Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

06.17

12. Jahrgang
Dezember 2017
Seiten 245–292

ZRFC

Risk, Fraud & Compliance

www.ZRFCdigital.de

Herausgeber:

School of Governance, Risk & Compliance – Steinbeis-Hochschule Berlin

Institute Risk & Fraud Management – Steinbeis-Hochschule Berlin

Herausgeberbeirat:

Prof. Dr. Dr. habil. Wolfgang Becker, Otto-Friedrich-Universität Bamberg

RA Dr. Karl-Heinz Belser, Depré Rechtsanwalts AG

RA Dr. Christian F. Bosse, Partner, Ernst & Young Law GmbH

Prof. Dr. Kai-D. Bussmann, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

RA Bernd H. Klose, German Chapter of Association of Certified Fraud Examiners (ACFE) e. V.

RA Dr. Rainer Markfort, Partner, Dentons Europe LLP

RA Dr. Malte Passarge, Partner, Passarge, Prudentino & Rhein PartGmbB

Prof. Dr. Volker H. Peemöller, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

RA Christian Rosinus, Wirtschaftsstrafrechtliche Vereinigung e. V., Vorstand

RA Prof. Dr. Monika Roth, Leiterin DAS Compliance Management, Hochschule Luzern

RA Raimund Röhrich, Lehrbeauftragter der School of Governance, Risk & Compliance

Dr. Frank M. Weller, Partner, KPMG AG

Prävention und Aufdeckung durch Compliance-Organisationen

Management

Compliance on Board Index
Vieweg, 251

Nutzung einer Compliance-Scorecard
Kneisel, 256

Prevention

Money-Transfer-Dienstleister
Teichmann, 264

Korruptionsbekämpfung durch Anreize
Teichmann, 267

Detection

Extremwertstatistik im Risikomanagement
Hoffmann/Schürmann, 270

Profession

Annäherung der Funktionen des Datenschutz- und Compliance-Beauftragten
Schmigale, 282

ESV ERICH SCHMIDT VERLAG

In Kooperation mit
DICO
Deutsches Institut für Compliance

64683

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53
58701305879

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

Extremwertstatistik im Risikomanagement

Statistisches Erkennen von Auffälligkeiten im Rahmen der Fraud Detection

Dr. Ingo Hoffmann / Dr. Thomas Schürmann*

Dr. Ingo Hoffmann

Dr. Thomas Schürmann

Seit einigen Jahren können Institute quantitative, fortgeschrittene Messansätze zur Bewertung des operationellen Risikos nutzen. Diese Möglichkeit erlaubt die Entwicklung institutsinterner statistischer Modelle für die Beurteilung von operationellen Risiken. Damit eröffnen sich gleichzeitig neue Wege zur Aufdeckung von betrügerischen Handlungen. Werden die vorhandenen Modelle mit Methoden aus der Extremwertstatistik erweitert, besteht die Möglichkeit, Verfahren zum Erkennen von statistischen Auffälligkeiten in den gemeldeten Schäden zu entwickeln. Aus den Auffälligkeiten bezüglich der Schadenshöhe können sich dann erste Verdachtsmomente hinsichtlich eines möglichen Betrugs ergeben. Hierbei stellt sich die Frage, ab welcher Schadenshöhe ein Verdacht auf betrügerische Handlungen gerechtfertigt und neben weiteren Recherchen die umgehende Einbindung der betroffenen Organisationseinheit angezeigt ist. Letzteres mit dem Nachteil, dass kriminell handelnde Mitarbeiter informiert und zu Ausweichhandlungen animiert werden. Der vorliegende Beitrag stellt ein auf statistischen Methoden basierendes Konzept vor, das zur Entscheidungsfindung und zur Beantwortung dieser Frage genutzt werden kann. Darüber hinaus wird die Basis für eine institutsinterne, individuelle Klassifizierung der gemeldeten, aufgrund von operationellen Risikoereignissen eingetretenen Schäden, vorgestellt. Ein Beispiel verdeutlicht die Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens.

1 Einleitung

Eine Bank[1] ist durch öffentlich und schlagend gewordene Betrugsfälle erheblichen Reputationsrisiken ausgesetzt, in deren Folge weitere Verluste durch Geschäftseinbußen eintreten können. Insofern besteht bereits ein Eigeninteresse des Instituts, frühzeitig fraudulente Handlungen zu bemerken und geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten. Eine Reihe von nationalen und internationalen Gesetzen und Verordnungen beinhalten darüber hinaus Anforderungen an den Umgang mit Fraud.[2]

Interne und externe betrügerische Handlungen wirken als operationelle Risikoereignisse auf ein Institut und verursachen einen finanziellen Schaden.[3] In der Praxis werden finanzielle Schäden von operationellen Risikoereignissen im Rahmen einer differenzierten Schadensfallmeldung gemäß einem Standardszenario-Katalog[4] an die institutseigenen Kontrollinstanzen gemeldet. Dabei kann es geschehen, dass Schäden infolge unerkannter betrügerischer Handlungen, anderen Kategorien zu sortiert werden. Fallen im Rahmen von nachgelagerten internen oder externen Prüfungshandlungen größere Schäden auf, die den Verdacht auf ausgeprägte fraudulente Handlungen nahelegen, löst die anschließende vertiefte Überprüfung oft ungewollte Nachwirkungen in der den Schaden meldenden Organisationseinheit aus. Auf der einen Seite kann ein

* Dr. Ingo Hoffmann und Dr. Thomas Schürmann sind Risiko- und Assetmanager in einer renommierten deutschen Bank und dort seit mehr als 20 Jahren mit der mathematischen Modellbildung in zentralen Themen der strategischen Vermögensallokation betraut. Kontakt: ingo.hoffmann@hhu.de und t.schurmann@icloud.com.

1 Im Folgenden mit Kreditinstituten, Wertpapierfirmen, Instituts- und Finanzholdinggruppen subsumiert unter dem Oberbegriff „Institut".

2 Exemplarisch sei hier die Verordnung (EU) Nr. 575/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über die Aufsichtsanforderungen an Kreditinstitute und Wertpapierfirmen genannt.

3 Vgl. bspw. Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht: Management operationeller Risiken – Praxisempfehlung für Banken und Bankenaufsicht, Basel, Februar 2003.

4 Vgl. bspw. Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht: Internationale Konvergenz der Eigenkapitalmessung und der Eigenkapitalanforderungen, Anhang 7, Basel, Juni 2004.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

letztlich unbegründeter Verdacht zu einer deutlichen Verunsicherung der betroffenen Mitarbeiter in der Organisationseinheit führen und zum anderen werden bei berechtigtem, aber nicht erhärtbarem Verdacht die Täter aufgeschreckt, sodass Ausweichhandlungen einen belastbaren Nachweis und damit eine Sanktionierung verhindern können. Abgesehen von diesem Problem – des richtigen Erkennens aber zu frühem Handelns – verursachen die vorgenannten Fehlentscheidungen, die aus statistischer Sicht mit Fehlern 1. Art und Fehlern 2. Art verknüpft sind, Kosten. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht gilt es, diese Kosten zu minimieren.

Die Kontrollinstanzen stehen somit letztlich vor zwei zentralen Fragen:

- Ab welcher Schadenshöhe kann fast sicher von einer fraudulenten Handlung ausgegangen werden?
- Bis zu welcher Schadenshöhe sollen zunächst weitere verdeckte Recherchen durchgeführt werden, bevor die betroffene Organisationseinheit informiert wird?

Der vorliegende Beitrag zeigt einen Weg auf, wie durch eine geeignete statistische Auswertung von Schadensmeldungen Auffälligkeiten erkannt werden können, wenn die gemeldeten Schadenshöhen mit statistisch begründeten Schwellwerten verglichen werden. Die Grundlage für die folgenden statistischen Auswertungen bietet der vom Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht bereits 2005 beschriebene „fortgeschrittene Messansatz“ für operationelle Risiken.[5]

Gängige Praxis ist derzeit, dass nahezu jedem vermeintlichen Betrugsverdachtsfall unter unmittelbarer Einbindung der betroffenen Organisationseinheit nachgegangen wird und dabei die oben genannten Nachteile – Verunsicherung der Mitarbeiter und Aufschrecken der Täter – in Kauf genommen werden. Das im Folgenden entwickelte statistische Verfahren bietet eine Möglichkeit für eine differenziertere Vorgehensweise, um diese Nachteile zu mildern.

2 Modellierung operationeller Risiken

Die Solvabilitätsverordnung[6] beschreibt die qualitativen und quantitativen Anforderungen für die Verwendung des fortgeschrittenen Messansatzes. Die Institute erhalten nur dann von der BaFin die Zulassung für die Verwendung eigener Risikomodelle zur Bestimmung des regulatorischen Anrechnungsbetrages für das operationelle Risiko, wenn sie diese Vorgaben erfüllen.[7] Solche Modelle basieren in der Regel auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schadenshöhe aus operationellen Risiken. Die Herangehensweise bei der Modellierung ist ähnlich wie in der Versicherungsmathematik. Genau wie dort werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen über allen positiven Eurobeträgen definiert und die benötigten Parameter der Verteilung aus den Schäden ermittelt.

Auf der Basis dieser Verteilungsfunktionen können weitere Risikoparameter wie zum Beispiel Quantile berechnet werden. Die Quantile können dann als Grundlage zur Berechnung der benötigten Eigenkapitalunterlegung dienen. Die Verteilungsfunktionen können darüber hinaus auch zur Ableitung von Verdachtsmomenten und zur Klassifizierung fraudulenter Handlungen genutzt werden. Die Vorgehensweise dazu wird im Folgenden weiter vertieft.

3 Erkennen von auffälligen Schadensmeldungen

Operationelle Risiken drücken sich in einem in Euro bewertbaren Schaden aus. Die im Einzelnen gemeldete Schadenshöhe kann verschiedenen Risikoereignissen entstammen. Grundsätzlich besteht ein Interesse daran, jeden gemeldeten Schaden auf die Möglichkeit einer betrügerischen Ursache hin zu überprüfen, um im Anschluss gegebenenfalls geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten. Eine solche Überprüfung kann verdeckt, das heißt zunächst nur durch weitere Recherchen, oder offen, das heißt unter Einbeziehung der meldenden Organisationseinheit erfolgen. Mit der zum Teil in der Praxis verwendeten einfachen Prämisse, dass große Schäden fast sicher einer fraudulenten Handlung entstammen, geht oft die sofortige Einbindung der betroffenen Organisationseinheit mit den oben geschilderten Nachteilen einher.

Der fortgeschrittene Messansatz dient als Ausgangspunkt für Verfahren zur Ableitung von Verdachtsmomenten.

Die von den Instituten gewählte Methoden zur Festlegung von Schwellwerten für die Beurteilung von großen Schäden sind oft prüfungsrelevant. Im Zusammenhang mit Verlustdaten besteht daher die Empfehlung des Baseler Ausschusses für Bankenaufsicht, die Schwellwerte möglichst mit statistischen Methoden zu begründen.[8]

Nach diesen Vorgaben könnte eine Wahl für einen solchen Schwellwert das arithmetische Mittel aller gemeldeten Schäden sein. Per Richtlinienvorgabe des Instituts würde dann jeder Schaden, der oberhalb des arithmetischen Mittels liegt, offen wei-

5 Basel Commitee on Banking Supervision: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards – A Revised Framework, Basel, November 2005.

6 Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 73, Bonn, 18. Dezember 2013, S. 4168–4182.

7 Vgl. Merkblatt von Deutsche Bundesbank Eurosystem und BaFin zur Zulassung eines fortgeschrittenen Messansatzes für operationelle Risiken, GZ, BA 17 – FR 2413 1/2006.

8 Vgl. bspw. zur Festlegung der unteren Meldegrenze sowie des Schwellwerts zur Abgrenzung von Extremereignissen: Basel Commitee on Banking Supervision: Operational Risk – Supervisory Guidelines for the Advanced Measurement Approach, Basel, Juni 2011, S. 25 sowie S. 40.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

ter überprüft werden. Damit kein Betrugsfall übersehen wird, werden die darunterliegenden Schadensmeldungen zunächst im Hintergrund weiter untersucht und dann ggf. weitere Schritte eingeleitet.

Allerdings streuen die gemeldeten Schäden in vielen Fällen etwa gleichanteilig um den Mittelwert, so dass im ungünstigen Fall rund die Hälfte aller gemeldeten Schäden unmittelbar einer offenen Untersuchung zugeführt werden müsste. Neben Kapazitätsengpässen sind bei diesem Vorgehen deutliche Verunsicherungen der Belegschaft zu befürchten und insofern nicht zielführend.

Eine Vermeidung dieser Nachteile könnte die Berücksichtigung der Verteilungsfunktion der gemeldeten Schäden und die Festlegung von Quantilen als Schwellwerte erreichen, zum Beispiel dadurch, dass lediglich die größten fünf Prozent aller Schäden unmittelbar einer offenen Überprüfung zugeführt werden. Die Grundidee dabei ist, dass ein deutliches Überschreiten des arithmetischen Mittelwertes als Warnhinweis für einen möglichen Betrug angesehen wird. Zwar reduziert sich damit die Anzahl der unmittelbar offen zu überprüfenden Schadensfälle, aber in der Praxis kann die Anzahl nach wie vor noch zu hoch sein und die oben geschilderten Nachteile beinhalten.

Methoden der Extremwertstatistik erweitern bestehende Ansätze.

Die Situation könnte weiter verbessert werden, indem dem maximalen gemeldeten Schaden oder den in dessen Nähe liegenden Schäden eine stärkere Bedeutung beigemessen wird. Aber auch der maximale Schaden muss nicht zwingend einem auffälligen Ereignis entsprechen. Um zu beurteilen, ob ein maximaler Schaden eine außergewöhnliche Ausprägung darstellen könnte, sollte er zumindest größer als der zu erwartende maximale Schaden des Berichtszeitraums sein.

Die Grundidee, den maximalen Schaden zu betrachten, wird im Folgenden statistisch weiter formalisiert. Dabei wird sich zeigen, dass die statistische Untersuchung des maximalen Schadens zur Ableitung eines Schwellwertes – oberhalb des zu erwartenden maximalen Schadens – geeignet ist. Der Schwellwert markiert dann eine Grenze, ab der unerwartete und damit auffällige Schäden gemeldet worden sind und eine unmittelbare, offene Überprüfung unter Einbeziehung der betroffenen Organisationseinheit in Erwägung gezogen werden sollte.

Aufbauend auf Methoden aus der Extremwertstatistik[9] wird nunmehr ein Konzept für die Ermittlung von erwarteten Maximalschäden und deren Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorgestellt. Dieses Konzept wird anschließend an einem Beispiel für unabhängig und identisch verteilte Schadensereignisse konkretisiert. Insbesondere werden in dem Beispiel die entsprechenden Formeln zur Berechnung des Schwellwerts und weiterer relevanter Größen angegeben.

4 Statistische Beschreibung des maximalen Schadens

Wir betrachten die allgemeine Situation, in der aus dem letzten Berichtszeitraum eine Stichprobe von n Schadenshöhen $x_1, x_2, ..., x_n$ vorliegt. Die Schäden seien dabei zu bestimmten periodischen Stichtagen im letzten Berichtszeitraum erfasst worden. Schadensmeldungen innerhalb einer Periode werden in dieser Betrachtung in einer Summe zusammengefasst und dem Stichtag zugeschrieben.[10] Grundsätzlich ist dabei jede Fristigkeit (täglich, wöchentlich, monatlich, quartalsweise) als Periodenlänge zur Aggregation der Schadensmeldungen möglich, wobei die gewählte Fristigkeit den Stichprobenumfang bestimmt.

Wird beispielsweise eine Erfassung der monatlich aggregierten Schäden im letzten Jahr (Berichtszeitraum) als Datenbasis betrachtet, so liegen $n = 12$ in Euro quantifizierte Schäden der einzelnen Monate des letzten Jahres vor.

Die Gesamtheit der im letzten Berichtszeitraum erfassten Schadenshöhen wird in der Wahrscheinlichkeitstheorie durch eine sogenannte Verbundwahrscheinlichkeit $P(X_1 \le x_1, X_2 \le x_2, ..., X_n \le x_n)$ beschrieben.[11] Diese repräsentiert hier die gemeinsame Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer speziellen Schadenskonfiguration im Berichtszeitraum.

Innerhalb der aus dem letzten Berichtszeitraum gemeldeten Schäden gibt es eine Schadenshöhe, die dem maximalen Schaden x^* des letzten Berichtszeitraums entspricht. Formal wird dieser Wert durch

$$x^* = \max(x_1, x_2, ..., x_n)$$

dargestellt. Für eine Periode in der Vergangenheit gibt es also mindestens einen Schaden, der dem Maximum aller gemessenen Stichprobenelemente entspricht. Alle anderen $(n-1)$ für den Berichtszeitraum gemeldeten Schäden sind kleiner oder in besonderen Ausnahmefällen gleich diesem Schaden x^*.

Werden in der Verbundwahrscheinlichkeit alle Schwellwerte für die einzelnen Schadenshöhen gleich dem maximalen Schaden x^* gesetzt, so bezeichnet der Ausdruck

$$G_n(x^*) = P(X_1 \le x^*, X_2 \le x^*, ..., X_n \le x^*)$$

die Wahrscheinlichkeit dafür, dass alle im letzten Berichtszeitraum eingetretenen Schäden kleiner

9 Vgl. Embrechts, P./Klüppelbert, C./Mikosch, T., Modelling Extremal Events, Springer, Berlin 1997.

10 Das statistische Modell der Schadenshäufigkeit wird dabei nicht betrachtet. Die Vorgaben zur Aggregation von Schäden sind zu beachten, vgl. bspw. Basel Commitee on Banking Supervision, Operational Risk – Supervisory Guidelines for the Advanced Measurement Approach, Basel, Juni 2011, S. 30.

11 Dabei sind mit X_k die Zufallsvariablen und mit x_k Schwellwerte bezeichnet. Vgl. hierzu auch Gnedenko, B. W., Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitstheorie, Verlag Harri Deutsch, 10. Auflage, Frankfurt am Main 1997.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

oder gleich dem maximalen Schaden x^* sind. Für einen sehr kleinen Wert von x^* ist beispielsweise die Wahrscheinlichkeit $G_n(x^*)$, dass alle Schäden kleiner sind als x^*, eher klein oder nahe bei 0. Für einen größeren Wert von x^* hingegen liegt diese Wahrscheinlichkeit nahe bei 1.

Die Frage, ob ein maximaler Schaden x^* auffällig ist, kann bei Kenntnis von $G_n(x^*)$ bewertet werden, denn dann liegt $G_n(x^*)$ tendenziell in der Nähe von 1. Um diese Aussage zu präzisieren, kann eine Schwelle G_0 – im Folgenden Auffälligkeitsschwelle genannt – vorgegeben und geprüft werden, ob die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$G_n(x^*) \geq G_0.$$

Ist diese Bedingung erfüllt, wird der maximale Schaden als auffällig definiert, und es sollten aus Sicht der institutsinternen Kontrollinstanzen weitere offene Untersuchungen vorgenommen werden.

Bei der Auswahl bzw. Vorgabe von G_0 gilt: Je näher der Wert bei 1 gewählt wird, umso „toleranter" ist die Überprüfung. Auffällige Schäden werden nicht bzw. erst bei sehr großer Schadenshöhe ausgewiesen. Würde die Schwelle gleich 1 gesetzt, dann wäre per Definition kein Schaden auffällig.

Hingegen haben zu kleine Auffälligkeitsschwellen den Nachteil, dass schon bei relativ geringen maximalen Schäden eine Auffälligkeit angezeigt wird.

Diese Interpretation von G_0 ist analog zum Konzept eines statistischen Hypothesentests. Im vorliegenden Fall entspricht die vergleichbare Vorgehensweise der statistischen Begründung dafür, dass der maximale Schaden x^* auffällig ist. Dem Wert $1-G_0$ käme darin die Bedeutung einer Irrtumswahrscheinlichkeit zu. Das heißt, in dem Anteil von $1-G_0$ aller Fälle wird der maximale Schaden x^* als auffällig klassifiziert, obwohl er tatsächlich noch unauffällig ist und zunächst verdeckt weiter untersucht werden sollte.

Bei den statistischen Hypothesentests wird in der Praxis die Irrtumswahrscheinlichkeit im Bereich von ein Prozent bis 20 Prozent festgelegt. Dies würde hier dem Wert $1-G_0$ entsprechen. Somit wäre G_0 typischerweise im Bereich zwischen 0,80 und 0,99 zu wählen.

5 Extremwertverteilungen bei unabhängig identisch verteilten Schäden

Es wird im Folgenden angenommen, dass die Schadenshöhen der Stichprobe paarweise unabhängig voneinander sind und unabhängig voneinander der gleichen Wahrscheinlichkeitsverteilung unterliegen.

Diese Voraussetzung ist in der Praxis häufig erfüllt, dennoch besteht die Empfehlung des Baseler Ausschusses für Bankenaufsicht die Gültigkeit dieser Annahme stets zu prüfen.[12] Im Rahmen einer statistischen Untersuchung wird dabei getestet, ob die Verteilungen der Schadenshöhen je Periode identisch sind und zwischen den Verteilungen kein Zusammenhang besteht. Bei einer monatlichen Betrachtung ist damit gemeint, dass beispielsweise die Schadensverteilung für Februar unabhängig von der Schadensverteilung im Januar ist und zusätzlich gilt, dass der Schaden im Februar dem gleichen Wahrscheinlichkeitsgesetz gehorcht wie der Schaden im Januar. Neben der Plausibilisierung aufgrund weiterer einzelfallbezogener Informationen bieten sich zur Überprüfung dieser Eigenschaften verschiedene statistische Tests an.[13]

Die statistische Beschreibung des maximalen Schadens erfolgt im Rahmen der Extremwertstatistik.

Unter dieser Voraussetzung kann dann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines jeden Schadens durch die gleiche Verteilungsfunktion beschrieben werden, und die Verbundverteilung lässt sich wie folgt als Produkt darstellen:

$$G_n(x^*) = P(X_1 \leq x^*) \times P(X_2 \leq x^*) \times \ldots \times P(X_n \leq x^*).$$

Da alle Verteilungsfunktionen für die einzelnen Schäden außerdem gleich sind, kann der Ausdruck weiter vereinfacht werden und es folgt:

$$G_n(x^*) = [P(X \leq x^*)]^n.$$

Die Funktion $G_n(x^*)$ ist die Verteilungsfunktion des maximalen Schadens innerhalb einer Stichprobe vom Umfang n und wird auch als Extremwertverteilung bezeichnet. Nachfolgend soll der Frage nachgegangen werden, wie die Extremwertverteilung aus dem statistischen Modell des operationellen Risikos abgeleitet werden kann.

6 Vom Modell des operationellen Risikos zur Extremwertverteilung

Mathematisch basiert das Modell des operationellen Risikos auf parametrischen Wahrscheinlichkeitsdichten $f(x)$ mit einer endlichen Anzahl von Parametern. Die Parameter können zum Beispiel die Lage und die Breite der Dichte über den möglichen Schadenshöhen beschreiben. In einem ersten Schritt werden die Verteilungsparameter anhand der vorliegenden Schadensdaten statistisch angepasst. Mit der so gewonnenen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion lässt sich der mit dem arithmetischen Mittel korrespondierende Erwartungswert $E[x]$ der Schäden berechnen.

Ferner lässt sich die Verteilungsfunktion $F(x^*) = P(X \leq x^*)$ als Integral von $f(x)$ über den links

12 Vgl. bspw. Basel Commitee on Banking Supervision, Observed range of practice in key elements of Advanced Measurement Approaches (AMA), Basel, Juli 2009, S. 57.

13 Insbesondere für den Fall kleiner Datensätze (ab $n > 10$): Turning-Point-Test, vgl. Bienaymé, I.-J., Sur une question de probabilités, Bull. Math. Soc. France, 2, 1874, S. 153–154; Wallis-Moore-Test, vgl. Wallis, W. A. / Moore, G. H., A Significance Test for Time Series, National Bureau of Economic Research, Technical Paper No. 1, 1941; für den Fall großer Datensätze: BDS-Test, vgl. Brock, W. / Deckert, W. / Scheinkmann, J., A Test For Independence Based On The Correlation Dimension, University of Wisconsin at Madison, Department of Economics Working Paper, 1987.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

von x^* liegenden Wertebereich (Ereignisbereich) berechnen.

Die Verteilungsfunktion der Extremwerte[14] hängt somit bei unabhängig identisch verteilten Schäden in einfacher Weise von dem Modell des operationellen Risikos ab:

$$G_n(x^*) = [F(x^*)]^n.$$

Klassifikation der Schäden durch Erwartungswerte und Quantile.

Der Erwartungswert $E[x^*]$ des maximalen Schadens berechnet sich damit als Integral über alle mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des maximalen Schadens gewichteten Schäden. Um den Erwartungswert zu berechnen, wird zunächst die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des maximalen Schadens als Ableitung der Extremwertverteilung bestimmt. Damit ergibt sich die Darstellung für die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des maximalen Schadens:

$$g_n(x^*) = n f(x^*) [F(x^*)]^{n-1}.$$

Schließlich lässt sich der Erwartungswert des maximalen Schadens als Integral über der allgemeinen Schadensvariablen x darstellen:

$$E[x^*] = \int dx\, x\, g_n(x).$$

Dieser Erwartungswert entspricht dem mittleren, maximalen Schaden und ist somit von dem arithmetischen Mittelwert der Schäden zu unterscheiden.

Die weiter oben eingeführte Auffälligkeitsschwelle G_0 entspricht einer Wahrscheinlichkeit und definiert ein Quantil Q der Extremwertverteilung $G_n(x)$. Der Wert des Quantils lässt sich mit der Extremwertverteilung berechnen:

$$G_n(Q) = G_0.$$

Das Quantil ist folglich eine Funktion der Auffälligkeitsschwelle: $Q = Q(G_0)$. Bei Werten von G_0 zwischen ein Prozent und 20 Prozent liegt das entsprechende Quantil Q oberhalb des Erwartungswertes $E[x^*]$ des maximalen Schadens.

Insgesamt lassen sich somit aus den statistischen Überlegungen drei markante Schadenswerte berechnen und für eine Schadensklassifizierung nutzen:

- Erwartungswert $E[x]$ der Schäden;
- Erwartungswert $E[x^*]$ des maximalen Schadens;
- Quantil $Q(G_0)$ zur vorgegebenen Auffälligkeitsschwelle G_0.

Ganz allgemein kann die Entscheidung, ob gemeldete Schäden zunächst verdeckt oder unmittelbar offen weiterverfolgt werden sollen, anhand der Extremwertverteilung G_n und der Überprüfung der Bedingung

$$G_n(x) \geq G_0$$

erfolgen.

Zusammenfassend dargestellt, können die benötigten Klassifizierungsmerkmale anhand vorliegender Schadensdaten durch folgende Vorgehensweise bestimmt werden:

- Auswahl des Schadensmodells $F(x)$ und Bestimmung der Verteilungsparameter.
- Bewertung der Qualität der Anpassung des Schadensmodells an die vorliegenden Daten durch Gütetests.[15]
- Berechnung des Erwartungswerts des Schadens $E[x]$, ggf. durch numerische Integration.
- Bestimmung der Verteilungsfunktion $G_n(x^*)$ und der Dichte $g_n(x^*)$ des maximalen Schadens.
- Berechnung des Erwartungswerts des maximalen Schadens $E[x^*]$ und des Quantils $Q(G_0)$, ggf. durch numerische Integration.

7 Beispiel

Die Anwendung des vorgestellten Verfahrens soll anhand einer beispielhaft angenommenen Schadensstichprobe eines Instituts gezeigt werden. Im konkreten Einzelfall in der Anwendung ist das Verfahren durch geeignete Erweiterungen an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen und die Angemessenheit laufend zu überwachen. Bei dieser Überwachung werden häufig Plausibilisierungs- und Validierungsmaßnahmen durchgeführt, um das Verfahren ggf. zu modifizieren und die individuellen Besonderheiten zu berücksichtigen. Die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten derartiger Verfahrensschritte sollen hier nicht weiter betrachtet werden.

In dem folgenden Beispiel meldet eine Organisationseinheit monatlich die aufgrund operationeller Risikoereignisse aufgetretenen Schäden an die institutsinternen Kontrollinstanzen. Dort werden die Daten aggregiert und weiter analysiert.

7.1 Schadensmeldungen aufgrund operationeller Risikoereignisse

Für die angenommene Organisationseinheit liegen aus dem vergangenen Kalenderjahr als Berichtszeitraum zwölf in Euro bemessene Schäden zur weiteren Analyse vor. In der Abbildung 1 sind diese Schäden als Säulengrafik dargestellt.

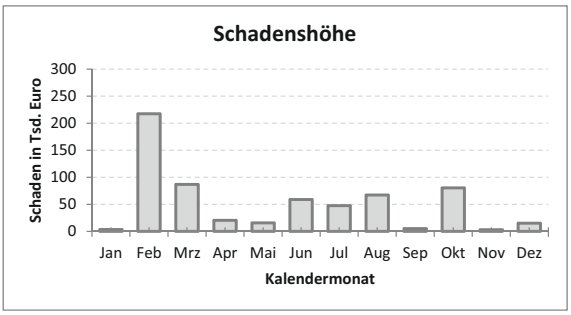

Abbildung 1: Dargestellt sind die monatlich aggregierten, im letzten Berichtszeitraum gemeldeten Schäden in Euro.

Bereits ohne weitere Analyse fällt in der Grafik der für den Monat Februar protokollierte Schaden

14 Vgl. Gumbel, E. J., Statistics of Extremes, Dover Publications Inc., Mineola, New York 2004.

15 Bspw. Kolmogorov-Smirnov-Test, Anderson-Darling-Test, Cramér-von Mises Test; vgl. Shorack, G. R./Wellner, J. A., Empirical Processes with Applications to Statistics, Chapter 5, Society for Industrial & Applied Mathematics, 2009.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

auf. Es stellt sich die Frage, ob dieser größte Schaden bereits als auffällig angesehen werden sollte oder nicht.

Zur Beantwortung ist zunächst die Modellierung des operationellen Risikos erforderlich, um in einem nächsten Schritt die Extremwertverteilung zu bestimmen.

7.2 Modell des operationellen Risikos

Statistische Analysen zeigen, dass vor allem im Schadensversicherungsbereich die Familie der Gammaverteilungen häufig als realistisches Modell für Einzelschäden infrage kommt.[16] Auch im Zusammenhang mit der statistischen Modellierung von Verlusten aus schlagend gewordenen operationellen Risiken wird diese Verteilungsfamilie oft als Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen gewählt.[17] Im vorliegenden Fall wird die Exponentialverteilung, als ein Vertreter dieser Familie, zur statistischen Modellierung der gemeldeten Schäden verwendet.[18] Diese Verteilung ist die Grenzverteilung der vom Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht zur Anwendung empfohlenen subexponentiellen Verteilungen.[19]

Für positive Schadenshöhen ist die Funktion der Exponentialverteilung gegeben durch das Integral über ihre Dichte $f(x)=\lambda \exp(-\lambda x)$ und gleich dem Ausdruck $F(x)=1-\exp(-\lambda x)$. Der Verteilungsparameter λ wird anhand der vorliegenden Schadensmeldungen bestimmt und berechnet sich als Kehrwert des arithmetischen Mittelwerts der einzelnen Schäden.

Die Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Exponentialverteilungsdichte (gestrichelt) als Modell für die Schäden, die aus den operationellen Risikoereignissen resultieren können. Dabei dienten die im letzten Berichtszeitraum gemeldeten Schäden (♦) zur Berechnung des Parameters λ. In dem vorliegenden Beispiel ist dieser Parameter gerundet etwa 1/50.

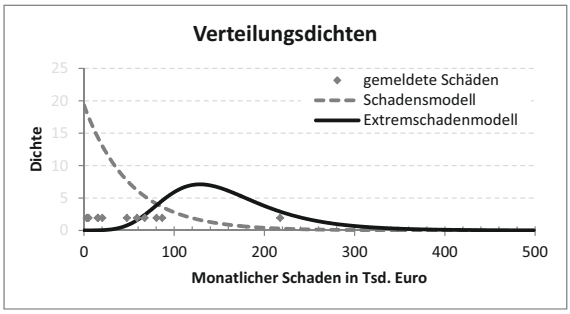

Abbildung 2: Dargestellt sind die im letzten Berichtszeitraum gemeldeten Schäden. Ein Ergebnis der Analyse der Schadensmeldungen ist der Parameter der Exponentialverteilung, die in dem vorliegenden Beispiel als Modell des Schadens (gestrichelt) verwendet wird. Darüber hinaus ist die aus der Exponentialverteilung abgeleitete Wahrscheinlichkeitsdichte des maximalen Schadens als Modell des Extremschadens eingezeichnet. Zur günstigeren Darstellung sind die Funktionswerte der Verteilungen auf der Hochachse in willkürlichen Einheiten bemessen.

Mit der Verteilungsdichte $f(x)$ der gemeldeten Schäden kann der Erwartungswert $E[x]$ berechnet werden. Dieser ist für die Exponentialverteilung identisch mit dem Kehrwert von λ. Der zuvor über das arithmetische Mittel der gemeldeten Schäden berechnete Wert für λ erlaubt somit eine Schätzung des Erwartungswerts der Schäden.

Vom Modell des operationellen Risikos zum Modell des maximalen Schadens.

7.3 Extremwertstatistik: Die Wahrscheinlichkeitsdichte des maximalen Schadens

Das zuvor angepasste Modell für den Schaden führt zur Extremwertverteilungsfunktion:

$$G_n(x)=[1-\exp(-\lambda x)]^n.$$

Aus dieser Verteilungsfunktion lässt sich durch Bildung des Differentialquotienten die Wahrscheinlichkeitsdichte $g_n(x)=\frac{d}{dx}G_n(x)$ für den maximalen Schaden bestimmen:

$$g_n(x)=n\,\lambda \exp(-\lambda x)\,[1-\exp(-\lambda x)]^{n-1}.$$

Die durchgezogene Linie in Abbildung 2 zeigt die Lage und den Verlauf dieser Dichte über der waagerechten Achse als Extremschadenmodell.

7.4 Der Erwartungswert des maximalen Schadens

Die mit der Wahrscheinlichkeitsdichte $g_n(x)$ gewichteten möglichen Schäden führen durch Integration auf den Erwartungswert des maximalen Schadens:

$$E[x^*]=\frac{1}{\lambda}H_n.$$

Hierbei bedeutet H_n die n-te Partialsumme der harmonischen Reihe und heißt die n-te harmonische Zahl:

$$H_n=\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\cdots+\frac{1}{n}.$$

Für große n lässt sich die harmonische Zahl mit Hilfe der Logarithmusfunktion in guter Näherung berechnen und damit für die Praxis der folgende einfache Zusammenhang ableiten[20]:

$$E[x^*]\approx\frac{1}{\lambda}(\gamma+\ln(n)).$$

Die Konstante γ ist die Euler-Mascheroni-Konstante und hat den gerundeten Wert von $\gamma=0{,}5772$.

16 Im Allgemeinen ist die Wahl der Verteilungsfunktion durch entsprechende Anpassungs- und Verteilungstests zu validieren. Vgl. Shorack, G. R./Wellner, J. A., Empirical Processes with Applications to Statistics, Chapter 5, Society for Industrial & Applied Mathematics, 2009.

17 Vgl. bspw. Basel Commitee on Banking Supervision, Observed range of practice in key elements of Advanced Measurement Approaches (AMA), Basel, Juli 2009, S. 54.

18 Vgl. exemplarisch Mack, T., Schadensversicherungsmathematik, Schriftenreihe Angewandte Versicherungsmathematik, Verlag Versicherungswirtschaft, 2. Auflage, Karlsruhe 2002.

19 Basel Commitee on Banking Supervision, Operational Risk – Supervisory Guidelines for the Advanced Measurement Approach, Basel, Juni 2011, S. 40.

20 Für große n strebt G_n asymptotisch gegen die Gumbel-Verteilung. Daraus folgt der Erwartungswert für große Stichproben. Vgl. Embrechts, P./Klüppelbert, C./Mikosch, T., Modelling Extremal Events, Springer-Verlag, Berlin 1997, S. 155.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

Abgrenzung von Verdachtsbereichen durch statistisch begründete Schwellwerte.

Dieser Ausdruck zeigt, dass der Erwartungswert des maximalen Schadens proportional zum Erwartungswert der gemeldeten Schäden (hier: $1/\lambda$) und proportional zur logarithmierten Anzahl der betrachteten Perioden im letzten Berichtszeitraum ist. Mit einer steigenden Anzahl von Stichprobenelementen wächst daher der erwartete Schaden monoton steigend wie die Funktion des natürlichen Logarithmus, wenn λ konstant bleibt. Für kleine Stichproben führt die obige Näherungsformel zu einer leichten Unterschätzung des tatsächlichen Erwartungswerts des maximalen Schadens. Der relative Fehler zwischen dem genäherten und dem exakten Erwartungswert strebt jedoch bei wachsendem Stichprobenumfang n gegen Null. So beträgt auf Jahressicht bei monatlicher Erfassung der relative Fehler rund 1,3 Prozent, wogegen er bei wöchentlicher Erfassung bereits auf unter 0,7 Prozent sinkt.

7.5 Extremwertverteilung, Auffälligkeitsschwelle und Verdachtsbereich

Die Extremwertverteilung $G_n(x)$ liefert für verschiedene maximale Schäden Werte zwischen 0 und 1. So ist der Wert der Verteilungsfunktion für den im Februar gemeldeten Schaden beispielsweise G_n (217.000 Euro) = 0,85. Dies entspricht der Wahrscheinlichkeit von 85 Prozent für das Auftreten eines Schadens bis zur Höhe von 217.000 Euro.

Bei der hier angenommenen Irrtumswahrscheinlichkeit von fünf Prozent wird G_0 in dem vorliegenden Beispiel auf den Wert 0,95 festgelegt. Ab diesem Wert soll ein gemeldeter Schaden als auffällig angesehen werden. Damit kann institutsintern zum Beispiel die Maßnahme verbunden sein, umgehend die betroffene Organisationseinheit in die weiteren Recherchen einzubinden.

Im vorliegenden Fall lässt sich durch Umstellen der Extremwertverteilung G_n die Umkehrfunktion G_n^{-1} bestimmen. Sie definiert die Quantilsfunktion Q und berechnet zu jeder vorgegebenen Auffälligkeitsschwelle den Schadenswert als Quantil. Dieses Quantil grenzt nach unten einen Auffälligkeitsbereich ab. Fallen gemeldete Schäden in diesen Bereich, so sollten sie als auffällig angesehen werden.

In dem hier betrachteten Beispiel wird der Auffälligkeitsbereich nach unten durch den Wert von $Q(G_0) = G_n^{-1}(0{,}95) = 282.000$ Euro abgegrenzt.

Die Abbildung 3 verdeutlicht noch einmal diese Situation für das Beispiel.

7.6 Klassifikation der gemeldeten Schäden

Die vorgestellte statistische Analyse führt auf die drei markanten Schadenswerte, die sich im diskutierten Beispiel wie folgt berechnen lassen:

- Erwartungswert der Schäden:

$$\mathrm{E}[x] = \frac{1}{\lambda}$$

- Erwartungswert des maximalen Schadens:

$$\mathrm{E}[x^*] = \frac{1}{\lambda} H_n$$

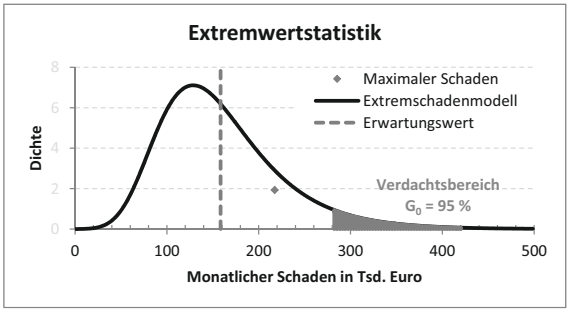

Abbildung 3: Dargestellt ist noch einmal die Wahrscheinlichkeitsdichte für den maximalen Schaden. Die Funktionswerte sind dabei wieder in darstellungsgünstigen Einheiten gewählt worden. Zusätzlich eingezeichnet sind der im letzten Berichtszeitraum gemeldete maximale Schaden und dessen Erwartungswert. Außerdem ist der Auffälligkeitsbereich schraffiert dargestellt, der durch das Quantil zur vorgegebenen Auffälligkeitsschwelle nach unten begrenzt wird.

- Quantil zur Auffälligkeitsschwelle:

$$Q(G_0) = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(1 - (G_0)^{\frac{1}{n}}\right)$$

Diese drei Klassifikationsmerkmale unterteilen den Bereich aller möglichen Schadenswerte in vier Teilbereiche. Die Abbildung 4 verdeutlicht die Lage der markanten Schadenswerte und die Ausdehnung der damit abgegrenzten Schadenshöhenbereiche. Der dargestellte dunkelgrau hinterlegte Bereich ④ markiert den Bereich für Schadenshöhen, die als auffällig angesehen werden sollten.

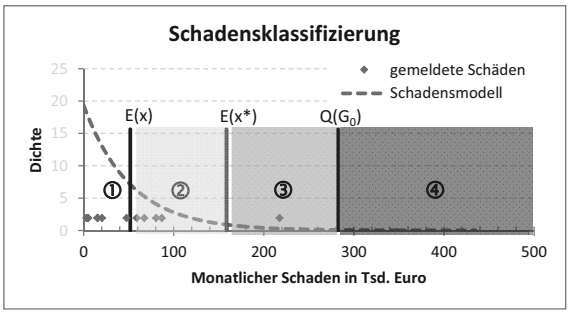

Abbildung 4: Die Grafik zeigt drei markanten Schadenswerte mit den entsprechend abgegrenzten Schadenshöhenbereichen (siehe Text). Zusätzlich sind der Verlauf der Wahrscheinlichkeitsdichte der Exponentialverteilung als Schadensmodell und die vorliegenden Schäden dargestellt. Der im letzten Berichtszeitraum gemeldete maximale Schaden fällt in den dritten Schadenshöhenbereich und wird in dem hier vorliegenden Fall als noch nicht auffällig angesehen.

7.7 Vom Risikomodell zur Risikoüberwachung

Neben der rückblickenden Bewertung gemeldeter Schäden in der zuvor vorgestellten Weise kann das Verfahren auch genutzt werden, um künftige Schadensmeldungen hinsichtlich möglicher Auffälligkeiten zu klassifizieren. Dazu wird das Modell für das operationelle Risiko anhand von gemeldeten Schäden angepasst, die als fraudfrei beziehungsweise fraudbereinigt gelten.

In dem vorliegenden Beispiel wird vorausgesetzt, dass die Daten aus dem letzten Kalenderjahr (Berichtszeitraum) als fraudfrei identifiziert und das

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

mathematische Modell für die Schäden aufgrund operationeller Risikoereignisse angepasst worden ist. Anhand des dunkel schraffierten linken Zeitbereichs in der Abbildung 5 fand also die Risikomodellierung statt.

Das auf diesen vergangenen Berichtszeitraum angepasste Risikomodell liefert bei weiterer Auswertung die markanten Schadenswerte $E[x]$, $E[x^*]$, und $Q(G_0)$.

Das Risikomodell und die markanten Schadenswerte werden dann im aktuellen Zeitbereich (mittlerer Bereich in Abbildung 5) zur Risikoüberwachung verwendet.

So fällt im vorliegenden Beispiel der hohe Schadenswert im Monat Mai auf, der aber noch als nicht auffällig angesehen wird, weil $x < Q(G_0)$ und damit $G_n(x) < G_0$ gilt. Liegt nach einer weiteren Untersuchung des betreffenden Schadensvorfalls eine plausible Erklärung für die Schadenshöhe vor, die eine betrügerische Handlung ausschließen lässt, wird der für den Mai gemeldete Schaden als fraudfrei eingestuft.

Sämtliche im aktuellen Zeitraum gemeldeten und als fraudfrei bewerteten neuen Schadensmeldungen können zur Verbesserung des Risikomodells genutzt werden, das heißt, das Risikomodell kann fortlaufend anhand der neuen Daten überprüft und gegebenenfalls neu adjustiert werden.

Mit zunehmend vergrößerter Datenbasis kann das Modell auch zur Risikoprognose für künftige Zeiträume genutzt werden. Die Prognose würde dann den fraudfreien Fall abdecken und in einem entsprechenden Risikoreport einen Ausblick auf den erwarteten Schaden bzw. den möglichen erwarteten maximalen Schaden erlauben, vgl. Abbildung 5.

7.8 Erweiterungen

Wie zuvor gezeigt, kann im Fall der Exponentialverteilung der erwartete maximale Schaden $E[x^*]$ – abhängig vom Stichprobenumfang – explizit berechnet werden. Dies ist für andere Verteilungen im Allgemeinen nicht möglich, und es müssen dann numerische Berechnungen durchgeführt werden. Für einige wenige, in der Praxis relevante Schadensverteilungen[21] gelingt es aber, Näherungsformeln[22] anzugeben, mit deren Hilfe der erwartete maximale Schaden $E[x^*]$ und das Quantil $Q(G_0)$ zur Auffälligkeitsschwelle jeweils näherungsweise berechnet werden können. Außerdem kann für diese Schadensverteilungen auch der Erwartungswert des Schadens $E[x]$ – abhängig von den Verteilungsparametern – explizit angegeben werden. Somit lassen sich für diese Verteilungen alle drei Klassifikationsmerkmale bestimmen und der Bereich aller möglichen Schadenswerte in die zuvor eingeführten vier Teilbereiche unterteilen, vgl. Abbildung 4.

Die Tabelle 1 stellt die in der Literatur angegebenen Näherungsformeln und die benötigten mathematischen Zusammenhänge für diese Schadensverteilungen in einer Übersicht zusammen. Sind die Verteilung des Schadens und deren Parameter bekannt, können die vom Stichprobenumfang abhängigen Werte a und b sowie der Erwartungswert des maximalen Schadens und das Quantil gemäß den dort angegebenen Formeln berechnet werden. Von besonderem Interesse ist nun, wie gut diese Approximation zum Beispiel im Vergleich zum wahren Erwartungswert des maximalen Schadens ist. In Abschnitt 7.4 wurde zur Beurteilung dieser Güte bereits der relative Fehler zwischen geschätztem und wahrem Erwartungswert eingeführt.

Es ist festzustellen, dass zwar der relative Fehler des Erwartungswertes für den maximalen Schaden für steigenden Stichprobenumfang gegen Null strebt, jedoch zeigt sich auch, dass die Näherungsformeln in der Regel den Erwartungswert des maximalen Schadens unterschätzen und der relative Fehler – außer bei der Exponentialverteilung – deutlich von den Verteilungsparametern des Schadensmodells abhängig ist und zum Teil Werte von über zehn Prozent annimmt. Daher können die Näherungsformeln der Tabelle lediglich eine Indikation für die Größenordnung des erwarteten maximalen Schadens darstellen. Ist eine genauere Berechnung der Klassifikationsmerkmale ($E[x]$, $E[x^*]$ und $Q(G_0)$) erforderlich, so kann dies bei bekanntem Schadensmodell durch numerische Integration erfolgen.

Der Baseler Ausschuss für Bankenaufsicht listet in dem 2011 erschienen Praxisbericht darüber hin-

Vom Risikomodell zur Risikoüberwachung und weiter zur Risikoprognose im Risikoreport.

21 Vgl. bspw. Basel Commitee on Banking Supervision, Observed range of practice in key elements of Advanced Measurement Approaches (AMA), Basel, Juli 2009, S. 55.

22 Vgl. Embrechts, P./Klüppelbert, C./Mikosch, T., Modelling Extremal Events, Springer-Verlag, Berlin 1997, S. 155.

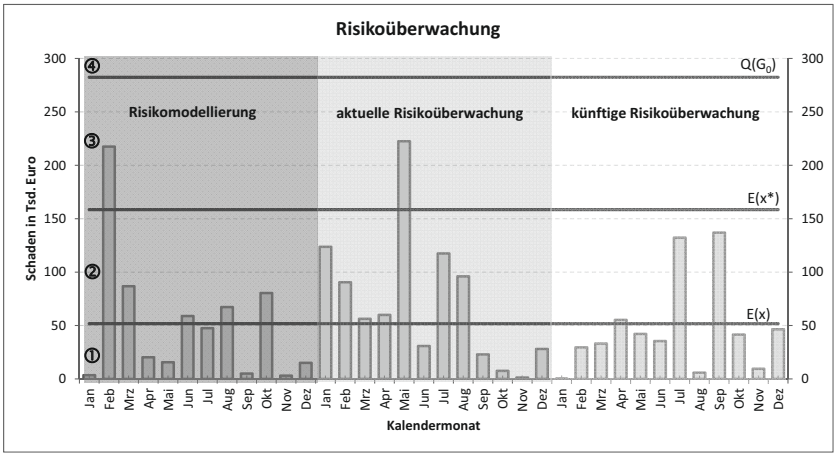

Abbildung 5: Aus den fraudfreien Daten im ersten Berichtszeitraum (links) kann ein Risikomodell für die Schäden aus operationellen Risikoereignissen erstellt werden. Dieses Modell und die berechneten markanten Klassifikationsmerkmale $E[x]$, $E[x^*]$ und $Q(G_0)$. können im aktuellen Zeitraum (mittig) zur Risikoüberwachung genutzt werden. Neue fraudfreie Daten des aktuellen Überwachungszeitraums werden zur Verbesserung des Risikomodells genutzt und gestatten für künftige Risikoüberwachungszeiträume (rechts) eine sukzessiv besser werdende Risikoprognose.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53

Lizenziert für Herrn Dr. Ingo Hoffmann.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

Grenzverteilung							
	Gumbel	$g(x)$	$= \frac{1}{b}\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\exp\left(-\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\right)$		$\mathrm{E}[x^*]$	$=$	$a+\gamma b$
			$x\in\mathbb{R}\quad a\in\mathbb{R}\quad b>0\quad \gamma=0.5772...$		$Q(G_0)$	$=$	$a-b\ln(-\ln G_0)$
Schadensmodell							
I.	**Lognormal**	$f(x)$	$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x}\exp\left(-\frac{(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$		$\mathrm{E}[x]$	$=$	$\exp\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)$
			$x>0\quad \mu\in\mathbb{R}\quad \sigma>0$				
		a	$= \exp\left(\mu+\sigma\left(\sqrt{2\ln n}-\frac{\ln(4\pi)+\ln\ln n}{2\sqrt{2\ln n}}\right)\right)$				
		b	$= \frac{\sigma}{\sqrt{2\ln n}}\,a$				
II.	**Gamma**	$f(x)$	$= \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)}\,x^{\alpha-1}\,\exp(-\lambda x)$		$\mathrm{E}[x]$	$=$	$\frac{\alpha}{\lambda}$
			$x>0\quad \alpha>0\quad \lambda>0$				
		a	$= \frac{1}{\lambda}\left(\ln n+(\alpha-1)\ln\ln n-\ln\Gamma(\alpha)\right)$				
		b	$= \frac{1}{\lambda}$				
III.	**Exponential**	$f(x)$	$= \lambda\,\exp(-\lambda x)$		$\mathrm{E}[x]$	$=$	$\frac{1}{\lambda}$
			$x>0\quad \lambda>0$				
		a	$= \frac{1}{\lambda}\ln n$				
		b	$= \frac{1}{\lambda}$				
IV.	**Weibull**	$f(x)$	$= \lambda\alpha\,(\lambda x)^{\alpha-1}\,\exp(-(\lambda x)^\alpha)$		$\mathrm{E}[x]$	$=$	$\frac{1}{\lambda}\,\Gamma\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)$
			$x>0\quad \alpha>0\quad \lambda>0$				
		a	$= \frac{1}{\lambda}\,(\ln n)^{\frac{1}{\alpha}}$				
		b	$= \frac{1}{\lambda\alpha}\,(\ln n)^{\frac{1}{\alpha}-1}$				

Tabelle 1: Bei den Schadensmodellen I bis IV gehorcht der maximale Schaden im Grenzfall großer Stichproben einer Gumbel-Verteilung mit den Parametern *a* und *b*. Sind diese Parameter bekannt, können der Erwartungswert E [*x] des maximalen Schadens und das Quantil $Q(G_0)$ zur Auffälligkeitsschwelle berechnet werden. Für jedes Schadensmodell ist der mathematische Zusammenhang zwischen den Parametern des Schadensmodells und den Parametern *a* und *b* sowie dem Erwartungswert E [*x*] des Schadens angegeben. Sind das Schadensmodell und dessen Parameter bekannt, können somit die Klassifizierungsmerkmale berechnet werden.**

Ausblick auf die Anwendung des Verfahrens bei institutsindividuellen Schadensverteilungen.

aus weitere von Instituten genutzte – zum Teil zusammengesetzte – Schadensverteilungen auf, bei denen im konkreten Einzelfall nur durch numerische Integration die für eine Abgrenzung der vier Teilbereiche benötigten Klassifikationsmerkmale berechnet werden können.

8 Fazit

Werden Fälle fraudulenter Handlungen bei einem Institut öffentlich bekannt, besteht die Möglichkeit eines erheblichen Verlusts der Reputation. Über den eigentlichen Schaden hinaus drohen somit durch mögliche Geschäftsrückgänge und aufsichtsrechtliche Sanktionen weitere Vermögensverluste. Insofern besteht institutsintern ein großes Interesse daran, betrügerische Handlungen aufzudecken und zu sanktionieren.

Betrüger bringen viel kriminelle Energie und Kreativität auf, um ihre Aktivitäten zu verschleiern, und es ist nicht immer leicht, unter der Vielzahl der gemeldeten Schäden aus operationellen Risikoereignissen jene aufzudecken, die möglicherweise im Zusammenhang mit einer betrügerischen Handlung stehen.

Eine bestimmte Schadenshöhe kann bei der einen Organisationseinheit eines Instituts einen guten Grund haben, bei einer anderen aber einen Hinweis auf kriminelles Verhalten darstellen. Daher wäre eine auf Organisationseinheiten differenzierte Vorgehensweise wünschenswert.

Der vorliegende Beitrag versucht eine weitere Möglichkeit aufzuzeigen, wie anhand von Schäden, die aufgrund eines operationellen Risikoereignisses aus einer Organisationseinheit gemeldet werden, eine vertiefte statistische Analyse erfolgen kann, um statistische Auffälligkeiten in den Daten zu erkennen und damit mögliche Verdachtsmomente abzuleiten, die eine unmittelbar offene, weitere Überprüfung nach sich ziehen sollten.

Die Grundidee ist eine Erweiterung der bestehenden Risikomodelle, die im Rahmen des fortgeschrittenen Messansatzes nach Basel II von den Instituten genutzt werden können. Dieser Ansatz führt institutsindividuell auf eine Verteilung, die Auskunft über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens geben kann. Untersuchungen hinsichtlich möglicher fraudulenter Handlungen finden dann unter anderem anhand solcher Schadensmodelle statt. Dabei kann das Überschreiten eines Schwellwertes, zum Beispiel des durchschnittlich zu erwartenden Schadens, ein erster Hinweis auf fraudulente Handlungen sein. Das hier vorgeschlagene Verfahren ergänzt die gängigen Risikomodelle um Methoden der Extremwertstatistik, mit deren Hilfe zwei weitere Schwellwerte für eine differenziertere Bewertung der gemeldeten Schäden berechnet werden können. Die Schäden können damit in vier Klassen eingeteilt werden, wobei die höchste Klasse die auffälligen Schäden umfasst. Abhängig von der Schadensklasse kann institutsintern somit eine angemessene Vorgehensweise zur weiteren Untersuchung eines Einzelschadens festgelegt werden.

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2017 - (http://www.zrfcdigital.de) 04.12.2017 - 09:53