strong correlation to it can be observed as in R_3 in 4 (a). Therefore, the allocated contribution of the spread risk increases to the same extent as the individual risk.

For all other risks the individual risks remain the same and the effect previously described for R_3 in 4 (a) remains.

(c) For the purposes of reducing the risk it is appropriate to take those risks that have a considerable allocated (diversified) contribution. Possible risks are (selecting one risk and a risk reduction method is sufficient):

- Equity risk: reduces exposure – this usually has no impact on the internal model or any potential loss of modelled risk factors in case the appropriate exposure was completely immaterial.

  An alternative would be an equity hedge as a risk transfer – here the basis risk arising as a result, if relevant, or lapse risks may have to be remodelled and appropriate risk factors may have to be included.

- Spread risk: restructuring into lower-risk bond classes or a hedge. Modelling impact similar to that for equities; the lower-risk bond classes may have to be modelled more precisely if they were originally only modelled simply because they were immaterial.

- Longevity: Here reinsurance or perhaps an alternative form of risk transfer (securitisation, swap) can be used. This could affect, among others, lapse risk or also basis risk in the event of an alternative risk transfers

(d) Since risks at single company and group level usually have different diversification, it may be attractive, from a Group perspective, to select a different risk than would be the case from a purely single company perspective. Depending on which method of risk transfer is selected, e.g., internal reinsurance, modelling of internal group relations may be affected or may be necessary.

Question 5. *Impact of inflation at a property/casualty insurer [18 marks]*

Model answer

(a) The following steps must be stated

1. Identify any accumulation

If two or more losses are linked (for example, property damage and business interruption) these should be combined for the purposes of correctly reflecting the loss.

2. Quality assurance of any loss data

Losses that are not true large losses (for example, collective settlements) should not be used for setting the large loss parameters.

3. Adjusting loss data for inflation

Losses should be adjusted for inflation for the year to be simulated using an **appropriate inflation index**. This can be done according to accident year, reporting year and posting year, for example.

4. Development of loss data

Open losses / claims should be developed to settled status. For example, with a paid or an incurred development.

5. Determine the large loss threshold

Set the threshold for separating large losses from attritional losses

6. Determine exposure information per accident year

Premiums or sums insured can be used, for example, to scale the number of losses for the year to be simulated. However, these should be **adjusted for inflation** beforehand.

7. Set parameters for distribution of number of losses

Use the scaled number of losses per accident year in order to set parameters for a binomial, negative binomial or Poisson distribution using the method of moments.

8. Set parameters for distribution of loss amounts

Determine estimated values for the parameters (e.g., using method of moments or of maximum likelihood), in order to determine appropriate distributions using statistical tests, QQ plots, PP plots.

9. Simulate the distribution of number of losses

Determine the simulated number of losses by using the inversion method on the parameterised distribution of the number of losses

10. Simulate the distribution of loss amounts

Determine the simulated loss amount per simulated loss using the inversion method on the parameterised distribution of loss amounts and, if appropriate, **using future inflation**.

(b) The following can be stated for an implicit consideration of inflation:

If a Reserving Actuary uses aggregated loss data in the chain ladder method that have not been adjusted for inflation then the transitional factors per accident year and also the chain ladder vectors will contain this inflation, meaning the forecast of the best estimate reserve will include an average of the inflation from the past. Also, the inflation risk is implicitly calculated from prior fluctuations.

The following can be stated for an explicit consideration of inflation:

The Reserving Actuary adjusts the aggregated loss data for inflation and applies, using the chain ladder method, a forecast inflation expectation to the future cash flow. At this point the volatility of inflation can also be used for the explicit consideration of inflation risk in reserving risk.

By explicitly considering inflation one obtains, in the event of drastically changed indices, a better estimation of the Best-Estimate reserve and its risk. Adjusting data for inflation can be very complex and time consuming. One requires more information about contract structures and underlying inflation indices.

(c) Using the square root formula one can produce the following formula assuming the same level of premium and reserve risk before adjustment for inflation:

$$\sqrt{(x)^2 + 2 \cdot 50\% \cdot (x) \cdot (x) + (x)^2} = \sqrt{3} \cdot x$$

as well as after adjustment for inflation:

$$\sqrt{(110\% \cdot x)^2 + 2 \cdot 50\% \cdot (110\% \cdot x) \cdot (120\% \cdot x) + (120\% \cdot x)^2}$$
$$= \sqrt{(110\%)^2 + 110\% \cdot 120\% + (120\%)^2} \cdot x$$

The underwriting risk has thus increased by

$$\frac{\sqrt{(110\%)^2 + 110\% \cdot 120\% + (120\%)^2}}{\sqrt{3}} = 115.04\%$$

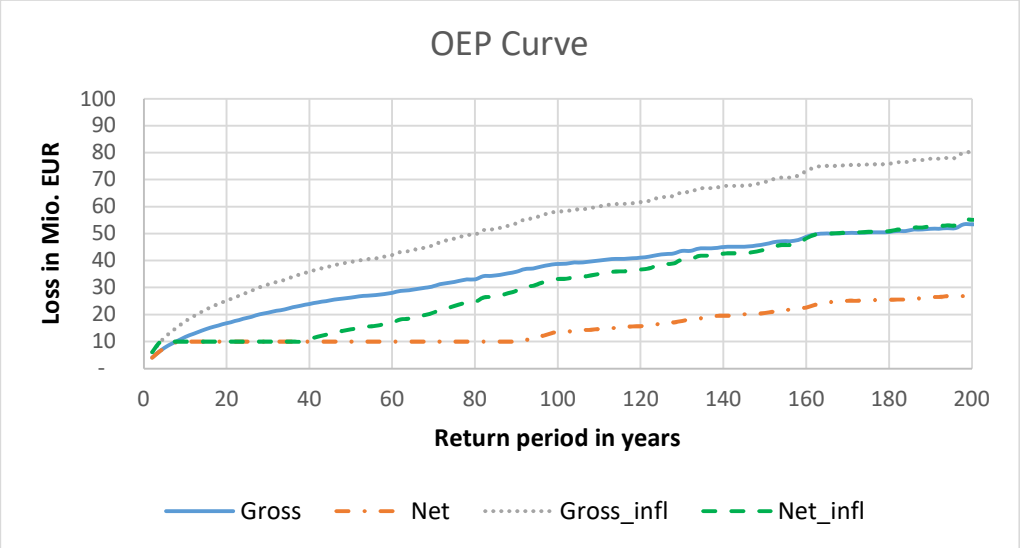
.

Question 6. Impact of *inflation at a property/casualty insurer Transfer of Risk [18 marks]*

Model answer

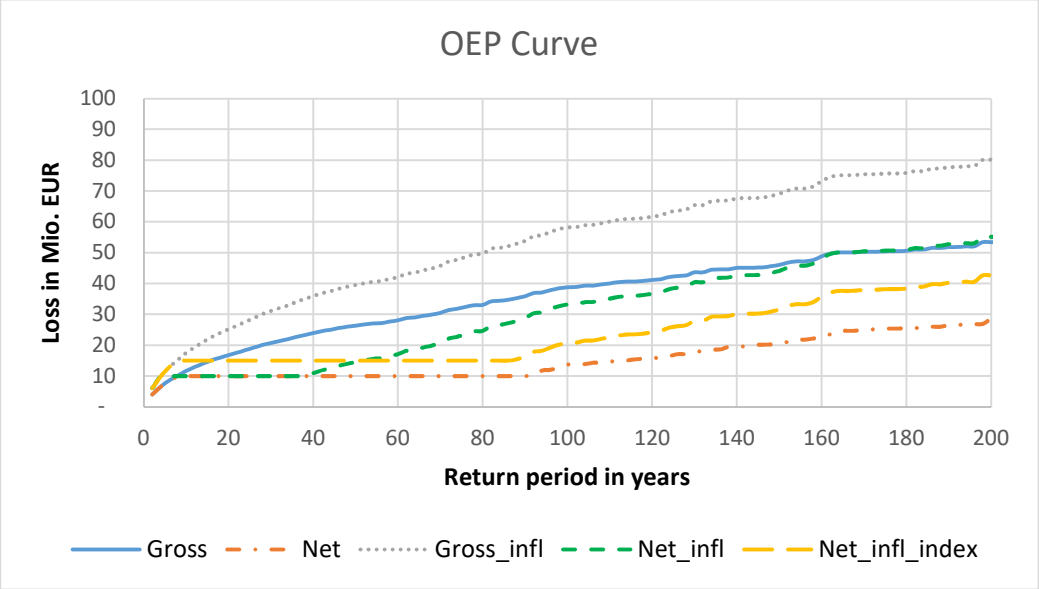
(a) The reinsurance structure is an **Excess of Loss treaty**. Risks are covered non-proportionally. The **priority** can be seen from the first 'deviation' in the OEP curve at **10 million euros**. The liability cover can be derived from the difference in the two curves at the end of the constant part of the net curve at approx. 90 years. Here the gross curve has a value of approx. 35 million euros and the net curve is still 10 million euros. The **liability cover** is thus **25 million euros**.

(b) The adjusted curves are as follows



The ceiling is exceeded about every 40 years. Previously it was about every 90 years.

(c) The adjusted curves are as follows



Here the ceiling is now exceeded about every 90 years again.

Question 7. *Reinsurance and Securitisation Life [18 marks]*

Model answer

(a) The SCR ratio is calculated as a ratio of Own Funds and the Solvency Capital Requirement. We now consider a financing reinsurance that is designed so as to cede biometric and lapse risks to the reinsurer.

If the fee payable to the reinsurer is very low then the Own Funds will not change considerably and the SCR-ratio will be higher.

If the fee payable to the reinsurer is sufficiently high on the other hand (assuming the rest of the setting remains the same), then the Own Funds will reduce considerably and the SCR-ratio will be lower.

(b) Two of the following aspects could be mentioned, for example:

- The reinsurer provides services for the primary insurer (e.g., underwriting and claims management), and the reinsurance is rather seen as compensation for these services.
- Other metrics have priority, for example steering the HGB (German GAAP) results or the associated dividend payment.
- Cash-financing can generate liquidity for the primary insurer, regardless of the change to the SCR ratio.

(c) See lecture notes. "Proportional" refers to the fixed proportion of each individual risk in a fixed relation, given with the quota share and the surplus share. The other forms are considered non-proportional.

(d) Random fluctuation: Here it depends which aspect of random fluctuation risk is being considered. If it is the random death of the high risks then surplus share provides good cover; if it is the random risk that a particularly high number of insured persons die then a quota share could offer better cover.

Catastrophe: Here the same applies as with random fluctuation risk.

Trend risk: This should in general be a good transfer because surplus shares usually run to the natural expiry (i.e., expiry, death or

cancellation) of the underlying policies. A quota share might even offer better protection as it also covers the (usually larger number of) policies below the retention of the surplus.

Error: Here it depends which errors could have arisen in the term life tariff. Were there, for example, for high sums insured special tariffs, sales initiatives, adverse selection, lower mortality assumptions or similar? These would be well covered by the surplus. If, on the other hand, there are few such differences from the larger policies to the remaining policies then error risk related to larger policies is perhaps less likely, and a quota share or stop loss could also provide appropriate risk transfer.

Question 8. *Traditional Life Insurance [18 marks]*

Model answer

(a) 4)

(b) 1)

(c) 2)

(d) 1) 2) 3) 4)

(e) 1) 2) 3)

(f) 3)

Question 9. *Credit risk [18 marks]*

Model answer

(a) (5 marks) Since the risk-free curve is flat the Z-spread is the same as the internal yield less the risk-free interest. Consequently, allocation according to the Z spread is the same as according to the internal yield. We are considering the market values as a % of the nominal. Let IR(Bond 2) > IR(Bond 3) > IR(Bond 1) > IR(Bond 4), since:

- Bonds 2 and 3 have the same MV%, but Bond 2 has the higher coupon therefore IR(Bond 2) > IR(Bond 3).
- Bonds 1 and 4 have the same MV%, but Bond 1 has the higher coupon therefore IR(Bond 1) > IR(Bond 4).
- Bonds 1 and 3 have the same coupon but Bond 3 has the lower MV%, therefore IR(Bond 3) > IR(Bond 1).

(b) (3 marks) Bonds 1 and 4 have the same issuer, according to Question 9 (a) above Bond 1 has a higher credit risk (higher Z-spread) than Bond 4. Because both bonds are unsecured one can assume that Bond 1 has a lower seniority than Bond 4. For the same reason Bond 2 has a lower seniority than Bond 3. It is not possible to draw any further conclusions.

(c) (4 marks)

- Bond 5 has the same Z-spread as Bond 4, because it is the same in terms of MV% and coupon. In the portfolio, Bond 4 has the lowest credit risk. Both the region (Belgium) and the sector (government bond) of Bond 5 are not present in the portfolio. It is therefore a relatively low-risk bond which diversifies the default risk well and/ or does not add any concentration risk.
- Bond 6 has the same Z-spread as Bond 1 because it is the same in terms of MV% and coupon. In the portfolio Bond 1 hat the second-lowest credit risk. The region (Italy) is not present in the portfolio, though the sector (banking) is. Compared to Bond 5 it is therefore riskier and somewhat less well diversified.
- Of all the bonds under consideration Bond 7 has the highest coupon and the lowest MV%, thus constituting the highest credit risk. The region (France) is already present in the portfolio, the sector (restaurant chain) is linked to a sector (hotel chain) in the portfolio. It is

thus a relatively risky bond that does not diversify the default risk well.

(d) (6 marks)

- CDS X is a direct hedge for Bond 2 and a semi-direct hedge for Bond 3
- CDS Y is a proxy hedge for Bonds 1, 4 and 7 because of the same region and the travel industry is linked to the hotel and restaurant sectors.
- CDS Z is a macro-economic hedge that displays little correlation with the portfolio.
- CDS Y is recommended with a nominal of at least 10,000
    - CDS X may be the most direct but has nothing to do with the increased risk arising from the acquisition
    - CDS Z does not meet the hedging objective
    - The credit risk in the French travel/hotel/restaurant sector is significant since Bond 4 already had the highest nominal and greatest risk prior to the transaction. Bond 7 exacerbates this situation further. If one considers the entire sector then the nominal has increased from 60,000 to 70,000. A nominal of 10,000 would "by proxy" compensate for the increased risk. But a higher nominal can be suitable to reduce the risk further.

Question 10. (*Financial) Climate risks [18 marks]*

Model answer
a) e.g.,

Physical Risks: (Financial) risks that have a direct connection to the physical impacts of climate change.

Transitional Risks: (Financial) risks arising from energy and industrial transition as part of attempts to curb climate change.

b) e.g.,

Physical risk → Underwriting risk:
Climate change means the frequency and concentration of extreme weather events and natural catastrophes is increasing, which results in higher claims amounts.

Physical risk → Credit risk:
Climate change related damage to commercial and residential property may have a negative impact on mortgages.

Physical risk → Market risk:
Higher spreads on government bonds from countries that are vulnerable to the direct consequences of climate change.

Transitional risk → Underwriting risk:
Owing to a lack of data, premiums for insurance products to protect new "green" technologies will not be calculated adequately.

Transitional risk → Credit risk:
Progress in industrial climate transition may lead to the downgrading of ratings of issuers whose business model is, for example, strongly dependent on carbon-based energy production.

Transitional risk → Market risk:
Increased CO_2 taxes and/or a reduction in emission rights could affect the value of investments in carbon-intensive industries (mining, energy, transport etc.).

c) e.g.,

Basically, both risks could of course affect both Lines of Business.

Because the transitional risks are more relevant for asset risks and because the risk in the Life LoB is more dominated by investments this should mean that transitional risks will have a more significant impact on the industry.
Physical climate risk, on the other hand, is more likely to affect the business model of a property/casualty (non-life) insurer.

d) e.g.,

Without political action the physical risks will increase / become more serious in the longer term. Political action could give rise to short or medium term distortions in the economy (transitional risks).