

Quantifizierung des operationellen Risikos in Versicherungsunternehmen

Sinnhaftigkeit und Machbarkeit mathematischer Ansätze

Andreas Schlögl und Oliver Knüttel, Ernst & Young

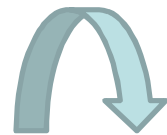
Themenschwerpunkte

- Definition und Einordnung operationeller Risiken in Versicherungsunternehmen
- Behandlung des operationellen Risikos im SST und unter Solvency II
- Solvency II Standardformel und Säule 2 Anforderungen zu operationellen Risiken
- Forderungen und Herausforderungen bei der Quantifizierung
- Einsatz simulationsbasierter Modelle zur Quantifizierung operationeller Risiken
 - Verlustdatenbasierte Ansätze
 - Szenariobasierte Ansätze
- Fazit

Grundsatzfragen

1. Gibt es externe Zwänge zur Quantifizierung von operationellen Risiken?
2. Wer hält eine Quantifizierung operationeller Risiken für sinnvoll?
3. Wer glaubt an die Möglichkeit einer plausiblen Quantifizierung von operationellen Risiken?

Vorher



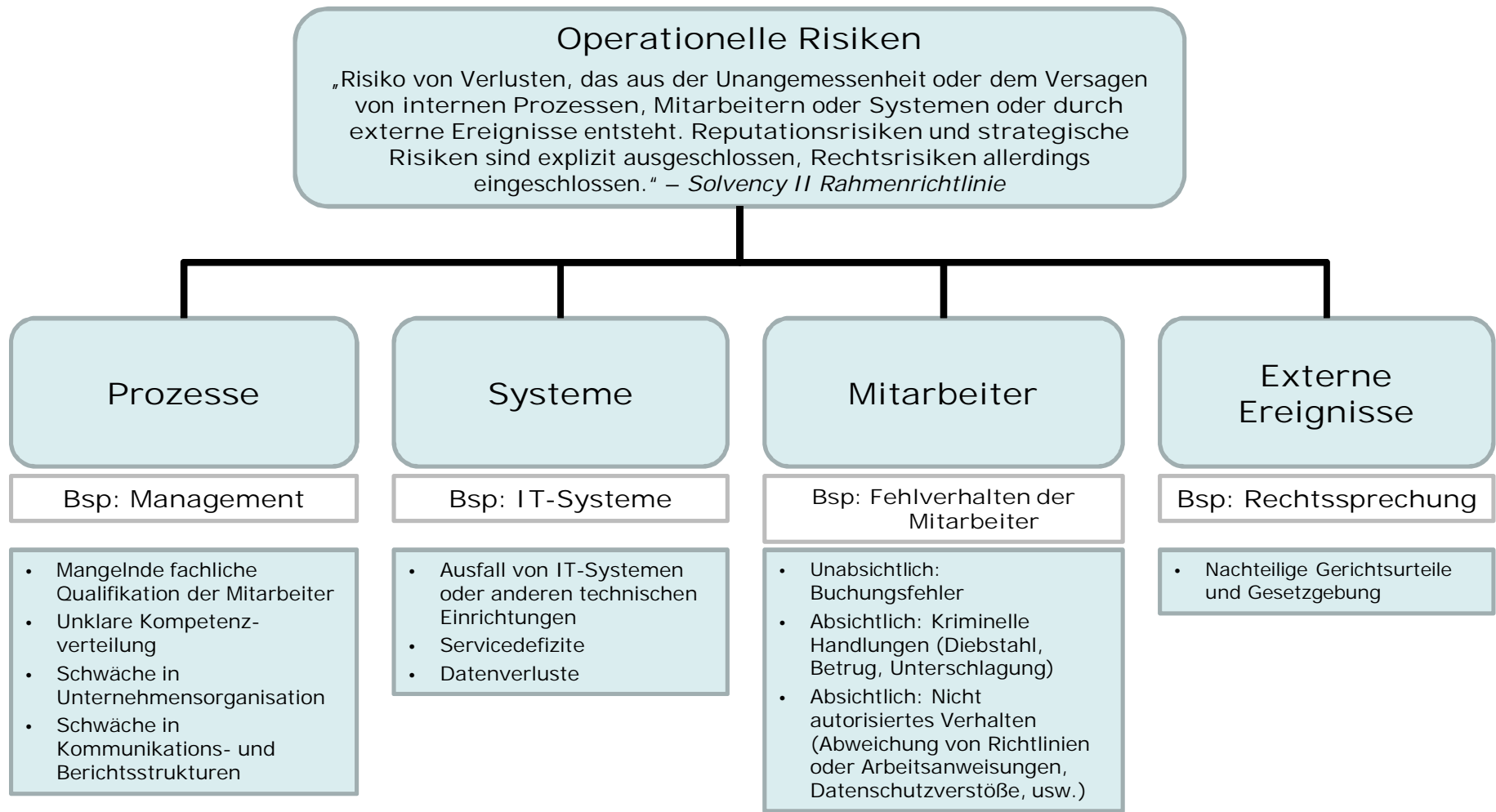
Nachher



Bildquelle:
http://www.brandschutzjahrbuch.at/2007/2007_Beitraege/94_Rechenzentrum.pdf

Bildquelle: Word Clip Art

Operationelles Risiko - Definition



ORIC – Strukturierung operationeller Risiken

Level 1 – Event Typ

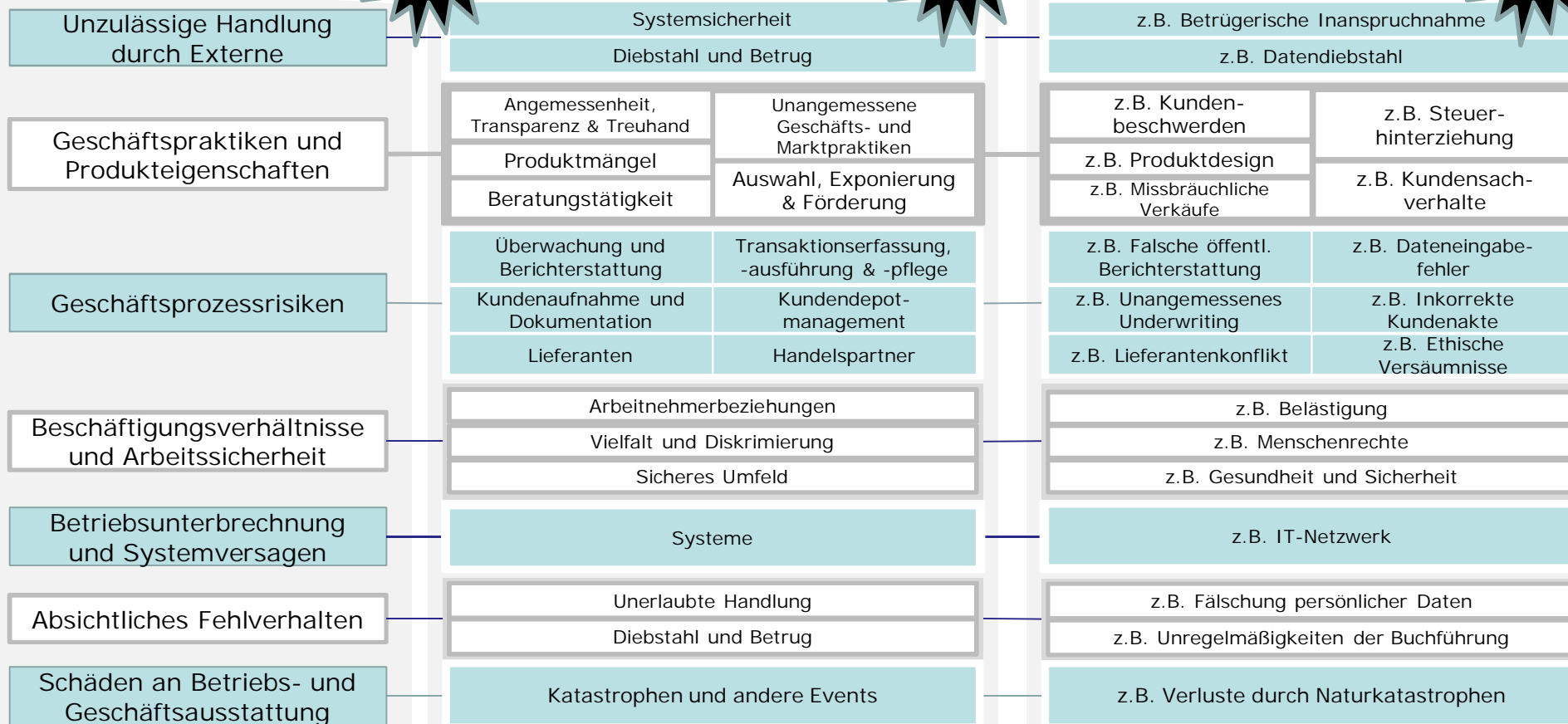
7

Level 2 – Kategorie

20

Level 3 – Aktivität

> 50

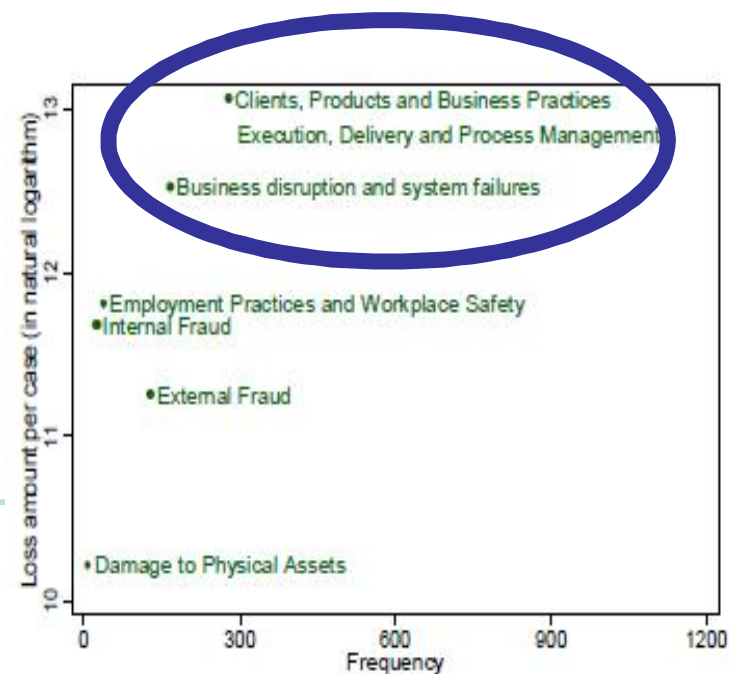


ORIC (Operational Risk Insurance Consortium) bietet eine Kategorisierung operationeller Risiken für Versicherungsunternehmen und gibt Beispiele für Aktivitäten, die zur Realisierung führen

ORIC – Strukturierung operationeller Risiken

Verteilung operationeller Verlustfälle in VU (Quelle: ORIC – Research Analysis 2009)

Geschäftsbereich / Ursachenkategorie	External Fraud	Clients, products and Business Practices	Execution, Delivery and Process management	Employment practices and Workplace Safety	Business disruption and system failures	Internal fraud	Total
Sales and Distributions	0,4%	18,9%	6,8%		0,3%		26,4%
Facilities			0,1%				0,2%
Customer Service / Policy	0,7%	1,3%	13,2%		0,3%		15,5%
Investment / Treasury			0,7%				0,7%
Accounting / Finance			23,4%				23,5%
Other		0,1%	2,3%	0,4%	0,1%	0,1%	3,2%
IT		2,7%	3,8%		6,0%		12,6%
Legal and Compliance			0,1%				0,1%
Tax			1,7%				1,7%
Claims	0,7%	0,2%	4,0%		0,3%	0,2%	5,4%
Outsourcing			0,3%				0,3%
Underwriting		0,1%	6,3%				6,6%
Marketing		0,5%	0,2%				0,7%
Actuarial - Reserving		0,1%	0,5%				0,7%
HR			0,2%	0,2%			0,4%
Actuarial - Pricing			1,2%		0,2%		1,4%
Procurement							
Outwards RI			0,6%				0,6%
Total	1,8%	24,0%	65,5%	0,8%	7,4%	0,5%	100,0%



Die Historie zeigt, dass Schäden meist in Verbindung mit Geschäftspraktiken und Produkteigenschaften, sowie Geschäftsprozessrisiken auftreten

Operationelles Risiko – Wen interessiert das?

Verbesserung des
Qualitäts- und
Prozessmanagements

Eigenkapitalhinterlegung
unter Solvency II (i.A.
nicht der Fall im SST)

Verminderung
ungeplanter
Kosten und
Verluste

SST und Solvency II
fordern, dass das
Risikomanagementsystem
auch operationelle umfasst

Wert- und risikoorientierte
Unternehmenssteuerung

Ratingagenturen
belohnen
funktionierendes
operationelles
Risikomanagement

Außendarstellung/
Reputation

Zunehmendes Interesse am Thema „Operationelles Risiko“

Regulatorische Anforderungen – Schweiz vs. Solvency II

		
Kapital-hinterlegung operationeller Risiken	Keine quantitative Berücksichtigung im SST <i>Bei schwerwiegenden Gründen kann die die FINMA jedoch einen Zuschlag auf dem Zielkapital verlangen (AVO, Art. 98).</i>	Solvency II (Säule 1) fordert die Quantifizierung des operationellen Risikos mittels: <ul style="list-style-type: none"> • Solvency II Standardformel • Internem Modell (falls vorhanden)
Beispiele weiterer, wesentlicher Anforderungen	Es wird gefordert (AVO, Art. 96-98): <ul style="list-style-type: none"> • Erfassung und Beurteilung operationeller Risiken • Sammlung und Analyse von Daten zu Schäden aus operationellen Risiken • Angemessenes Risikomanagement und interne Kontrollmechanismen <i>Die Prüfung der Anforderungen durch die FINMA erfolgt im Rahmen des Swiss Quality Assessment (SQA).</i>	Solvency II (Säule 2 und Säule 3) fordert ¹ : <ul style="list-style-type: none"> • Prozess zur Identifikation, Analyse und Berichterstattung von operationellen Risikoereignissen im Rahmen des Risikomanagements • Internes Kontrollsystem • Publizitätspflicht quantitativer und qualitativer Informationen zum Risikoprofil, insbesondere auch für die Risikokategorie der operationellen Risiken

Für operationelle Risiken sind die Anforderungen von Solvency II derzeit strenger als die in der Schweiz

Operationelles Risiko – Standardformel Solv. II

Berechnung der Standardformel

Berechnungsvorschrift für das operationelle Risiko

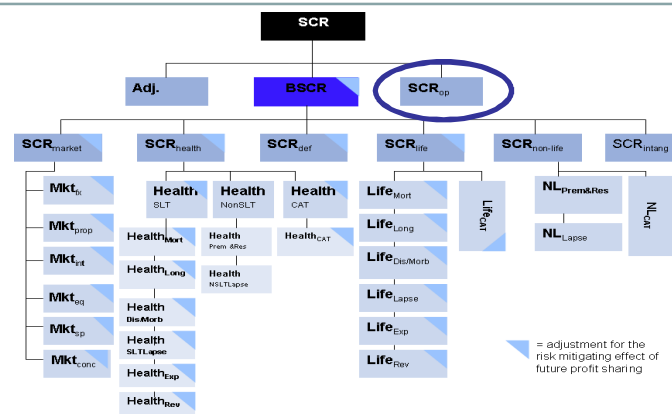
$$SCR_{op} = \min \{0.30 \cdot BSCR; Op\} + 0.25 \cdot Exp_{ul}$$

Op = Kapitalanforderungen für operationelle Risiken basierend auf Brutto-Prämien
= max (Op_{premiums}; Op_{provisions})

wobei Op_{premiums} = 0.04 · (Earnlife – Earnlife-ul) + 0.03 · Earnnon-life +
max (0; 0.04 · (Earnlife – 1.2 · pEarnlife – (Earnlife-ul – 1.2 · pEarnlife-ul))) +
max (0; 0.03 · (Earnnon-life – 1.2 · pEarnnon-life))

Op_{provisions} = 0.0045 · max (0; TPlife – TPlife-ul) + 0.03 · max (0; TPnon-life)

Exp_{ul} = Kosten der letzten 12 Monate für LV-Verträge, bei denen VN Anlagerisiko trägt



Quelle: Level 3 EIOPA-DOC-12/362

Erfahrungen aus den bisherigen Feldstudien zur Standardformel

Operationelle Risiken sind materiell

Dem QIS 5-Ergebnisbericht von EIOPA zufolge beträgt der Anteil des operationellen Risikos am gesamten SCR durchschnittlich 8 %.

Die Standardformel ist nicht risikosensitiv

Die Berechnungsvorschrift für operationelle Risiken ist nicht risikosensitiv – Geschäfts- bzw. Reservevolumen kein geeigneter Indikator für Risikoexponierung.

Verbesserung des Managements operationeller Risiken wird nicht belohnt

Risikomindernde Maßnahmen schlagen sich nicht in einem geringeren Risikokapitalbedarf nieder.

Die Standardformel liefert keinen Mehrwert zur Steuerung operationeller Risiken

Operationelles Risiko – Solvency II Säule 2

Eine unternehmenseigene Quantifizierung des operationellen Risikos steht nicht nur im Fokus des internen Modells

➔ Regulatorische Vorgaben erfordern eine unternehmenseigene Bewertung operationeller Risiken für alle Versicherungsunternehmen

Regulatorische Vorgaben zur Quantifizierung operationeller Risiken

Direkt ➔

Quelle: <https://eiopa.europa.eu/restricted-area/index.html>

➔ **Indirekt**

- Das Risikomanagement System jedes VU soll die Abweichung des eigenen Risikoprofils gegenüber den Annahmen der SCR-Berechnung sowie die Materialität der Abweichung bewerten. (*EIOPA Richtlinien zum Forward Looking Assessment of Own Risk, Richtlinie 16 – EIOPA/13/414*)
- Jedes VU soll seinen gesamten Solvenzkapitalbedarf bewerten und quantitativ festlegen. Darüberhinaus soll die Quantifizierung des Solvenzkapitalbedarfs durch eine qualitative Beschreibung materieller Risiken ergänzt werden. (*EIOPA Richtlinien zum Forward Looking Assessment of Own Risk, Richtlinie 12 – EIOPA/13/414*)

- Jedes VU soll einen Prozess zur Identifikation, Analyse und Berichterstattung von operationellen Risikoereignissen haben. Zu diesem Zweck soll ein System zur Sammlung und Überwachung von operationellen Risikoereignissen errichtet werden. (*EIOPA Richtlinien zum Governance System - Richtlinie 19 – EIOPA/13/413*)
- Jedes VU soll eine angemessenen Menge an operationellen Stressszenarien entwickeln und analysieren. (*EIOPA Richtlinien zum Governance System - Richtlinie 19 – EIOPA/13/413*)

Nach derzeitigem Diskussionsgrundlage bedeutet dies, dass sich jedes VU, welches Solvency II unterliegt, mit der Quantifizierung beschäftigen muss.

Operationelles Risiko – Forderungen

Mindestforderungen an einen quantitativen Ansatz

Fokus auf Materialität

- Unterscheidung zwischen materiellen und nicht-wesentlichen operationellen Risiken erscheint zielführend

Risikosensitivität

- Risikoadequate und –sensitive Modellierung durch Berücksichtigung der zugrundeliegenden Risikotreiber

Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen

- Risikomindernde Maßnahmen und Veränderungen über die Zeit sollten berücksichtigt werden

Steuerungsimpulse

- Geeignete Allokation des Risikokapitals auf Geschäftsbereiche und Input für Limitsysteme, um Kontrollen und Maßnahmen zur Risikovermeidung/-minderung zu fördern

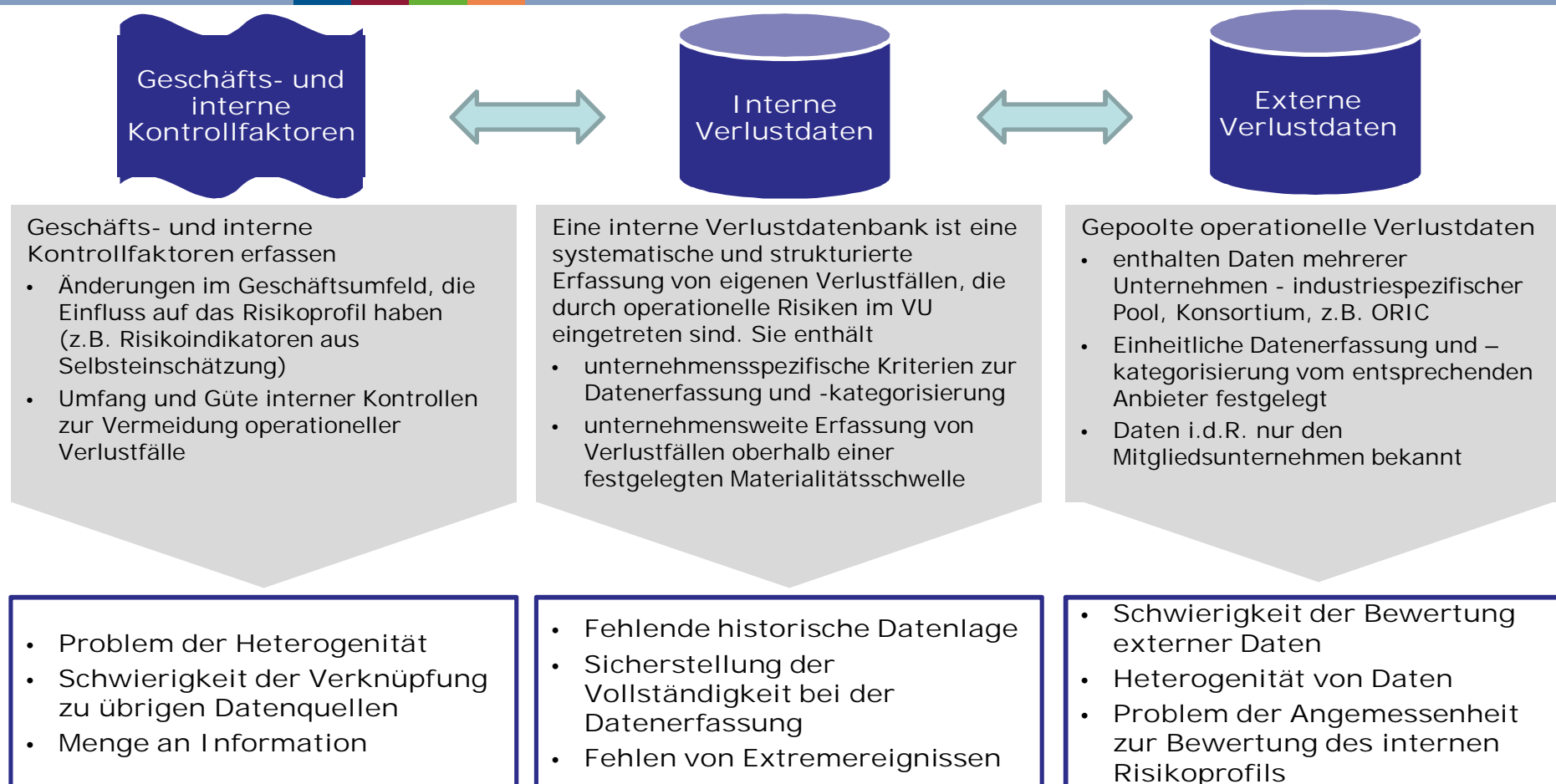
Realistische Berücksichtigung von Abhängigkeiten

- In der Realität treten operationelle Risiken häufig in Abhängigkeit mit anderen Risiken eines VU auf. Diese sollten angemessen berücksichtigt werden

Unternehmenseigene Spezifika und Interne Kontrollsysteme

- Prozessbasierte Risiken sind insbesondere abhängig von unternehmensspezifischen Prozessen und Praktiken
- Quantitative Ansätze sollte geeignete Verknüpfung mit internem Kontrollsystem haben

Herausforderungen - Datenquellen



Es stellt sich die Frage der Relevanz der Daten hinsichtlich Nutzbarkeit und Verknüpfbarkeit:
Dies macht klassische statistische Ansätze als alleiniges Mittel eingeschränkt nutzbar

Herausforderungen – Szenarien und Experteneinschätzungen

Auswahl von Szenarien

- Definition realistischer Szenarien
- Materialität und Anzahl von Szenarien
- Schwierigkeit bei der Abgrenzung zwischen den Szenarien
- Abhängigkeiten innerhalb der Szenarien / Homogenität der Ursachen
- Abhängigkeit der Szenarien für operationelles Risiko gegenüber anderen Risiken (z.B. Marktrisiko, Reputationsrisiko)

Herausforderungen der Experteneinschätzung

- Auswahl von Experten
 - Qualifikation und Expertise
 - Verständnis für Gesamthematik
- Validierung und Begründung der Experteneinschätzung
 - Methodische Nachvollziehbarkeit der Experteneinschätzung
 - Berücksichtigung existierender vs. geplanter Maßnahmen
 - Geeignete Plausibilitätsüberprüfung
 - Unsicherheitsbeurteilung der Experteneinschätzung

Auswahlprozess von Szenarien und Experteneinschätzung muss nachvollziehbar sein

Herausforderungen - Abhängigkeiten

Operationelle Risiken sind nicht immer unabhängig von den übrigen Risiken eines Versicherungsunternehmens

Versicherer korrigieren Schadenbelastungen nach oben (Handelsblatt 2/2005)

Die Naturkatastrophen des vergangenen Jahres belasten einige Versicherer stärker als bislang geschätzt. Ein großer Versicherungskonzern korrigierte gestern die Summe seiner zu erwartenden Schadensansprüche aus den vier Hurrikans in Nordamerika auf \$520 Mio. Ursprünglich hatte er mit \$400 Mio. gerechnet...

Versicherung leidet unter Deutschlandgeschäft (Tagesanzeiger 10/2012)

Die Versicherung hat in ihrem Deutschlandgeschäft bei Schadenfällen mit ungenauen Daten hantiert. Nach einer Überprüfung von Haftpflichtversicherungen braucht der Konzern nun etwa 550 Millionen Dollar mehr Reserven als bisher angenommen, was sich negativ auf den Gewinn auswirken könnte...

Schein von Stabilität (Spiegel 7/2009)

Die Finanzkrise setzt auch den Versicherern zu. Die Reserven eines deutschen Versicherungsunternehmens sind geschrumpft. Bei negativem Kursverlauf der Anlagen und weiteren Abschreibungen sei „die Überdeckung nicht mehr gegeben“, heißt es lapidar im Geschäftsbericht. Die Assekuranz ist zudem mit Bankenrettungsfonds Soffin mit staatlichen Garantien gestützt wird. Die eigentlich nötigen Wertberichtigungen auf das Aktienpaket können nicht mehr geleistet werden...

Die dunkle Seite des Vertriebs (Harvard Business Manager 8/2011)

Erfolgreiche Vertriebsmitarbeiter wurden zu organisierter Lustreise nach Ungarn eingeladen. Der Skandal um die Incentive Reisen macht eines deutlich: Die Anreizsysteme im Vertrieb funktionieren nicht wie gewünscht...

Typ	Level 2 – Kategorie	Level 3 – A
	Systemicherheit Diebstahl und Betrug	z.B. Betrügerische Ins z.B. Datendie
	Angemessenheit, Transparenz & Treuehand Produktmängel Beratungstätigkeit	z.B. Kundenbeschwerden z.B. Produktdesign z.B. Hinsächliche Verkäufe
	Überwachung und Berichterstattung Kundenaufnahme und Dokumentation Lieferanten	z.B. Falsche öffentl. Berichterstattung z.B. Ungemessenes Umdringung z.B. Lieferantenkonflikt
	Arbeitsnehmerbeziehungen Vielfalt und Diskriminierung Sicheres Umfeld	z.B. Be z.B. Mens z.B. Gesundhe
	Systeme	z.B. IT-Netzwerk
	Unerlaubte Handlung	z.B. Fälschung persönlicher Daten z.B. Unregelmäßigkeiten der Buchführung

Beobachtungen aus der Praxis

Im Markt gibt es grundsätzliche unterschiedliche Ansätze und Herangehensweisen

Daten

- Interne und externe Daten dienen zur Unterstützung der Modellierung – keine Modellierung, die ausschließlich auf historischen Daten basiert

Risiko- und
Kontrollframework

- Konsistenz zwischen Informationen aus Risiko- und Kontrollframework für Risikosteuerung häufig nicht gegeben
- Limitsysteme decken häufig operationelle Risiken kaum oder nur schwach ab und ohne direkte Verknüpfung zu quantitativen Ansätzen

Experteneinschätzungen

- Notwendigkeit von Experteneinschätzungen für fast alle beobachteten Modellierungsansätze

Modellansätze

- Simulationsbasierter Ansätze (am häufigsten gewählter Ansatz in der Branche)
 - Fitting von Schadenverteilungen und Schadenhöhe anhand einer Auswahl von möglichen Verteilungen
 - Aggregation mit Copula-Ansatz (in der Regel: Gauß-Copula)
- Faktorbasierte Ansätze
 - Bestimmung von Faktoren als Zuschlag zum Risikokapital ohne operationelles Risiko
 - Modifikation des Faktors erfolgt z.B. über die Güte des internen Kontrollframeworks für operationelle Risiken
- Weitere Ansätze und Mischungsvarianten möglich

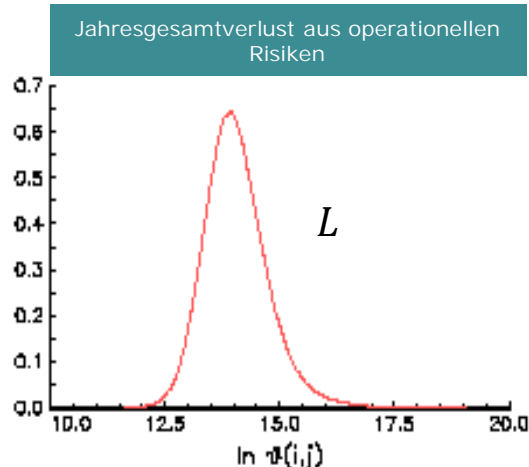
Nachvollziehbarkeit

- Schätzungen und Gesamtergebnisse sind häufig schwierig nachzuvollziehen

Der simulationsbasierte Ansatz zur Quantifizierung des OpRisk

Simulationsbasierter Ansatz: aus der Bankenwelt bekannt als „Loss Distribution Approach“ (LDA) im Rahmen der fortgeschrittenen Messansätze (Advanced Measurement Approach - „AMA“) unter Basel II.

Zielgröße der Modellierung



Komplette Wahrscheinlichkeitsverteilung des Jahresgesamtchadens, der aus operationellen Verlustfällen im Unternehmen resultiert.

Risikomessung

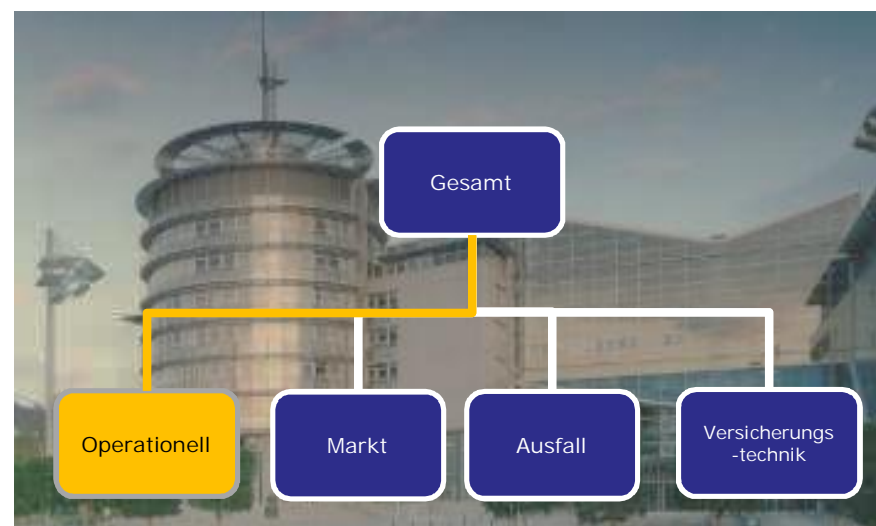
Übergang zum „unerwarteten Verlust“ durch Abzug des „erwarteten Verlusts“, d.h. Zentrierung der Verlustfunktion

$$L - E[L]$$



Quantifizierung des operationellen Risikos nur in dem Umfang, wie es in den anderen Risikomodulen nicht bereits erfasst ist.

Aggregation zum Gesamtrisiko



Stochastische Modelle für OpRisk bilden auch bei Versicherungsunternehmen mit internen Modellen häufig „Insellösungen“. Bis auf die abschließende Aggregation mit den anderen Risikomodulen sind keine Interdependenzen vorgesehen.

Aufbau eines stochastischen Risikomodells für OpRisk

Modellrahmen: typischerweise Bottom-Up-Ansatz, Bildung möglichst homogener Risikosegmente, auf dieser Ebene erfolgt Einzelmodellierung der zugehörigen Verlustverteilungen, anschließend Aggregation zum Gesamtverlust.

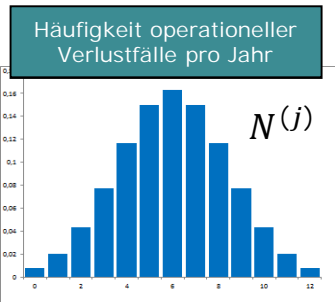
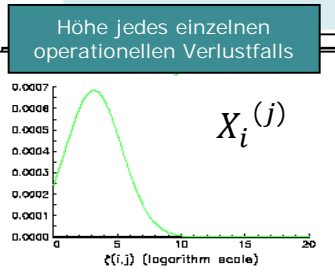
Modellinput



Monte-Carlo Simulation

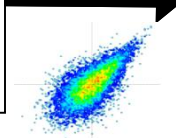
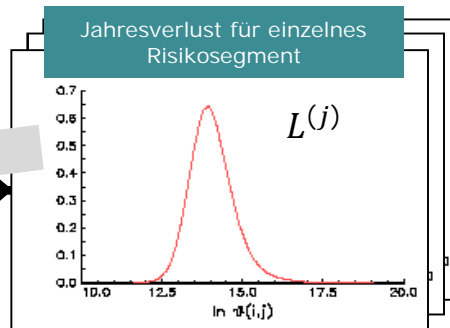
Annahme des *kollektiven Modells* für jedes einzelne Risikosegment
Separierung nach *Verlustrhäufigkeit* und *Verlusthöhe*

$$L^{(j)} = \sum_{i=1}^{N^{(j)}} X_i^{(j)}$$



Parametrisierung

Faltung



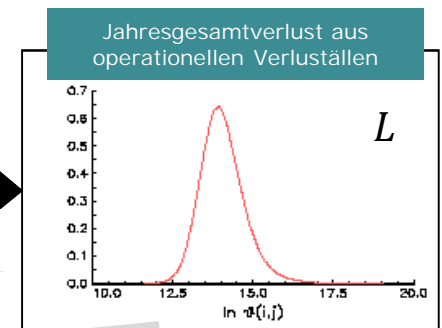
(Mehrstufige) Aggregation

Modelloutput

Gesamtverlust als Summe der Verlusten der einzelnen Risikosegmente

$$L = \sum_{j \in J} L^{(j)}$$

J bezeichnet die (Index-)menge aller modellierten Risikosegmente
(Bsp.: Kombinationen aus Geschäftsbereich/Ereignistyp gemäß Basel II-Kategorisierung).



Charakterisierung der Randverteilungen im OpRisk

Häufigkeit operationeller Verlustfälle

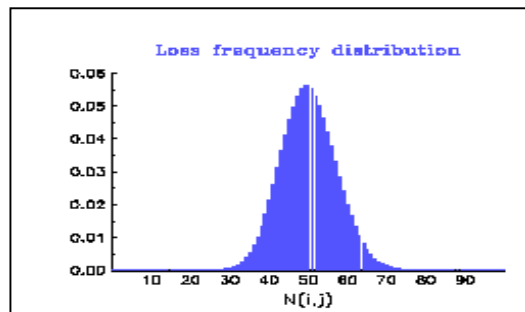


Abbildung der (zufälligen) Anzahl an Verlustfällen innerhalb eines Jahres

- Modellierung mittels klassischer Schadenanzahlverteilungen
 - *Poisson*
 - gleichbleibende Intensität
 - *Negative Binomialverteilung*
 - Überdispersion
- Empirische Beobachtung:
Schadenanzahl in der Regel nur von untergeordneter Bedeutung für das operationelle Risiko, Einzelverlusthöhe ist die dominierende Komponente (Phänomen des „One loss causes ruin“).

Einzelverlusthöhe operationeller Verlustfälle

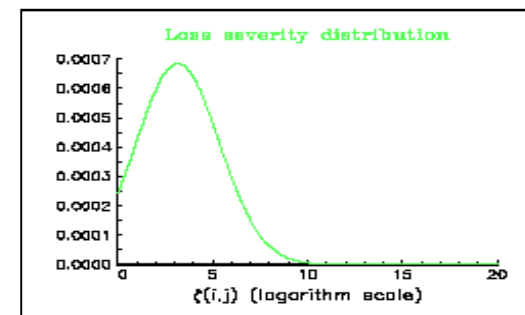
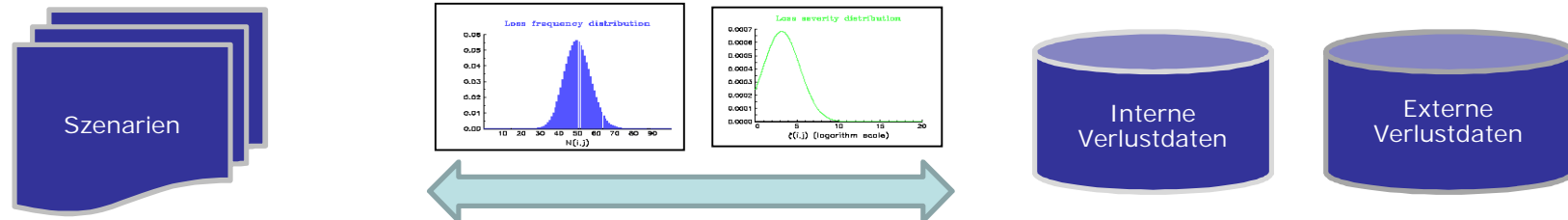


Abbildung der charakteristischen Eigenschaften operationeller Verlustdaten in einem stochastischen Risikomodell:

- *Hohe Verlustereignisse*
Einsatz klassischer rechtsschiefer Verteilungen, Bsp.:
 - *Exponential*
 - *Gamma, Weibull, Lognormal*
 - *Verallgemeinerte Paretoverteilung*
- *Vorliegen einer Erfassungsuntergrenze*
ggf. Anpassung des Wertebereichs der Verteilung durch
 - *Verschiebung*
 - *Linksstutzung* (Übergang zur bedingten Verteilung der Exzedenten)

Modellierung der Einzelverlusthöhe in stochastischen OpRisk-Modellen von zentraler Bedeutung.

Parametrisierung der Randverteilungen im OpRisk



Szenariobasierte Modellparametrisierung

Datenbasierte Modellparametrisierung

Vorgehen

Die im Rahmen der Szenarioanalysen von Experten getroffenen Einschätzungen über (extreme) Verlustereignisse werden in Verteilungsparameter für Anzahl und Verlusthöhe umgerechnet.

Die in historischen Verlustdaten enthaltenen Informationen über die Zufallsgesetzmäßigkeit operationeller Verlustfälle werden mithilfe statistischer Schätzverfahren in Verteilungen / Verteilungsparameter für Anzahl und Verlusthöhe übersetzt.

Beobachtungen

- Mathematischen Modellrahmens derart, dass in Szenarioanalysen 3 bis 4 Parameter abgefragt werden.
- Wahl der Wahrscheinlichkeitsverteilungen in der Regel auf Basis von Expert Judgement – (vorgezogen werden einfache, max. zweiparametrische Verlustverteilungen)
- Historische Verlustdaten kommen als Ausgangspunkt für Szenarioanalysen und zur Plausibilisierung der geschätzten Szenarioparameter zum Einsatz.

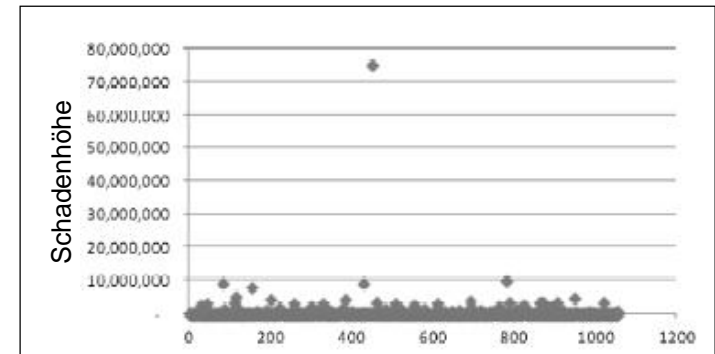
- Für die *Schadenanzahlverteilung* wird sehr häufig die Momentenmethode eingesetzt.
- Für die *Einzelverlusthöhe* ist der Maximum-Likelihood-Schätzer das gebräuchlichste Verfahren.
- Häufig verwendete Kriterien zur Überprüfung der Güte der Anpassung der Einzelverlustverteilung:
 - Statistische Anpassungstests (Anderson- Darling, Kolmogorov-Smirnov)
 - Grafische Diagnostik (z.B. Quantil-Quantil-Diagramm)
- Häufig Einbezug von Experteneinschätzungen

Datenbasierte Modellparametrisierung

Die datenbasierte Modellparametrisierung wird durch die bereits erwähnten Herausforderungen bezüglich der Datengrundlage erschwert. Zusätzlich erschweren die spezifischen Eigenschaften der operationellen Schäden die Modellierung.

Typische Eigenschaften operationeller Schäden

- Auftreten von Extremwerten/Ausreißern ("heavy tails")
- Schadenhöhen sind (rechts-)schief
- Schäden treten in irregulären Zeitabständen auf
- Schadenfrequenz kann zeitlich erheblich variieren



Moscadelli (2004) und De Fontnouvelle et al. (2004)

Beide Studien kommen zu dem Schluss, dass keine der Verteilungen (Exponential, Gamma, Weibull, Gumbel, Lognormal, Loggamma, Loglogistic, Pareto und Burr) die Schadenhöhenrealisationen in ihrem gesamten Spektrum angemessen abbilden kann.

Paul Embrechts (2003)

"Traditional modelling approaches, including extreme value theory, reach their limits as the structure of operational loss data is barely in line with the modelling assumptions"

Beobachtete Daten sind häufig nicht im Einklang mit Standard-Modellannahmen.

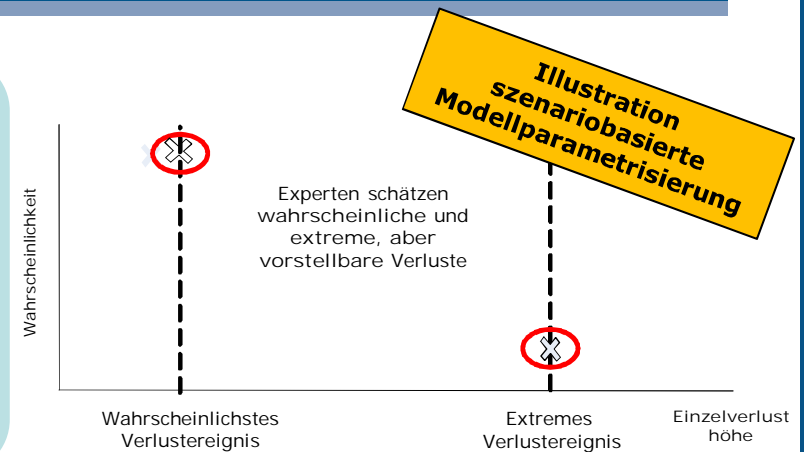
Szenariobasierte Schätzung der Modellparameter (I)

MS Wahrscheinlichste Verlusthöhe von Ereignissen („most likely case“) oberhalb der Erfassungsgrenze T - Bsp.: $T = 10$ Tsd. €, $MS = 50$ Tsd. €

MF Mittlere jährliche Anzahl von Verlustereignissen oberhalb der Erfassungsgrenze
Bsp.: 10 pro Jahr

S Verlusthöhe im Extremszenario („bad case“)
Bsp.: 5 Mio. €

F Mittlere „Frequenz“ des Extremszenarios
Bsp.: 1 in 20 Jahren (als Wiederkehrperiode) \equiv 1 in 200 Schäden



Überführung der Szenarioparameter in komplette Wahrscheinlichkeitsverteilungen

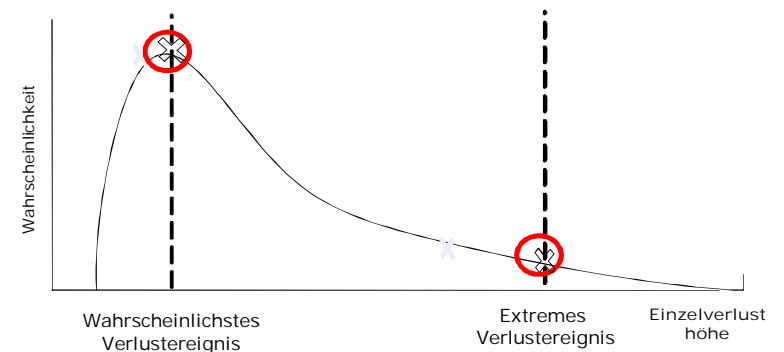
vgl. London, M. (2010), „In the pursuit of a meaningful operational risk capital modeling methodology“

Mathematische Interpretation der genannten Szenarioparameter – Bsp.

- **MF** als *Mittelwert* der Anzahlverteilung
- **MS** als *Median* der Einzelverlustverteilung
- **S** als $(1 - \frac{F}{MF})$ -Quantil der Einzelverlustverteilung

Spezifizierung der Verteilungen für Anzahl und Einzelverlusthöhe
Bsp.: *Poisson / verschobene LogNormalverteilung*

Umrechnung in Parameter der spezifizierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die konsistent mit der mathematischen Interpretation sind - *siehe nächste Folie*



Szenariobasierte Schätzung der Modellparameter (II)

Parametrisierung des Poisson(λ)-LogNormal(μ, σ, T)-Modells anhand von Szenarien:

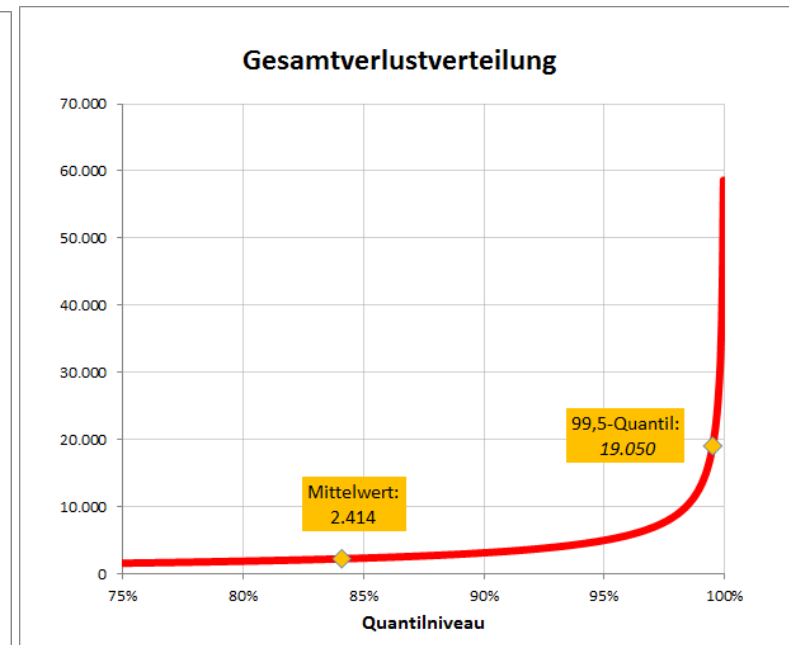
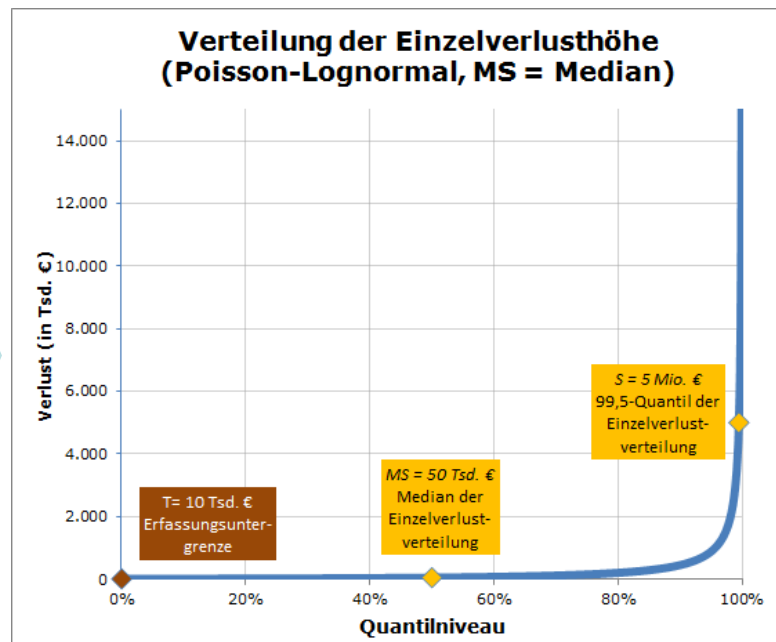
- *Anzahlverteilung*: $\lambda = MF$
- Die Parameter zur *Verlusthöhe* führen zu den folgenden zwei Bestimmungsgleichungen



$$MS \stackrel{\text{def}}{=} \exp\{\mu\} + T, \quad 1 - \frac{F}{MF} \stackrel{\text{def}}{=} \Phi\left(\frac{\ln\{S - T\} - \mu}{\sigma}\right)$$

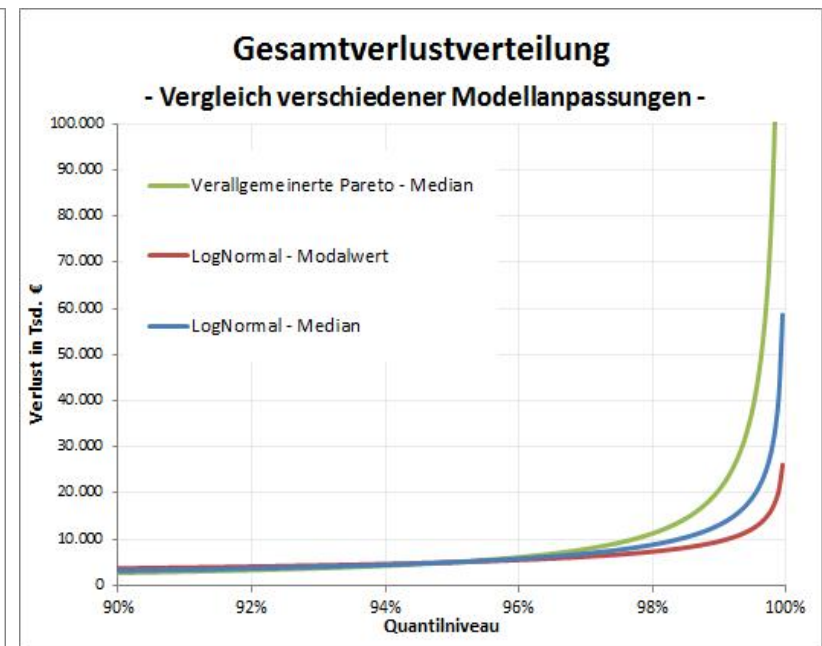
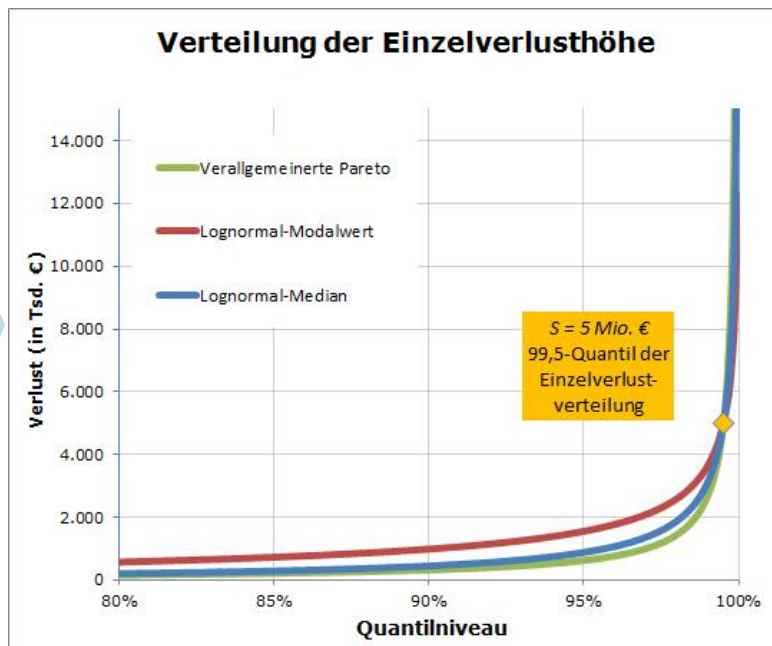
$$\Rightarrow \mu = \ln\{MS - T\}, \quad \sigma = \ln\left\{\frac{S - T}{MS - T}\right\} / \Phi^{-1}\left(1 - \frac{F}{MF}\right)$$

$T = 10 \text{ Tsd. €}$
 $MF = 10 \text{ pro Jahr}$
 $MS = 50 \text{ Tsd. €}$
 $S = 5 \text{ Mio. €}$
 $F = 1 \text{ in } 20 \text{ Jahren}$



Szenariobasierte Schätzung der Modellparameter – Unsicherheit von Experteneinschätzungen

$T = 10 \text{ Tsd. €}$
 $MF = 10 \text{ pro Jahr}$
 $MS = 50 \text{ Tsd. €}$
 $S = 5 \text{ Mio. €}$
 $F = 1 \text{ in } 20 \text{ Jahren}$



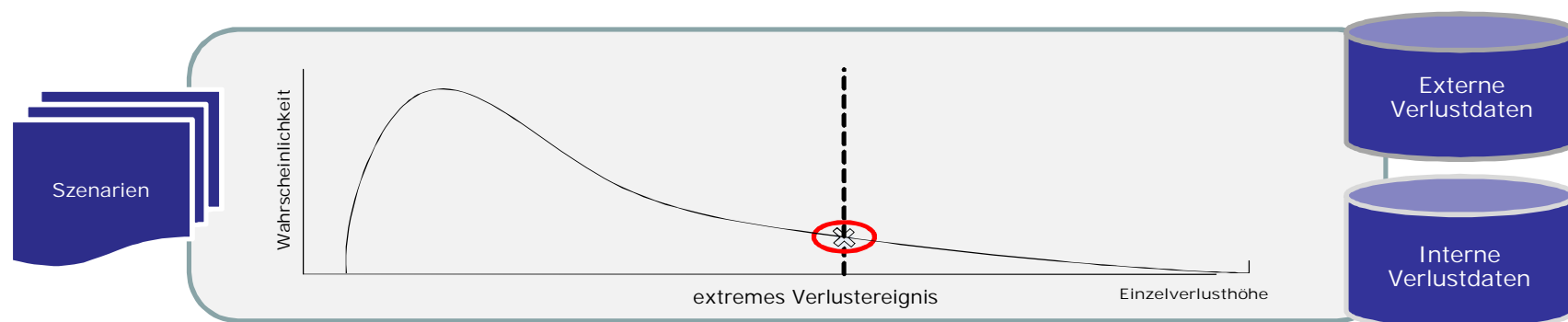
Verteilungsklasse	MS	Parameter 1	Parameter 2	Mittlerer Einzelverlust	Mittlerer Gesamtverlust	99,5 % Quantil Gesamtverlust
verschobene Lognormal	Median	$\mu = 10,60$	$\sigma = 2,14$	241 Tsd. €	2,41 Mio. €	19 Mio. €
verschobene Lognormal	Modalwert	$\mu = 12,19$	$\sigma = 1,25$	441 Tsd. €	4,41 Mio. €	12 Mio. €
Verallgemeinerte Paretoverteilung	Median	$\xi = 0,88$	$\beta = 41.889$	359 Tsd. €	3,59 Mio. €	38 Mio. €

Einfluss der mathematischen Interpretation der Szenarioparameter und der gewählten Verteilungsklasse auf die Ergebnisse zeigen Bedeutung von Experteneinschätzung bereits bei der Modellwahl auf.

Mischansätze – Kombination Szenarien mit Daten

Ein repräsentatives Beispiel für eine Kombination aus Szenarioanalyse und (externer) verlustdatenbasierter Schätzung

- Per Szenarioanalyse werden für ein Risikosegment lediglich die Verlusthöhe S im Extremszenario, die zugehörige Frequenz F und die mittlere Anzahl an Verlustereignissen MF geschätzt.



- Die Schätzung der wahrscheinlichsten Verlusthöhe MS entfällt, stattdessen wird zur Verteilungsanpassung ein vorab festgelegter Wert des Formparameters verwendet.
- Mögliche Quellen: Bestimmung aus den verfügbaren (internen / externen) Verlustdaten / Verwendung von Marktbenchmarks

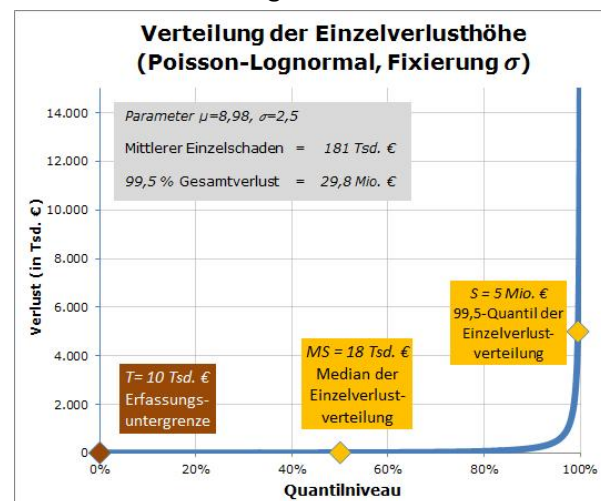
LogNormal(μ, σ, T)-Modell:

$$1 - \frac{F}{MF} \stackrel{\text{def}}{=} \Phi\left(\frac{\ln\{S - T\} - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\Rightarrow \mu = \ln\{S - T\} - \sigma \cdot \Phi^{-1}\left(1 - \frac{F}{MF}\right)$$

$T = 10 \text{ Tsd. €}$
 $MF = 10 \text{ pro Jahr}$
 $S = 5 \text{ Mio. €}$
 $F = 1 \text{ in } 20 \text{ Jahren}$

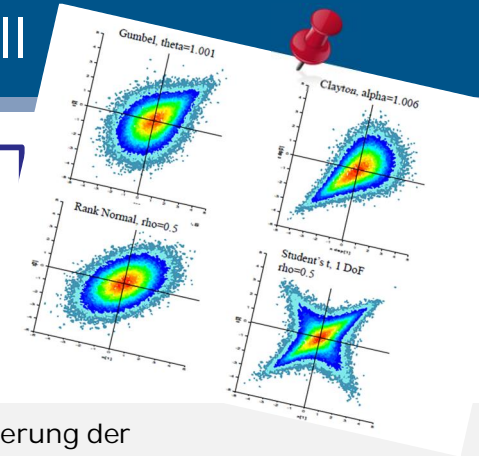
$\sigma = 2,5$



Aggregation im simulationsbasierten OpRisk-Modell

Aggregation zur Gesamtverlustverteilung:

- Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Risikosegmenten bestimmen den Diversifikationseffekt bei der (zum Teil mehrstufigen) Aggregation zur Gesamtverlustverteilung des Unternehmens.
- Im Rahmen der Modellierung / Parametrisierung sind daher abhängige Modellvariablen und die zwischen ihnen bestehende Abhängigkeitsstruktur zu spezifizieren.



Ausgangslage

- Großer Fundus an parametrischen Copula-Funktionen zur Modellierung der Abhängigkeitsstruktur in gängigen Simulationsplattformen verfügbar
- Simulationsbasierte Modelle erlauben hohe Flexibilität bei der Modellierung von Abhängigkeiten zwischen sämtlichen stochastischen Größen

Herausforderung

- Kurze verfügbare Zeitreihen erlauben keine verlässliche (empirische) Schätzung der Abhängigkeitsstrukturen und zugehörigen Parameter

Beobachtung

In der Praxis häufig Festlegungen mittels Experteneinschätzungen – Bsp.:

- Gauß-Copula für Abhängigkeiten zwischen den Gesamtverlusten der einzelnen Risikosegmente,
- Parametrisierung: Beschränkung des Wertebereichs – Bsp. 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100%.

Validierung

- Testen des Einfluss der Modellannahmen durch Sensitivitätsanalysen – Bsp:
 - Andere Abhängigkeitsstruktur: Student-t-Copula (impliziert Randabhängigkeit)
 - Erhöhung / Verringerung der Abhängigkeitsparameter im Modell
 - Variation der Modellannahmen: Korrelation zwischen den Schadenhäufigkeiten anstelle des Gesamtverlusts
- Untersuchung des Diversifikationseffekt auf verschiedenen Aggregationsstufen.

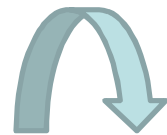
Fazit

- Menge der zur Verfügung stehenden Daten ist oft nicht ausreichend um die Modellannahmen zu verifizieren.
- Expertenwissen und die Schadendaten sollten sich als Informationsquellen ergänzen.
- Die Modellierung operationeller Risiken ist oft mit hoher Unsicherheit verbunden – Ergebnisse sind stark beeinflussbar abhängig von der Modellwahl.
- Unterschiedliche Annahmen/Ansätze sollten untersucht werden – Sensitivitätsanalyse
- (Versteckte) Modellannahmen sollten verstanden und kritisch hinterfragt werden.

Grundsatzfragen

1. Gibt es externe Zwänge zur Quantifizierung von operationellen Risiken?
2. Wer hält eine Quantifizierung operationeller Risiken für sinnvoll?
3. Wer glaubt an die Möglichkeit einer plausiblen Quantifizierung von operationellen Risiken?

Vorher



Nachher



Bildquelle:
http://www.brandschutzjahrbuch.at/2007/2007_Beitraege/94_Rechenzentrum.pdf

Bildquelle: Bildquelle: Word Clip Art



Appendix

Typische Schadenhöhenverteilungen im OpRisk

Modellierung der Einzelverlusthöhe: Fokus liegt bei den kommenden Betrachtungen auf den beiden folgenden *Verteilungsklassen*, deren Anwendung in stochastischen OpRisk-Modellen sehr verbreitet ist:

LogNormalverteilung mit Parametern (μ, σ) , $\mu \in (-\infty, +\infty)$, $\sigma > 0$

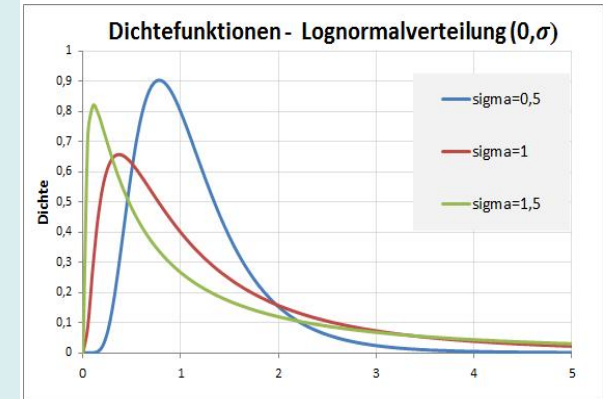
Verteilungsfunktion: $F_Y(y; \mu, \sigma) = \Phi\left(\frac{\ln y - \mu}{\sigma}\right)$ für $y > 0$, 0 sonst

- $\exp\{\mu\}$ repräsentiert den Skalenparameter, σ den Formparameter.
- gehört zur Familie der subexponentiellen Verteilungen, alle Momente existieren.
- Da die Lognormalverteilung standardmäßig Trägermenge $(0, +\infty)$ besitzt, ist Verschiebung oder Linksstützung notwendig, um ausschließlich Verlustfälle oberhalb der Erfassungsuntergrenze $T > 0$ („Threshold“) abbilden zu können:

$$X := Y + T \quad (\text{Verschiebung}): \quad F_X(x; \mu, \sigma, T) = F_Y(x - T; \mu, \sigma), \quad x > T$$

$$X := Y|Y > T \quad (\text{Linksstützung}): \quad F_X(x; \mu, \sigma, T) = \frac{F_Y(x; \mu, \sigma) - F_Y(T; \mu, \sigma)}{1 - F_Y(T; \mu, \sigma)}, \quad x > T$$

$\Phi(x)$: Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung

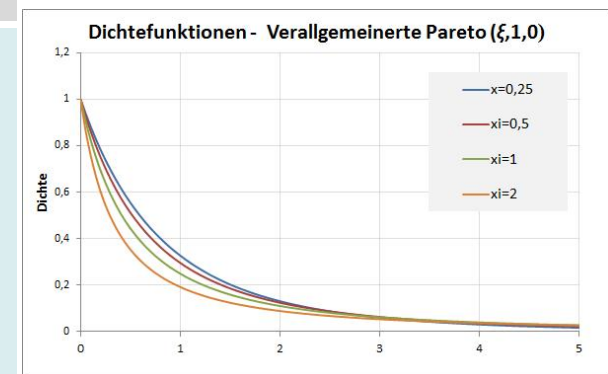


Verallgemeinerte Paretoverteilung mit Parametern (ξ, β, τ) , $\xi > 0$, $\beta > 0$

Verteilungsfunktion: $F_X(x; \xi, \beta, T) = 1 - \left(1 + \frac{\xi(x-\tau)}{\beta}\right)^{-1/\xi}$ für $x > \tau$, 0 sonst

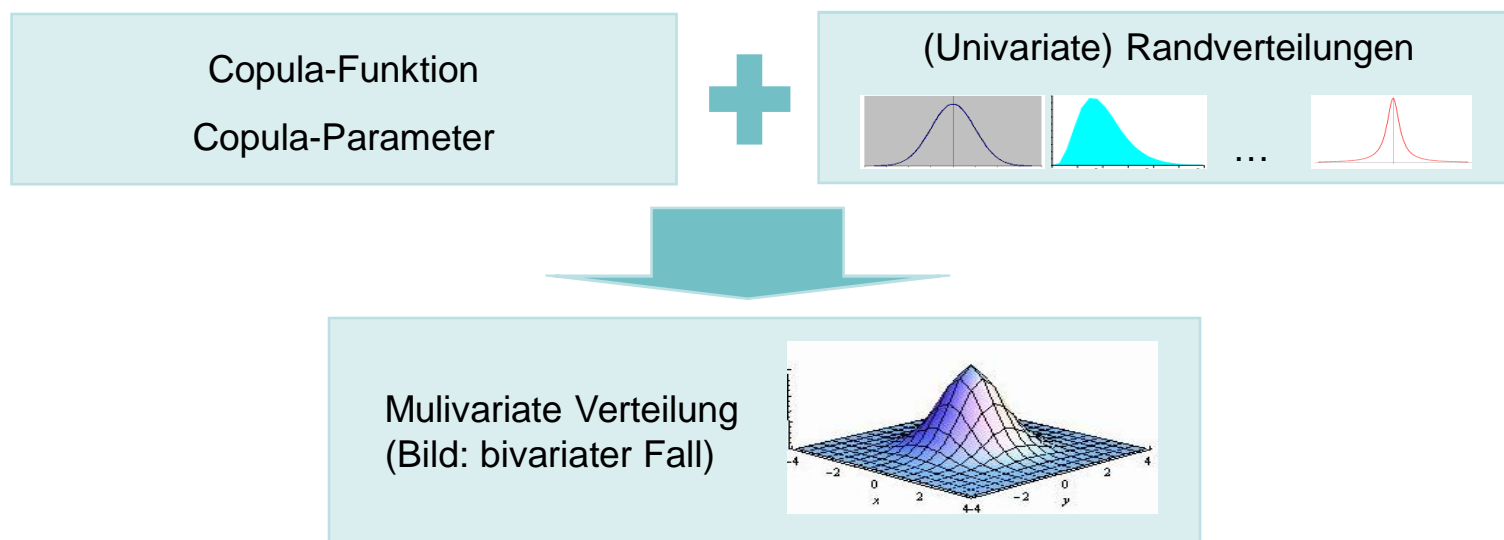
- Formparameter ξ , Skalenparameter β – Lageparameter $\tau \in (-\infty, +\infty)$ bildet Untergrenze der Verteilung
- asymptotische Grenzverteilung der Exzesse über einen Schwellenwert („Peaks over Threshold“): Fundierung der praktischen Anwendung mittels statistischer Extremwerttheorie
- Momente existieren nur eingeschränkt, Existenz abhängig von der Ausprägung des Formparameters ξ :

$$E[X^r] < \infty \text{ für } \xi < 1/r.$$



Copulas zur Modellierung der Abhängigkeitsstruktur

Eine Copula ist eine multivariate Wahrscheinlichkeitsverteilung deren Randverteilungen gleichverteilt auf dem Intervall $[0,1]$ sind. Copulas können verwendet werden um die Abhängigkeitsstruktur zwischen Zufallsvariablen zu beschreiben (z.B. gleichgerichtete Bewegungen, Randabhängigkeit, etc).



Satz von Sklar

Sei F eine multivariate Verteilungsfunktion mit Randverteilungsfunktionen F_1, \dots, F_d . Dann existiert eine Copula C , so dass für alle x_1, \dots, x_d in $[-\infty, \infty]$ gilt:

$$F(x_1, \dots, x_d) = C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d))$$

C ist eindeutig bestimmt auf $\text{Ran}F_1 \times \dots \times \text{Ran}F_d$. Insbesondere ist C nur dann eindeutig, wenn alle Randverteilungsfunktionen stetig sind.

Umgekehrt wird für jede Copula C und jede Wahl von Randverteilungsfunktionen F_1, \dots, F_d durch die obige Gleichung eine multivariate Verteilungsfunktion gegeben, deren Randverteilungsfunktionen F_1, \dots, F_d sind.

Literaturhinweise

- Embrechts, P., H. Furrer, R. Kaufmann (2003): Quantifying Regulatory Capital for Operational Risk, Derivatives Use, Trading & Regulation 9, 217 – 233.
- De Fontnouvelle, P., E. Rosengren, J. Jordan (2004): Implications of Alternative Operational Risk Modeling Techniques, Federal Reserve Bank of Boston.
- Moscadelli, M. (2004): The Modelling of Operational Risk: Experience with the Analysis of the Data Collected by the Basle Committee, Bank of Italy.