Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 88 (1997)

Heft: 1

Artikel: Die Risikoanalyse aus versicherungstechnischer Sicht = Risk analysis from the actuarial point of view

Autor: Krebs-Morger, René

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982309

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **88**, 28–51 (1997)

Die Risikoanalyse aus versicherungstechnischer Sicht*

Risk Analysis from the Actuarial Point of View

Key words: Insurance, Risk analysis, Epidemics, Law of large numbers, Central limit theorem

René Krebs-Morger
«Winterthur» Versicherungen, Winterthur

Einleitung

Wir leben heute in einer Welt, die in weiten Teilen als «technisch gemacht» gilt. Wir haben uns umgeben mit künstlichen Objekten (Artefakten), die von Ingenieuren oder Wissenschaftlern entwickelt und gebaut worden sind. Technologische Vernetzung und Mechanisierung prägen das heutige Gesellschaftsbild, wobei die damit verbundenen Veränderungen vielfach durch qualitative Sprünge mit «Quantensprung-Natur» erfolgen. Die Technologiesprünge des 19. und 20. Jahrhunderts ermöglichten so die Realisierung einer Vielfalt von Chancen. Leider wurden damit aber auch Gefahren mit globalen Ausmassen heraufbeschworen.

Umfelder und die davon abhängigen Strukturen von Unternehmungen haben seit einiger Zeit drastische Veränderungen erfahren. Dabei wird ein Unternehmen durch extrinsische Einflüsse wie gesetzliche Auflagen, Erwartungshaltung von Kunden/Konsumenten/Gesellschaft und Globalisierung der Märkte sowie intrinsische Faktoren wie die zunehmende Komplexität von Fertigungsprozessen und Konzentration der Produktivität durch Automation beeinflusst. Solche Einflussgrössen können das Erreichen von Unternehmenszielen stark behindern oder sogar verunmöglichen. Die Internationalisierung unserer modernen Zeit verlangt somit ganzheitliche Betrachtungsweisen, die frühzeitig durch eine Unternehmung wahrgenommen werden müssen. So sind zusätzlich zu den bereits erwähnten Faktoren

- Abhängigkeiten von Lieferanten bzw. Abnehmern («just in time»),
- Wertkonzentrationen pro Standort (technische Grossrisiken),
- Internationalisierung der Konkurrenz (Firmenfusionen),
- Kriminalität und Terrorismus (Sabotage) oder

* Vortrag gehalten an der 29. Arbeitstagung der Schweiz. Gesellschaft für Lebensmittelhygiene, Zürich, 21. November 1996

– kumulierte Schadenpotentiale durch Massenproduktion und Massendistribution in die Überlegungen einer Gesamtanalyse der Unternehmung einzubeziehen.

Der Erfolg und damit die Existenz eines Unternehmens hängt somit vom richtigen Umgang und der adäquaten Einschätzung dieser Faktoren ab. Es gilt immer, die Risiken, denen ein Unternehmen im eigenen Umfeld ausgesetzt ist, gesamtheitlich und zielgerichtet zu analysieren und danach soweit zu reduzieren, dass ein Unternehmenserfolg gewährleistet wird. Dabei liegt es in der Natur von Versicherungsgesellschaften, immer im Spannungsfeld von Objekt und den davon ausgehenden Gefahren dazwischengeschaltet zu werden. Aus diesem Grund wird hier kurz auf die historische Entwicklung des Versicherungswesens eingegangen.

Rückblick/Historie

Der Wunsch nach körperlicher und wirtschaftlicher Sicherheit ist eines der Grundbedürfnisse des Menschen überhaupt.

So entstanden bereits um 2000 v. Chr. die ersten Gefahrengemeinschaften der Babylonier, die Karawanengemeinschaften.

Die Phönizier, Griechen und Römer betrieben die Institution des Seedarlehens, einer Vorläuferin der heutigen Seetransportversichenung. Dabei stellte ein Kapitalgeber einem Kaufmann für den Seetransport seiner Güter ein Darlehen zur Verfügung, das dieser nur für den Fall mit Zinsen zurückzahlen musste, als die Güter den Bestimmungsort auch tatsächlich unversehrt erreichten.

Im Mittelalter betrieben Landherren und Klöster eine Art von Geschäften, die stark den heutigen Leibrentenverträgen (Lebensversicherung) entsprachen, und in Genua entdeckte man eine aus dem Jahre 1347 stammende Schiffskaskoversicherung, die als die älteste erhaltene Versicherungspolice gilt. Im 17. Jahrhundert versicherte man sich für den Todesfall besonders kurzfristig vor grossen Reisen. Da jedoch die Leistungen bei Ermordung des Versicherungsnehmers nicht erbracht werden mussten, kamen findige Versicherungsgeber in Antwerpen auf die Idee, ihre Kunden nach Einzahlung der hohen Prämiensummen umbringen zu lassen (1).

Die modernen Versicherungen haben ihren Ursprung im Handel mit den Kolonien, aus der Erfahrung grosser Brandkatastrophen, dem Übergang von der Lehens- zur Geldwirtschaft sowie in der kreativen Grundlagenarbeit vieler Mathematiker. An dieser Stelle seien die im 17. und 18. Jahrhundert wirkenden Persönlichkeiten erwähnt, die den theoretischen Grundstock der heutigen Versicherungsmathematik legten. So führte der Engländer Edmund Halle (1656–1742) die Sterblichkeitstafel ein. Die Franzosen Blaise Pascal (1632–1662), Pierre de Fermat (1601–1665) und der Holländer Christian Huygens (1629–1695) begründeten die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Der Basler Jakob Bernoulli (1654–1705) postulierte das Gesetz der grossen Zahl, und die Holländer Jan de Witt (1625–1705) und Johannes Hudde (1628–1704) begründeten die Rentenrechnung. Ihre Untersuchungen ermöglichten dem Engländer James Dodson (1710–1757) die Gründung einer Lebensversicherungsgesellschaft, deren Versicherungspolicen erstmals auf

den richtigen technisch-mathematischen Grundlagen basierten. Schliesslich begründeten der Basler Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) und der Deutsche Karl Friedrich Gauss (1777–1855) die moderne mathematische Statistik, auf deren Grundlagen die heutige Versicherungsmathematik beruht.

In der Schweiz erfolgte die Gründung von Versicherungsgesellschaften erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts. So wurden 1805/06 in den Kantonen Aargau, Bern und Thurgau die ersten Gebäudeversicherungsanstalten gegründet. 1826 erfolgte, als erste private Sachversicherungsgesellschaft, die Gründung der «Schweizerischen Mobiliarversicherungs-Gesellschaft».

Im Anschluss an das 1848 in der Bundesverfassung vereinheitlichte Wirtschaftsgebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft wurden weitere private Versicherungsunternehmen gegründet. So folgten
1857 die Rentenanstalt, Zürich,
1858 La Suisse Assurance, Lausanne
1863 die Schweizer Rück, Zürich
1864 die «Basler»,
1875 die «Winterthur»,
1922 die «Vita» und andere mehr.

Versicherungsformen

Die modernen Versicherungsformen sind gekennzeichnet durch die Merkmale der *Versichertengemeinschaft,* die dem Bedürfnis des einzelnen Menschen nach Schutz und Sicherheit entspricht, der *Gegenseitigkeit* oder Solidarität, der *grossen Zahl* mit einer gleichmässigen Verteilung des Risikos, der statistischen *Zufälligkeit* des versicherbaren Ereignisses sowie der daraus abgeleiteten *Schätzbarkeit* zur Ermittlung der Prämienbeiträge. Zusätzlich müssen die *Rechtsansprüche* des Versicherungsnehmers, der *Vermögensbedarf* einer Versicherungsgesellschaft sowie die *Wirtschaftlichkeit* von Versicherungsverträgen und der Grundsatz des *Bereicherungsverbotes* (im Schadenfall) gewährleistet sein.

Die Einteilung der Versicherungsformen (Abb. 1) kann entweder nach der Bemessung der *Versicherungsleistung* oder nach dem *versicherten Gegenstand* erfolgen. Wird die Unterteilung aufgrund der Versicherungsleistung vorgenommen, so unterscheidet man zwischen einer *Summenversicherung* (z. B. Lebensversicherung) und einer *Schadenversicherung* (z. B. Unfallversicherung). Betrachtet man jedoch den versicherten Gegenstand als Einteilungskriterium, so wird zwischen Sach-, Vermögens- und Personenversicherung unterschieden.

Sachversicherung

Die Sachversicherung versichert Schäden am *eigenen Gut (Realobjekte)* (2). Der Schaden wird ersetzt, wenn er während der Vertragsdauer eintritt oder festgestellt wird (Deckung nach dem Ereignisprinzip). Das Ereignisprinzip wird immer dann

Versicherungsbranchen

nach der Bemessung der Versicherungsleistung

Schadenversicherung
(Vergütung des
effektiven Schadens)

Summenversicherung
(Vergütung einer im voraus
festgelegten Summe)

nach dem versicherten Gegenstand

Sach-
versicherung

Vermögens-
versicherung

Personen-
versicherung

nach dem **versicherten Ereignis oder der versicherten Sache** in Versicherungszweige, -branchen und -sparten

Feuerversicherung
Diebstahlversicherung
Wasserversicherung
Technische Versicherungen
Tierversicherung uam.

Betriebsunterbrechungs-
versicherungen
Haftpflichtversicherung
Kautionsversicherung
Rechtsschutzversicherung

Unfallversicherung
Lebensversicherung
Krankenversicherung
Invaliditätsversicherung

Abb. 1. Einteilung der Versicherungsbranchen

angewendet, wenn Ursache (Verursachung) und Wirkung zeitlich zwingend nahe beieinanderliegen, wie z. B. Feuer, Glasbruch, Elementarschäden, Ski- oder Maschinenbruch usw. Innerhalb der Sachversicherung werden entsprechend der Einteilung nach der *versicherten Gefahr* verschiedene Versicherungszweige oder -branchen unterschieden: die Feuer-, Wasser-, Diebstahl- und Epidemie- oder Hygienerisiko-Versicherungen seien hier als Beispiele erwähnt. Eine weitere, oft gemachte Einteilung orientiert sich am versicherten Objekt oder nach der versicherten Kundengruppe wie Gebäude-, Geschäfts-, Industrie- oder Landwirtschaftsversicherung. Eine strenge Einteilung in Sach- und Vermögensversicherung wird aus praktischen Gründen nicht immer eingehalten. In der Sachversicherung werden auch Teile der Vermögensversichenung wie die Betriebsunterbrechungs- oder die Mietertragsausfall-Versicherung angeboten.

Hygienerisiko-Versicherung («Epidemie-Versicherung»)

Die Hygienerisiko-Versicherung, als Spezialität der Sachversicherung, ersetzt finanzielle Folgen von Massnahmen, die aus gesundheitspolizeilichen Gründen von der zuständigen Behörde ergriffen werden. Entsprechend den Vorgaben aus dem Epidemien- sowie dem Lebensmittel- und Tierseuchengesetz können Betriebsunterbrüche oder -schliessungen angeordnet werden. Lebensmittelgesetz und -verordnungen ermöglichen zudem die Konfiskation von Waren, die im Betrieb geführt werden, und das Verhängen von Tätigkeitsverboten für Personal, das Krankheitserreger ausscheidet, wenn diese die Gesundheit der Konsumenten gefährden können. Die Versicherung ersetzt Schäden in jenen Fällen, in denen trotz bestem Qualitätsbewusstsein und Hygienekonzept im Betrieb Erreger übertragbarer Krankheiten festgestellt wurden und behördliche Massnahmen oder Empfehlungen zur Verhinderung solcher Krankheiten die Folge sind.
Ersetzt wird im Schadenfall:

- der entgangene Bruttogewinn als Folge einer behördlich angeordneten Betriebsunterbrechung während maximal 360 Tagen sowie
- Schäden durch Vernichtung oder Wiederaufbereitung von Waren und
- Mehrkosten bei Tätigkeitsverboten für im Betrieb tätige Personen sowie die Kosten für Reinigung und Desinfektion des Betriebes, die Vernichtung von Waren und medizinische Untersuchungen.

Der soeben erwähnte Versicherungstyp erfasst Schäden, die während der Vertragsdauer *verursacht* werden (Verursacherprinzip). Der Grund dafür liegt in den möglichen grossen Inkubationszeiten einzelner Erreger übertragbarer Krankheiten, z. B. in der Nutztierversicherung (Onkovirosen des Leukose-Sarkom-Komplexes der Hühner) oder Verderbserreger beim Hartkäse, der von Spätblähungen durch *Clostridium tyrobutyricum* in der Genussfähigkeit stark beeinträchtigt wird.

Haftpflichtversicherung

Der Bereich der Haftpflichtversicherung stützt sich auf das jeweils örtlich geltende Haftpflichtrecht ab. Aus verschiedenen Gründen ist es nicht leicht, den Begriff des Haftpflichtrechts zu fassen. Die Ausdrücke «Haftung», «Verantwortlichkeit» oder «Schädigung» sind weit gespannt. In der Rechtsprechung hat sich eine Vorstellung über diese Begriffe herausgeschält, ist aber dennoch einer permanenten Entwicklung unterworfen. Dabei können die Merkmale der «Haftung» wie folgt umschrieben werden:

- Haftung bedeutet die Pflicht, für den Schaden, den man einem anderen zugefügt hat, einzustehen.
- In der Regel handelt es sich um Sach-, Personen- (Körperverletzung, Tötung) oder Vermögensschäden.
- Die Schädigung erfolgt zumeist (fahrlässig oder schuldlos, selten vorsätzlich) durch Unfall.
- Nicht unter den Begriff der Haftung fallen die Verletzung von Persönlichkeitsrechten und Schädigungen im Wirtschaftswettbewerb (Ruf-Schädigung).

Durch die mögliche grosse Zeitdifferenz zwischen Ursache und Wirkung (z. B. Asbestose) wird der Versicherungsschutz nach dem Verursacherprinzip gewährt. Die verschiedenen Aspekte des Haftpflichtrechts und die daraus abgeleiteten versicherungsrechtlichen Vorgaben sind so umfassend, dass es den Rahmen dieses Referates sprengen würde. Im übrigen wird an dieser Stelle auf den Beitrag zu diesem Themenkreis in Heft 16 der Schriftenreihe der SGLH vom 28. November 1986 (19. Arbeitstagung) (3) verwiesen.

Personenversicherung

Die Personenversicherung befasst sich mit Schäden, die an natürliche Personen gebunden sind und die während der Vertragsdauer festgestellt werden (Deckung nach dem Ereignisprinzip). Soweit in dem hier zur Verfügung stehenden Rahmen auf diesen Versicherungstyp eingegangen werden kann, sei nur an die in den letzten Jahren zunehmend in die öffentliche Diskussion geratene Analyse des genetisch prädisponierten Erkrankungsrisikos einzelner Personen oder Personengruppen erinnert. Dabei kommt der Analyse von Gendefekten, auf die bekannte, genetisch bedingte Erkrankungen (Erbkrankheiten) ursächlich zurückgeführt werden können, eine immer grössere Bedeutung zu. In den biologischen und medizinischen Wissenschaften herrscht Einigkeit darüber, die exakte Struktur des menschlichen Erbmaterials, wie auch diejenige der Organismen der klassischen genetischen Modellsysteme (z. B. Bakterien der Gattung *Escherichia*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*; Protozoen der Gattung *Trypanosoma*, *Plasmodium*, *Toxoplasma*; Cestoden der Gattung *Taenia*, *Echinococcus* oder der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* u.v.a.m.) (4–6) zu kennen. Diese Kenntnisse werden nicht nur dem Verständnis, der Prävention und der Therapie von Erbkrankheiten dienen, sie sind auch unentbehrlich für die Therapie chronischer Leiden des Menschen, wobei der Kartierung des menschlichen Genoms eine zentrale Bedeutung zukommt. Der Aufwand für die

Bestimmung des Zustandes von bekannten Genen (Genotypisierung), die für interessierende Erb- oder prädisponierte chronische Krankheiten verantwortlich sein können, ist noch immer gross. Der Umgang mit dem gentechnischen Werkzeug wie Restriktionsendonucleasen, Gensonden, Radio-Tracer u.a.m. ist nur speziell eingerichteten Labors vorbehalten. Einfacher wäre da ein System mit dem krankheitsassoziierte Phänotypen bestimmt werden könnten, indem man auf geeignete Genprodukte (Phäne als Proteine mit Antigencharakter) untersucht. Mit der Bestimmung der Verteilungsmuster von humanen Leukozytenantigenen HLA stände ein bereits bekanntes Messsystem der HLA-Phänotypisierung von gesunden (oder bereits erkrankten) Personen zur Verfügung, auf dem man diagnostische und prognostische Aussagen abstützen könnte.

Zur Analytik eines breiten HLA-Spektrums sind, je nach Gruppen von interessierenden HLA-Determinanten 10 bis 50 ml Frischblut erforderlich, aus dem die Lymphozyten (Fraktion weisser Blutzellen) isoliert und mit den Antiseren zu den interessierenden HLA-Phänotypen inkubiert werden. Mittels einer zytotoxischen Reaktion und geeigneter Anfärbung kann die Reaktion im Phasenkontrastmikroskop überprüft und der HLA-Phänotyp bestimmt werden. Das «relative Risiko» rR für eine (zukünftige) Erkrankung wird (nach Woolf) wie folgt berechnet:

$$rR = \frac{\textit{Anzahl HLA-positiver Patienten x Anzahl HLA-negativer Kontrollen}}{\textit{Anzahl HLA-negativer Patienten x Anzahl HLA-positiver Kontrollen}}$$

Liegt das relative Risiko unter 1,0, so kommt bei diesen Patienten die fragliche HLA-Determinante seltener vor als bei der Normalbevölkerung. So haben z. B. Träger von HLA-B7 eine Glutenenteropathie (Zöliakie) mit einem rR von 0,4 weniger zu fürchten als die Normalbevölkerung.

Häufiger ist jedoch das erhöhte Erkrankungsrisiko mit signifikanten rR-Werten über 1,0. So haben z. B. Träger der HLA-B8-Determinante eine 11fach grössere Chance, eine Zöliakie zu entwickeln als HLA-B8-negative Personen (7, 8). Unter vielen weiteren HL-Antigen-assoziierten Krankheiten sind die folgenden erwähnenswert:

Erkrankung	HL-Antigen	rR
Shigellen-Arthritis	B27	20,7
Salmonellen-Arthritis	B27	17,6
Yersinia-Arthritis	B27	17,4
Schizophrenie	A9, B27	11,9
Morbus Alzheimer	B7, Cw3	28,0
chronisch aktive Hepatitis	DR3	13,9

Wie noch gezeigt werden kann, wird mit der Angabe des relativen Risikos noch nicht das ganze Ausmass des wirtschaftlich zu erwartenden Schadens angegeben. Das rR lässt lediglich eine Aussage über die zu erwartende Frequenz der in einer Bevölkerungsgruppe mit bekanntem HLA-Status auftretenden Krankheiten zu. Mit der dazugehörigen Tragweitenanalyse muss zusätzlich für jede Krankheit das absolute Risiko abgeschätzt werden.

Trotz positiver Aspekte der Genom- oder HLA-Phänotypenanalyse für die Medizin sind diese Technologien durch nicht abwägbare Folgen, als dem Grundproblem jeden Fortschrittes, umstritten. Wer trägt die ethische und gesellschaftspolitische Verantwortung bei der Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse? Bereits heute ist klar, dass das Wissen einer Person um ihre Disposition zur beruflichen Selektion («Der nackte Manager») (9) oder der Einstufung in Risikogruppen für eine Lebens- oder Krankenversicherung genutzt werden kann. Man muss damit die Frage nach dem Recht auf «Nicht-Wissen» und der Gewichtung von *Versichertengemeinschaft* versus *Risikoselektion* stets neu beantworten und die Resultate der demokratischen und politischen Bewertung mit internationaler Ausrichtung überantworten.

Gebrauchskonventionen für Begriffe

Die nachfolgenden Konventionen sind so abgefasst, wie sie in der Versicherungswirtschaft am häufigsten verwendet werden:

«Risiko» (Risk):

– mathematische Konvention	=	Funktion von *Tragweite* und *Wahrscheinlichkeit:* Risiko = f (T, H): (nach Tragweite und Häufigkeit bewertete Folge eines Störprozesses)
– ökonomische Konvention	=	Produkt von *Schadenausmass x Häufigkeit*
Tragweite	=	quantifizierter Begriff für nicht eingetretene Erwartungen eines zielorientierten Systems
Wahrscheinlichkeit	=	relatives «Risiko» für den Eintritt eines Schaden- oder Erkrankungsereignisses ($0 < p < 1$)
Häufigkeit	=	Schadenfälle pro Zeiteinheit
Gefahr (Hazard Potential for Harm)	=	qualifizierender Begriff für nicht eingetretene Erwartungen eines zielorientierten Systems (Unternehmung), verursacht durch Störungen
Risikoprämie	=	ökonomisches Messresultat für ein auf die Versicherungsgesellschaft überwälztes Risiko

Sicherheit = Zustand, der durch das Fehlen von Gefahren und/oder den dazugehörigen Eintretenswahrscheinlichkeiten erreicht wird ($0 < S < 1$).

Eine erweiterte Terminologie ist im Anhang aufgeführt.

Sicherheit (S) und relatives Risiko (rR) haben eine direkte Beziehung so zueinander, dass die Bedingung $S = 1 - rR$ immer erfüllt ist. In der Vergangenheit wurde Sicherheit hauptsächlich im Zusammenhang mit physischen Risiken im Umfeld menschlicher Tätigkeiten angesiedelt. Darunter fallen etwa die Sicherheit am Arbeitsplatz (Arbeitshygiene), Sicherheit im Strassenverkehr oder Sicherheit vor kriminellen Akten. Heute und in der Zukunft wird der Begriff «Sicherheit» überall dann eingesetzt, wenn man die Risiken der:

- *Produktsicherheit* zum Schutz der Konsumenten
- *Systemsicherheit* zur Erhöhung der gesamtheitlichen Sicherheit von industriellen oder kommerziellen Systemen
- *Hard-* und *Software-Sicherheit* zum Schutz der Anlagen und deren Benützern
- *Umweltsicherheit* zum Schutz aller Umweltbereiche

zu betrachten hat.

In den letzten Jahren ist das Sicherheitsbewusstsein der Bevölkerung stark angewachsen, was auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden kann. Anthropogene Umweltbeeinflussungen (Luft- und Wasserbelastungen, geänderte Ozonkonzentrationen am Boden und in der Stratosphäre, Erschöpfung der natürlichen Ressourcen) sowie Grossunfälle (Seveso, Bhopal, Tschernobyl, Schweizerhalle, Exxon Valdes, Piper Alpha) führten und führen zu einer immer höheren gesetzlichen Regulationsdichte (z. B. Störfallverordnung, Luftreinhalteverordnung, Gewässerschutzgesetz und -verordnungen, Lebensmittelgesetzgebung, Produktehaftpflicht usw.). Anstrengungen sind demnach für eine tragbare Sicherheit auf allen Gebieten notwendig. Der Begriff «tragbar» muss im Kontext von subjektiven Wertvorstellungen und zukünftigen Entwicklungen oder Erkenntnissen definiert werden. Nur so können Risikokommunikation, -wahrnehmung und -akzeptanz von Industrie, Behörden und Bevölkerung gemeinsam zu gesamtheitlichen Lösungsmodellen für die anstehenden komplexen Probleme führen.

Analyse subjektiver Risiken

Für die Analyse subjektiver Risiken wird hier der Begriff «subjektiv» im naturwissenschaftlichen, betriebsindividuellen Sinne auf die Betrachtung oder Analyse von Risiken in einer einzelnen Unternehmung oder im einzelnen Betrieb angewendet. Es handelt sich somit um die individuelle Einschätzung von Risiken durch die Versicherungsgesellschaft für den im Einzelfall zu beurteilenden Betrieb. Das Resultat dieser individuellen Einschätzung erscheint dann in Form einer Kombination von Versicherungsbedingungen (Umschreibung von versicherten Gefahren, Versicherungssummen, Selbstbehalten) und der darauf bemessenen Prämie.

In der Versicherungswirtschaft werden die Zielkundengruppen meistens in die beiden Segmente «Einzel- oder Privatpersonen» und «Unternehmungen» unterteilt. In den nun folgenden Betrachtungen wird nur noch auf das Branchensegment «Unternehmungen» eingegangen, in dem man in der Regel zwischen Standard- und Grossgeschäft unterscheidet. Zusätzlich werden für die weiteren Betrachtungen die versicherbaren Gefahren auf die «übertragbaren Krankheiten» und die «Haftpflicht» beschränkt.

Standardgeschäft

Für das Standardgeschäft basiert die Berechnung der Risikoprämie als Messgrösse für das durch die Versicherung zu übernehmende Risiko auf einer retrospektiven Betrachtung der Schadenentwicklung einer grossen Anzahl versicherter subjektiver Risiken während einem grösseren Zeitraum. Dies ermöglicht es, die Prämienberechnung (Tarifierung) auf Risikoklassen abzustützen. In der Hygienerisiko-Versicherung für lebensmittelverarbeitende Betriebe werden diese in drei Risikoklassen eingeteilt. Es sind dies:

1. Betriebe mit *Frischfleisch, Meeresfrüchten* oder *Konsumeiern* (Produktion, Verarbeitung, Handel)
2. *Restaurations-, Beherbergungsbetriebe* (Hotels, Motels, Internate, Heime, Spitäler), *Bäckereien/Konditoreien, Molkereien, Käsereien*
3. alle übrigen *Betriebsarten.*

Die Prämienberechnung erfolgt über die den einzelnen Risikoklassen zugeordneten Prämiensätze von 0,2 bis 0,3‰ des vom Betrieb erwirtschafteten Jahresumsatzes. Der Jahresumsatz bildet zugleich die vertraglich festgelegte Versicherungssumme, was der höchstmöglichen Entschädigungsgrenze entspricht, welche die Versicherungsgesellschaft garantiert. Dieses stark vereinfachte Tarifmodell gewährleistet eine gute Praktikabilität und Transparenz für den Kunden und die Versicherungsgesellschaft.

Die Einfachheit dieses Tarifes ist mit einer Reduktion der Schätzgenauigkeiten und einer verminderten «Risikogerechtigkeit» verbunden; hat sich jedoch in der Praxis bewährt.

Für eine Betriebshaftpflicht-Versicherung werden der Risikoverteilung entsprechend mehr und zum Teil auch andere Risikoklassen definiert und für die Prämienberechnung verwendet. Zusätzlich kommt der Festlegung versicherungstechnischer Rahmenbedingungen wie Versicherungssummen, Selbstbehalte, Positivliste für versicherte Gefahren oder den qualitativen Auflagen zur Gefahrenreduktion grosse Bedeutung zu.

Grossgeschäft

Unter «Mittel- und Grossgeschäft» versteht man in der EU-Norm Angebote von Versicherungsverträgen für Unternehmen ab 20 Mitarbeiter und mehr als 5 Mio. Fr. Jahresumsatz. Mit zunehmender Grösse der zu versichernden Unterneh-

men nimmt auch deren Anzahl stark ab. Dieser Umstand führt zu einem zunehmend schwächeren Risikoausgleich mit entsprechend grösseren Vertrauensgrenzen in der Prämienberechnung. Die Risikobeurteilung (Tragweitenanalyse) erstreckt sich im allgemeinen Fall auf die Komponenten «Ökonomie» und «Beherrschbarkeit technischer Prozesse».

Die Versicherungsgesellschaft muss sich, auch zur Wahrung der Einheit der Doktrin, auf die Erhebung tariflich vorgegebener prozesstechnischer und kommerzieller Daten stützen.

Als ökonomische Parameter werden Jahresumsatz, Bruttogewinn, Wert von Warenlagern, Haftzeit und davon abhängig Versicherungssummen und Selbstbehalte verwendet. Weiter werden qualitative und quantitative Angaben über:

die *eigene Produktion,*
die *Konfektionierung eingekaufter Halbfertigwaren* und
abgepackter oder offener *Handelsware* erhoben.

Für die Festlegung von Versicherungssummen wird eine «PML- (Probable Maximum Loss) Bestimmung» durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Tragweitenabschätzung, die sich am *wahrscheinlichen Höchstschaden* orientiert, ohne dass dabei eine kaum denkbare Katastrophe angenommen wird. Je nach Umständen muss die Tragweitenanalyse aber auf eine MPL-Schätzung ausgedehnt oder kann auf eine EML- (Estimated Maximum Loss) Bestimmung beschränkt werden (2). Die Einschätzung der Schadenerwartung hängt stark vom Dispersionsgrad einzelner betriebsspezifischer Risiken ab, wie z. B.:

- zentrale Versorgung des/der Betriebe(s) mit Prozesswasser
- zentrale Lüftungen (Klimaanlagen) oder Druckluftversorgungen
- Grundstoffe, die vielen Produktchargen beigefügt werden (Kulturen für fermentierte Lebensmittel)
- Gemeinschaftsverpflegungen von Personal, welches nach dem Genuss von infiziertem Essen so lange von der Bearbeitung von offenen Lebensmitteln dispensiert ist, wie die Mitarbeiter pathogene Keime ausscheiden.

Zur Beurteilung von Risiken aus der allgemeinen Haftpflicht sind zusätzlich topographische (Umweltrisiken) und verbraucherspezifische Überlegungen in eine PML-Schätzung einzubeziehen.

Zur Beurteilung technischer Prozesse werden die Parameter «Risikoklasse» und «Qualitätssicherungskonzept» herangezogen, wobei zwischen den fünf Risikoklassen

- *Geflügelschlachtung, -verarbeitung,*
- *Frischfleisch und Comestibles,*
- *Gastgewerbe und Milchverarbeitung,*
- *Futtermittel und Getreidemühlen* sowie
- *Tiefkühllager* unterschieden wird.

Natürlich werden unter den hier aufgezählten Risikoklassen noch weitere Betriebsarten erfasst, so dass das gesamte Spektrum der Lebensmittelindustrie abgedeckt werden kann. Die Erhebung prozesstechnischer Daten wird unterteilt in die Prozessrisikoklassen *erster* und *zweiter* Ordnung. Die Risikoklassen entspre-

chen dabei den Klassen für die kritischen Kontrollpunkte (CCP) mit der entsprechenden Gewichtung für die dazugehörigen Risikoprämien.

Unter der Risikoklasse erster Ordnung werden Angaben über Edukte und Produkte sowie die Prozessparameter für Sterilisation (F°-Werte), Pasteurisation (P-Werte) sowie aw- und pH-Werte erfasst (17).

Bei der Risikoklasse zweiter Ordnung werden Vorgänge wie Kühlung, Zerlegung, Entbeinen, Waschen, Eviszeration (Ausweiden), Verpackung oder Lagerung von Edukten und Produkten bewertet. Mit der Art der Produkte und der zugehörigen Prozesse lassen sich ausgehend vom Tarif die den einzelnen Risiken zuzuordnenden Prämien bestimmen.

Der *leistungsorientierten Beurteilung* einer bereits erfolgten Zertifizierung und der betriebsspezifischen Umsetzung des HACCP-Konzeptes im Hinblick auf die Gewährung von Prämienrabatten kommt eine grosse Bedeutung zu. In der Prämienberechnung wird auf der Basis des schriftlich unterbreiteten Qualitätssicherungskonzeptes ein individueller Prämienrabatt gewährt. Beim Fehlen geeigneter QS-Konzepte können, je nach Beurteilung des Betriebes, auch Risikozuschläge in die Prämienberechnungen einfliessen.

Sind die Voraussetzungen für eine Tarifierung (Prämienberechnung) unklar, wenig transparent oder wünscht der Betriebsleiter eine Einschätzung durch die Versicherung vor Ort, so wird eine Sicherheitsanalyse für das Unternehmen durchgeführt. Das Ziel einer solchen Analyse ist die Risikobewältigung durch eine Unternehmung, die zu entscheiden hat, welche Risiken vermieden, vermindert, überwälzt und selbst getragen werden können. Bevor jedoch mit einer Risikobewältigung begonnen werden kann, müssen Risiken identifiziert werden. Die Professionalität und Effizienz, mit welcher Risiken untersucht werden, bestimmt das Verhältnis zwischen identifizierten und nicht identifizierten Risiken, wobei eine Risikobewältigung naturgemäss nur auf identifizierte Risiken abgestützt werden kann. Die Gefahr, die von nicht identifizierten Risiken ausgeht, ist dann vital für ein Unternehmen, wenn ein grosser Anteil am Gesamtrisiko nicht erkannt wurde oder zwischen tragbaren und nicht tragbaren Risiken nicht unterschieden werden kann (10).

Es gibt eine Vielzahl von Methoden, welche für die Sicherheits- oder Risikoanalysen eingesetzt werden. Sie können in drei Gruppen unterteilt werden:

- empirische Methoden (stützen sich vor allem auf die Schadenerfahrung)
- analytische Methoden (deduktive und induktive Methodik)
- prospektive Methoden (zukunftsprojektierte Intuition).

Im folgenden wird nur auf die analytischen Methoden eingegangen.

Sicherheitsrisikoanalyse

Deduktive Methoden erlauben es, von einem bekannten Ereignis ausgehend, rückwärts logisch abzuleiten, wie sich die Ursachenkette zusammensetzt. Man spricht in diesem Fall auch von «top-down» Methoden, da man zu oberst beim (grössten) Ereignis beginnt und sich von dort zu den möglichen auslösenden Ursachen hinunterarbeitet. Diese Methoden sind auf Detailanalysen ausgerichtet

und eignen sich sehr gut zur Untersuchung spezifischer Ereignisse oder Schadenfälle. Zu dieser Gruppe gehören die Fehlerbaumanalyse (Fault Tree and Event Tree Analysis) (11, 12), die Human Reliability Analysis (HRA) (12) oder der Management Oversight and Risk Tree (MORT).

Die induktiven Methoden ermöglichen im umgekehrten Verfahren von den wahrscheinlichen Ursachen und Gefahren ausgehend, auf die zu erwartenden Wirkungen oder Folgen zu schliessen. Man beginnt somit bei den Ursachen von Störungen und leitet davon Szenarien ab, welche zum Grossereignis führen. Man bezeichnet dieses Vorgehen auch als «bottom-up»-Methode. Solche Methoden eignen sich besonders zum Erarbeiten eines Überblicks über die Gesamtheit der Risikosituation. Zu dieser Gruppe gehören die HAZOP (Hazard and Operability Study) (12), die Ausfall-Effekt-Analyse (FEMA = Failure Mode and Effects Analysis) sowie die Anwendungen der prognostischen Mikrobiologie (Predictive Microbiology) (16). Beim HACCP-Konzept (13) erfolgt die Beurteilung auf qualitativer Ebene und könnte damit aber wohl als Basis zu einer induktiven Methode dienen.

Die amerikanische Militärnorm 882 (14, 15) umreisst eine Methode der Grobanalyse (Preliminary Hazard Analysis), um Gefahren zu bewerten und einen Vergleich mit den vorgegebenen Sicherheitszielen zu ermöglichen. Die Bewertungsmassstäbe sind relativ und lassen sich deshalb für praktisch alle Situationen einsetzen. Dies ergibt bei der Anwendung eine hohe Anpassungsfähigkeit und Effizienz der Methode, die sich daher gut als Ausgangspunkt für eine praxisorientierte induktive Methode für Sicherheitsanalysen eignet. Zu diesem Zweck wird jedes erkannte Risiko in einer Risikomatrix nach Häufigkeit und Tragweite bewertet (Abb. 2). Die Bewertung wird in einem Grobraster für die sechs Häufigkeitsstufen «unmöglich», «unwahrscheinlich», «selten», «gelegentlich», «wahrscheinlich» und «häufig» und den vier Tragweitenstufen «gering», «mittel», «gross» und «sehr gross» durchgeführt. Ein solcher Raster setzt eine sehr konsequente Bewertung der Risiken voraus, was viel Übung an Objekten mit ähnlichen Struktur-Funktions-Beziehungen voraussetzt. Obwohl die Risikomatrix die gesamte Risikosituation eines Unternehmens darstellt, kann noch nicht abgeleitet werden, welche Risiken tragbar und welche nicht tragbar sind. Eine solche Unterscheidung wird erst möglich, wenn durch das Management eine klar formulierte Politik mit definierten Sicherheitszielen vorgegeben wird. Diese Sicherheitsziele können durch die Anwendung der benutzten Massstäbe für die Tragweite und Häufigkeit von Gefahren in die Matrix eingesetzt werden. Die Norm 882B macht Vorschläge, wie in verschiedene Zonen unterteilt werden kann:

- Zone 1: nicht tragbare Risiken
- Zone 2: unerwünschte Risiken, aber zusätzliche Entscheidung über Massnahmen durch vorgesetzte Instanz nötig
- Zone 3: tragbare Risiken, aber Bestätigung durch vorgesetzte Instanz nötig
- Zone 4: ohne weitere Überprüfung tragbare Risiken

Der nun folgende Schritt konzentriert sich auf die Risikobewältigung. In der Hygienerisiko-Versicherung beschränken sich die Folgen eines Störprozesses durch versicherungstechnische Abgrenzungen (Vertragserfüllung) auf Sach- und

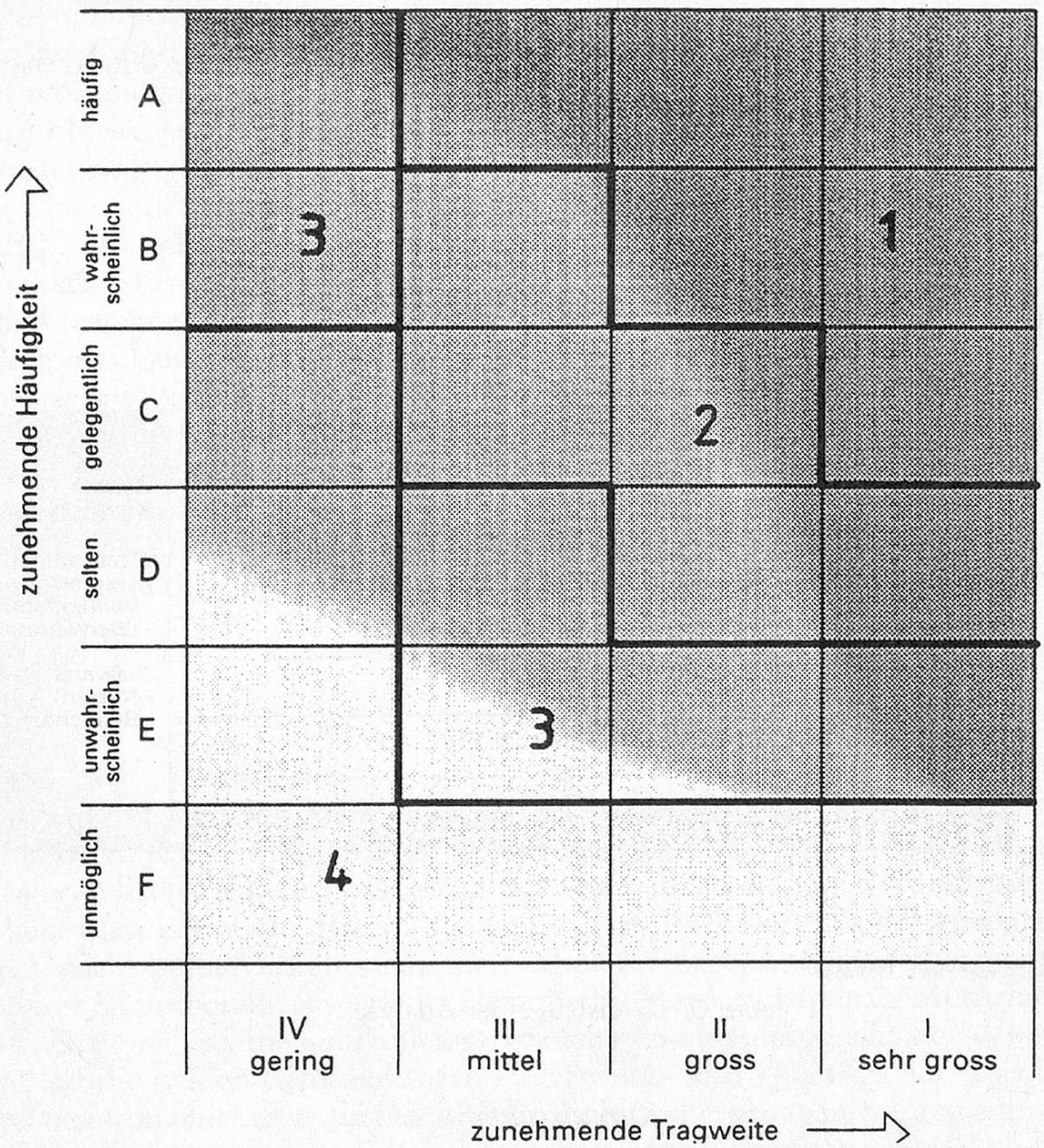

Abb. 2. Risikomatrix nach der US-Norm MIL-STD-882 (14–16)

Vermögensschäden, was die Risikobewältigung auf Überlegungen zum Kosten-Nutzen-Verhältnis beschränkt. Bei der Behandlung jedes einzelnen Risikos müssen Massnahmen nach bestimmten Kriterien entwickelt werden. Dabei ist zu unterscheiden (Norm 882) zwischen:

- *vermeiden* von Gefahren und Ursachen
- *vermindern* der Tragweite von Risiken
- *überwälzen* von Risiken nach aktiver Risikobewältigung (passive Risikobewältigung: Alarme, Warnungen, Versicherungen usw.)
- *organisieren* von Notfällen, Ausbildung, Übungen für Rettungsaktionen, um das selbstzutragende Restrisiko, das noch grosse Risiken enthalten kann, bewältigen zu können.

Nach den Schritten «Risikoidentifizierung», «Risikomatrix», Festlegung der «Sicherheitsziele» und «Risiko-Bewältigungsmassnahmen» verbleibt noch die

Ausführung und die entsprechende Überwachung und Kontrolle, um den Kreislauf der Sicherheitsanalyse zu schliessen (Abb. 3).

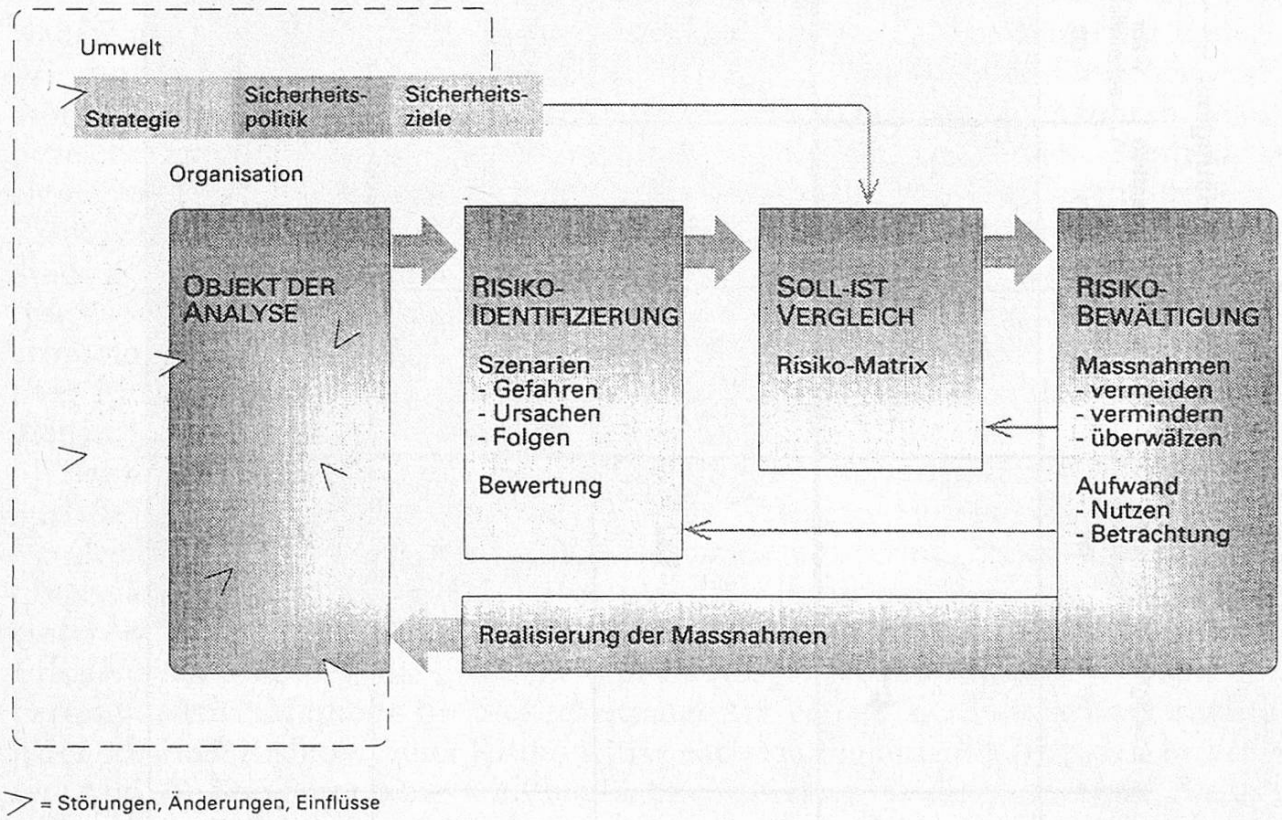

Abb. 3. Kreislauf einer Analyse

Kumulrisiken

Um den Ansprüchen der Vollständigkeit zu genügen, sei an dieser Stelle noch kurz auf die Problematik der «Kumulrisiken» eingegangen. Im Unterschied zu einzelnen Grossschäden sind Katastrophen eine Häufung von Einzelschäden der gleichen Ursache. Von einer Katastrophe sind beliebig viele Objekte und/oder Personen betroffen, die keine oder rein zufällige wirtschaftliche Einheiten bilden. Im Falle eines Grossschadens ist ein isoliertes Objekt, eine Person oder eine zusammengehörige Gruppe der beiden Kategorien zu betrachten. Katastrophen und Grossschäden können als kumulierte Risiken die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit von Versicherungsgesellschaften existentiell gefährden. Solche Kumulrisiken sind dementsprechend in der Versicherungswirtschaft gefürchtet, da sie bei der Prämienkalkulation nicht hinreichend berechnet werden können. Um gleichwohl solche Grossrisiken zeichnen zu können, sei es aus sozial-, gesellschafts- oder marktpolitischen Gründen, hat die Versicherungswirtschaft mit der Gründung von Rückversicherungsgesellschaften erstmals das professionelle Rückversicherungsgeschäft eingerichtet. Dies geschah unter dem Eindruck der Hamburger Brandkatastrophe vom 5. Mai 1842 und der daraus gemachten Erfahrung der betroffenen

Versicherungsgesellschaften, die durch die Entschädigungsleistungen schwer belastet worden waren. Die Unzulänglichkeit von Schadenstatistiken für die Bewertung objektiver Grossrisiken beruht sowohl auf den fehlenden Angaben über Schadenhäufigkeit und Schadenhöhe als auch in der Gefahr für Abweichungen von der Erwartung. Durch Änderungen der qualitativen Gefahrenlage wie neue Materialien, alternative Prozessabläufe, immer grössere Dimensionen und Mengen scheitern stochastische Berechnungsmodelle. Die (Rück-)Versicherungsgesellschaft begegnet diesem Problem mit Selbstbeschränkung (Limitierung der Garantiesummen) und Mitversicherung durch Einbindung weiterer (Rück)-Versicherungsgesellschaften. So kann für einzelne Grossrisiken ein weltweites Netz von Risikoträgern (Versicherungsgesellschaften) entstehen, bei dem jede Gesellschaft nur wenige Prozent des gesamten Risikos übernimmt (Luftfahrt-, Nuklear- oder Elementarpool). Durch die Verteilung der «Risikolast» auf verschiedene Risikoträger können Zufälligkeiten im Schadenverlauf reduziert, Spitzenverluste beschnitten und eine allfällige Zahlungsunfähigkeit im Schadenfall verhindert werden.

Analyse objektiver Risiken

Unter objektiven Risiken werden, im naturwissenschaftlichen Sinne, ausschliesslich Risiken verstanden, die von einem Kollektiv wie dem Staat, Versicherungsgesellschaften, Genossenschaften usw. übernommen werden müssen oder sollen. Man könnte in diesem Zusammenhang auch von «Kollektiv»risiken sprechen, wie z. B. die Verkehrssicherheit, Altersfürsorge, Auftreten übertragbarer und anderer Krankheiten, gesetzliche Haftpflicht, Marderschäden an Motorfahrzeugen usw. Die Analyse, die ein Kollektiv vornehmen muss, erstreckt sich dabei äquivalent auf die beiden Risikofaktoren «Tragweite» *und* «Häufigkeit». Das bedeutet, dass hier von einer eigentlichen «Risikoanalyse» gesprochen werden kann, die sich zu jeder Gefahr mit deren Tragweite und der dazugehörigen Häufigkeit befasst.

Zur Beschreibung der mathematischen Verhältnisse bedient man sich stochastischer Modelle, auf die hier nur insofern eingegangen werden soll, als diese für die Erkennung des Unterschiedes von Risikoanalysen für den Einzelfall zu demjenigen für ein Kollektiv nötig sind.

Wie eingangs erwähnt, formulierte Jakob Bernoulli das Gesetz der grossen Zahl. Für die Formulierung von *Bernoulli* (18) gilt:

- X_k : eine Sequenz gegenseitig unabhängiger Zufallsvariablen; alle mit derselben Wahrscheinlichkeitsverteilung,
- k : k-te Beobachtung von X
- n : die Anzahl Versuche
- μ : der wahre Mittelwert (Erwartung) und
- ε : beliebig kleine vorgebbare Abweichung

Dann ist für jede vorgegebene Abweichung ε (und sei sie noch so klein)

$$P\left\{\left|\frac{X_1+\ldots+X_n}{n}\mu\right| > \varepsilon\right\} \rightarrow 0 \, falls \, n \text{ ---} > \infty$$

Bei vielen Beobachtungen liegt somit der zugehörige beobachtete Mittelwert mit hoher Wahrscheinlichkeit nahe beim theoretisch erwarteten, wahren Mittelwert μ. Dieser beobachtete Mittelwert kommt dem wahren Wert beliebig nahe, wenn nur die Anzahl Beobachtungen genügend gross wird. Mit anderen Worten heisst dies, dass die Differenz des gemessenen zum wahren Mittelwert mit zunehmender Zahl der Versuche immer kleiner wird und gegen Null strebt, wenn die Anzahl der Versuche beliebig gross wird.

Bernoulli's Gesetz der grossen Zahl berücksichtigt die Art der Verteilung nicht; es wird keine Normalverteilung vorausgesetzt. Mit dem Zentralen Grenzwertsatz (Central Limit Theorem) wird (19) das Gesetz der grossen Zahl auf eine normalverteilte Wahrscheinlichkeit unabhängiger Zufallsvariablen durch Berücksichtigung der Streuung eingeschränkt.

$$P\left\{\frac{S_n - n\mu}{\sigma\sqrt{n}} < \beta\right\} \rightarrow \Re(\beta)$$

- η Normalverteilung
- *β* vorgegebene Abweichung

Bei vielen Beobachtungen ist die Zufallsgrösse annähernd normalverteilt (Gauss'sche Normalverteilung), und zwar so, dass die Form der Verteilung symmetrisch zum wahren Mittelwert μ ist und die Wölbung umso enger wird, je grösser die Zahl der Beobachtungen *n* ist.

Es stellt sich damit sogleich die Frage, wie gross nun die «grosse Zahl» sein muss, um in der Praxis von einer normalverteilten Schadenmasse ausgehen zu können, und was gefolgert werden muss, wenn, wie dies so oft vorkommt, das Gesetz der grossen Zahl nicht erfüllt ist. Ebenfalls wichtig wäre es zu wissen, was die Schlussfolgerungen für eine Einschätzung des eigenen Einzelrisikos wären, wenn man diesen Einschätzungen einigermassen Objektivität zuschreiben wollte.

Der «Schiefe-Effekt»

Betrachten wir dazu den Effekt auf die Normalverteilung der Schadenmasse, wenn man von einer genügend grossen Grundgesamtheit ausgehend die Zahl der beobachteten Risiken (versicherte Personen oder Objekte) immer kleiner werden lässt. Zu diesem Zweck wurde die Häufigkeitsverteilung der Schadenmassen von versicherten Betrieben aus der Gesamtstatistik der schweizerischen Versicherungs-

wirtschaft mit dem Computer analysiert. Es handelt sich damit um beobachtete Verhältnisse, die innerhalb der folgenden Randbedingungen ausgewertet wurden:

- Im Mittel ist alle 10 Jahre mit einem Schaden zu rechnen.
- Ein Schaden kann Werte zwischen Fr. 250.– und Fr. 1 Mio. annehmen.
- Der Schadendurchschnitt (wahrer Wert) beträgt Fr. 3500.– (pro Schadenfall).
- Die durchschnittliche Prämie pro Risiko beträgt Fr. 500.–.
- Die «wahre» Schadenbelastung beträgt damit 70% als Folge obiger Vorgaben.

Es handelt sich dabei alles um Risiken mit durchschnittlicher Grösse und Qualität.

Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass sich die Häufigkeitsverteilung der Schadenmassen von an sich schon sehr grossen Portefeuilles mit 20 000 Risiken und einem Prämienvolumen von Fr. 10 Mio. bereits stark an die Gauss'sche Normalverteilung annähert. Würde man solche Portefeuilles mit einer noch grösseren Anzahl Risiken untersuchen, könnte man die *gemessene* durchschnittliche mit der *wahren* durchschnittlichen *Schadenbelastung* zur Deckung bringen. Selbst auf diesem Niveau ist jedoch eine kleine Asymmetrie gegenüber der Normalverteilung festzustellen. Diese Asymmetrie verstärkt sich bei einer Reduktion der Anzahl beobachteter Risiken und des Portefeuilles zunehmend (Abb. 5) und wird als «Schiefe-Effekt» bezeichnet. Aus der Grafik mit 50 beobachteten Risiken je Portefeuille ist ersichtlich, dass die häufigste Schadenbelastung von 10% in 28,5% aller Fälle vorkommt, obwohl die wahre Schadenbelastung 70% beträgt. Kritisch sind jedoch die Schadenbelastungen mit Beträgen von 155% und mehr, auch wenn diese

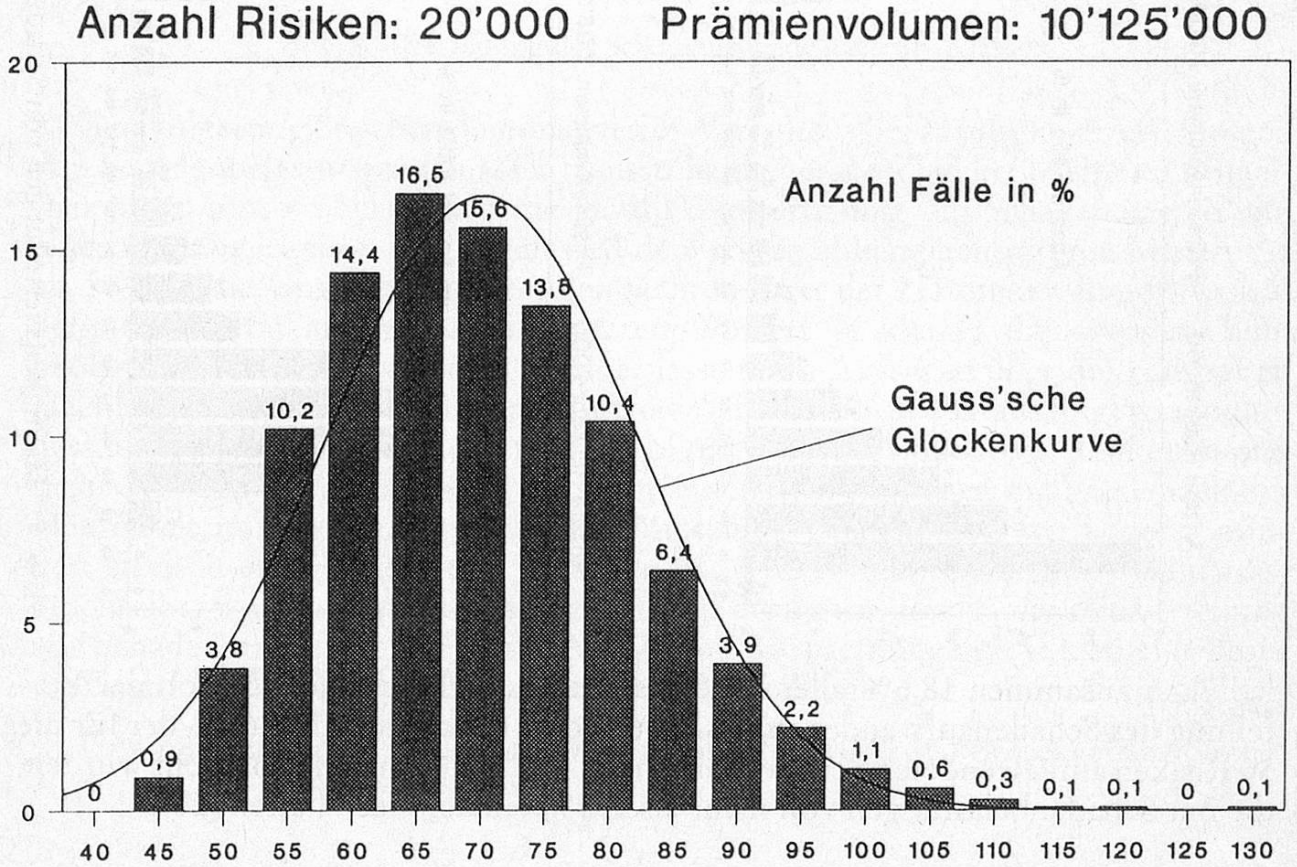

Abb. 4. Häufigkeitsverteilung von Schadenmassen für 20 000 Einzelrisiken

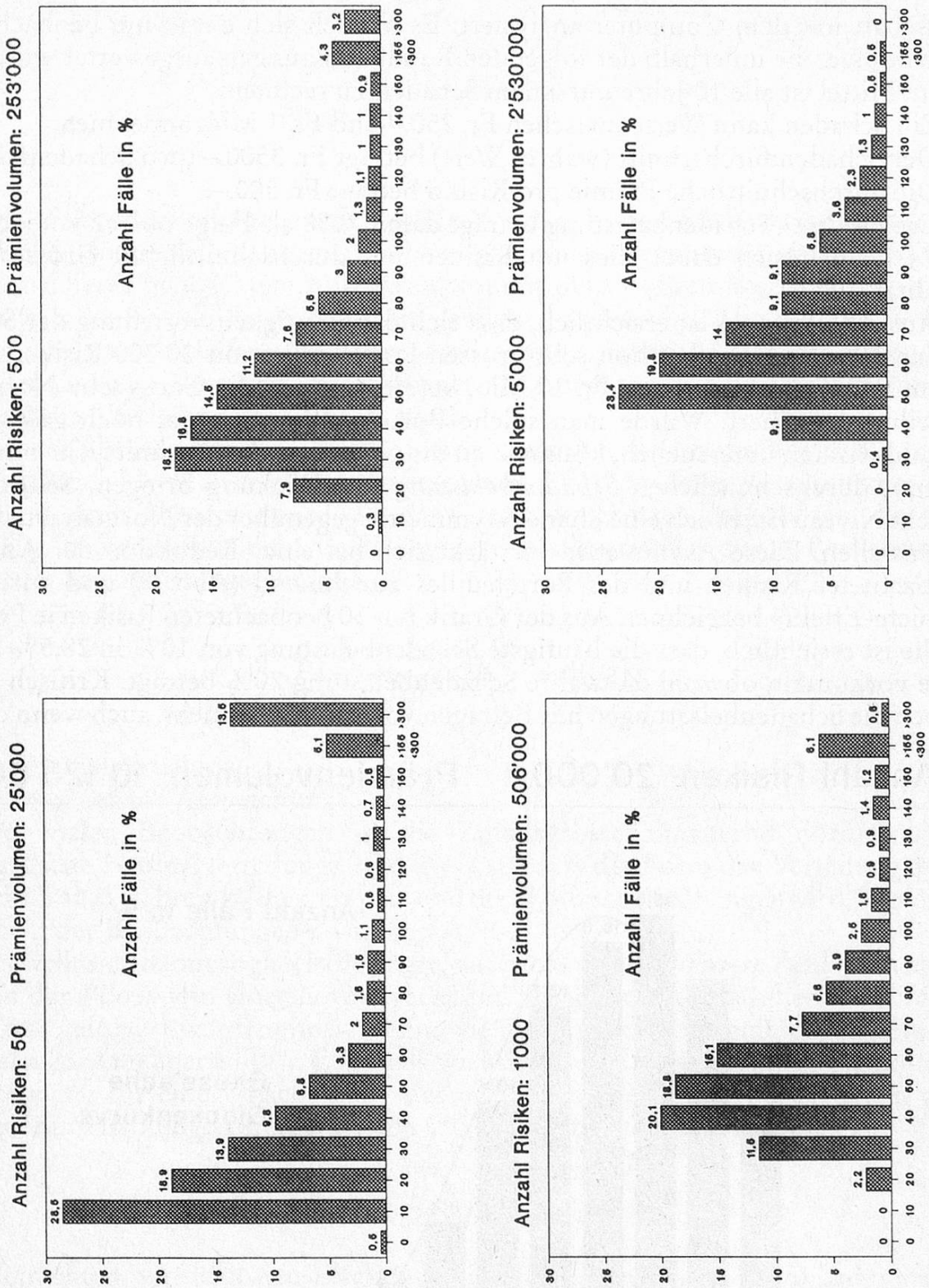

Abb. 5. Häufigkeitsverteilungen von Schadenmassen für 5000 bis 50 Einzelrisiken

lediglich zusammen 18,6% aller Fälle ausmachen. Geht man jedoch von der Verteilung des Schadenaufwandes aus (Abb. 6), so ist ersichtlich, dass 60% der für die 50 Risiken aufgewendeten Schadenzahlungen von den wenigen gebraucht wurden, die mit Schadenbelastungen von mehr als 155% einfach Pech hatten (20).

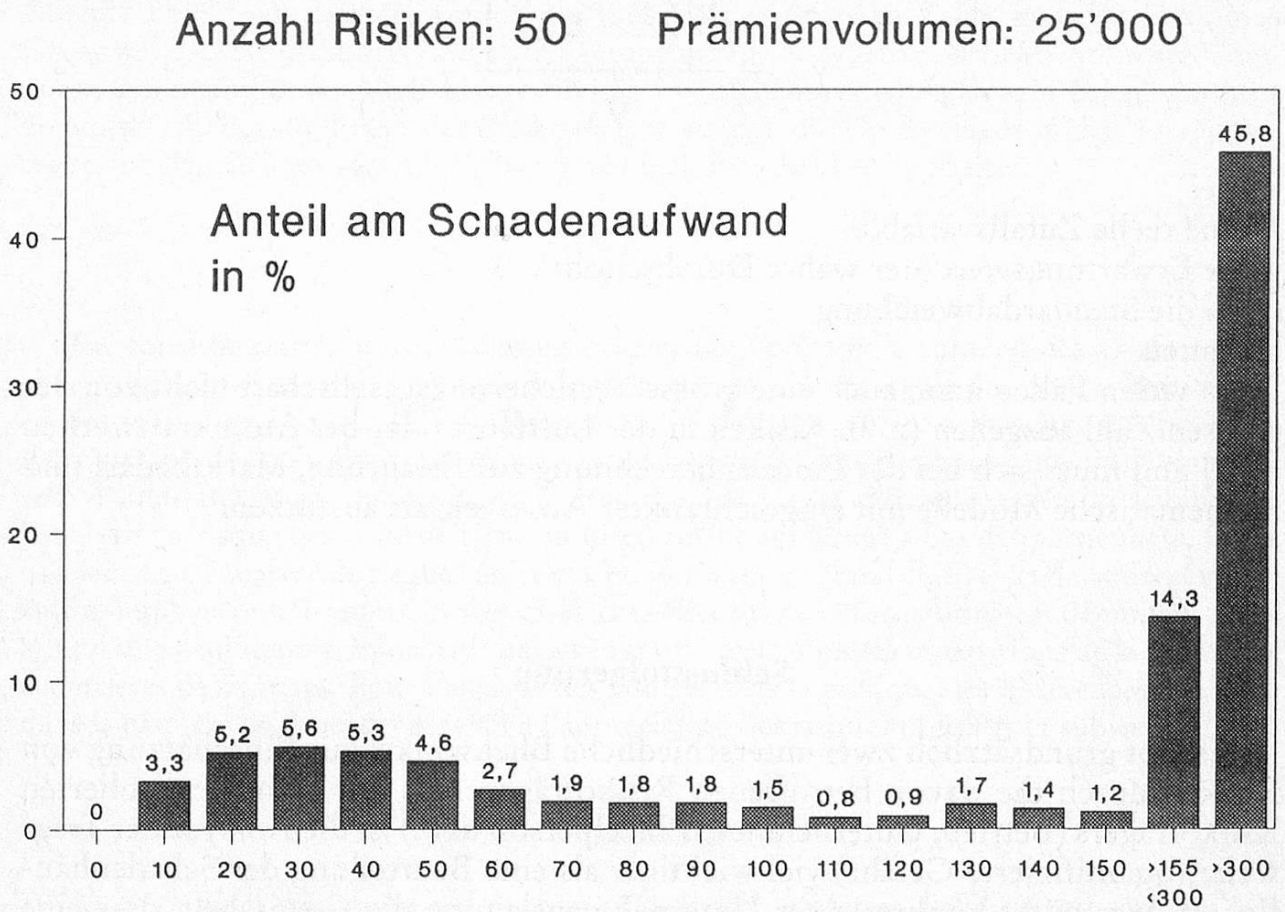

Abb. 6. Verteilung des Schadaufwands nach SB-Klassen

Die Folgerung des eben demonstrierten Verhaltens bei Häufigkeitsverteilungen von Schadenbelastungen (-massen) heisst: Je kleiner die Zahl beobachteter Einzelrisiken ist, umso mehr weicht die Häufigkeitsverteilung der Schadenmassen von einer normalverteilten Häufigkeit und dem davon abhängigen wahren Mittelwert ab, so dass die Unsicherheit über den wahren Wert der Häufigkeit in der Risikodefinition stetig zunimmt. Mit anderen Worten: Je kleiner die «grosse» Zahl beobachteter Risiken ist, umso weniger lassen sich Aussagen über die Häufigkeit machen, mit der einzelne Gefahren auftreten (siehe Abb. 2). Daraus folgt wiederum, dass unter den obigen Voraussetzungen objektive (oder kollektive) Risiken immer mehr den Charakter subjektiver Risiken annehmen, bei denen die Frage nach der Häufigkeit, mit der Schäden eintreten könnten, vernachlässigbar wird oder zumindest stark in den Hintergrund zu treten hat. Die erwähnte Schiefe ∂ (skewness) beschreibt, wie der zentrale Grenzwertsatz, die Form der Häufigkeitsverteilung von Schadenmassen für eine kleine Anzahl von Beobachtungen n. Je kleiner n, desto «rechtsschiefer» wird im allgemeinen diese Verteilung.

Um die «Schiefe» ∂ zu quantifizieren, wird die folgende Formel verwendet:

$$\gamma_X := \frac{E\left[(X-\mu_X)^3\right]}{\sigma_X^3}$$

wobei
X eine reelle Zufallsvariable
μ der Erwartungswert (der wahre Durchschnitt)
sigma die Standardabweichung
bedeutet.

In vielen Fällen kann auch eine grosse Versicherungsgesellschaft nicht von der grossen Zahl ausgehen (z. B. Risiken in der Luftfahrt oder bei Atomkraftwerken usw.) und muss sich bei der Prämienberechnung auf Erfahrung, Marktbedarf und mathematische Modelle mit eingeschränkter Aussagekraft abstützen.

Schlussfolgerung

Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedliche Blickwinkel zur Einschätzung von Risiken durch die davon betroffenen Risikoträger. Aus der Sicht des isolierten Risikoträgers (Betrieb, Unternehmen, Einzelperson usw.) ist die Analyse der Tragweite (quantifizierte Gefahr) viel wichtiger als eine Beurteilung der Schadenhäufigkeit. Was nützt konkret einer Unternehmensleitung die Gewissheit, dass eine bestimmte Gefahr mit vitaler Indikation statistisch nur alle hundert Jahre auftritt, aber das befürchtete Ereignis bereits nach zwei Jahren eintrifft und den Betrieb in den Konkurs führt?

Anders sind hingegen die Schwerpunkte einer Risikobeurteilung durch kollektive Risikoträger wie Staat (z. B. AHV), Versicherungsgemeinschaften, Verbände oder Genossenschaften zu gewichten. Hier muss neben der Tragweite auch die Häufigkeit in die Kalkulation einbezogen werden oder es kann die Häufigkeit alleine untersucht und bewertet werden, wie dies z. B. in der theoretischen Epidemiologie (21, 22) zur Messung von Impferfolgen angewandt wird. Die Bestimmung der Risikoprämie, als Messgrösse für das auf einen kollektiven Risikoträger zu übertragende Risiko, stützt sich auf mathematische Modelle ab. Mit abnehmender Menge von Einzelrisiken muss jedoch für eine Prämienberechnung zunehmend auf Erfahrung und Anforderungen des Marktes abgestellt werden.

Zusammenfassung

Zur Übersicht wird in Kurzfassung Wesen und Inhalt der Sach-, Epidemien-, Haftpflicht- und Personerversicherung erläutert. Für die Versicherungen «Epidemien» und «Haftpflicht» werden Risikoanalyse und Zeichnungspolitik für Standard- und Grossgeschäft unter dem Aspekt des subjektiven Risikos dargelegt, und es wird der Unterschied von tariflich abgestützter zur speziell im Einzelfall angewandter Sicherheitsrisikoanalyse diskutiert. Für die

Analyse objektiver Risiken werden die Begriffe der «grossen Zahl» und des «zentralen Grenzwertsatzes» diskutiert und als Folgerung daraus der «Schiefe-Effekt» mit einer Computerauswertung realer Verhältnisse für die Häufigkeitsverteilungen von Schadenmassen demonstriert. Für die Praxis der Risikoanalyse werden die Unterschiede in der Vorgehensweise zur Beurteilung von subjektiven und objektiven Risiken abgeleitet.

Résumé

Par souci de clarté, nous présentons brièvement l'objet et le contenu des assurances de choses, épidemies et responsabilité civile ainsi que de l'assurance de personnes. Pour ce qui est des assurances «Epidemies» et «Responsabilité civile», l'analyse des risques et la politique de souscription applicables aux affaires standard et aux affaires importantes sont exposées sous l'angle du risque subjectif; nous étudions ensuite la différence entre la fiabilité de l'analyse du risque basée sur le tarif, ou directement appliquée à des cas particuliers. En ce qui concerne l'analyse de risques objectifs, les notions de «grand chiffre» et de «taux pivot de valeur-limite» sont abordées. Après quoi, un «effet dit de déformation» est démontré par le biais d'une exploitation informatique des rapports réels pour les répartitions de la fréquence des masses de sinistres. Pour l'analyse des risques dans la pratique, les différences apparues dans la manière de procéder servent à l'appréciation des risques objectifs et subjectifs.

Summary

As an outline, the nature and content of property, epidemic, liability, and accident and health insurance is explained in brief. As regards epidemic and liability insurance, a risk analysis and the underwriting policy applied in mass business and commercial lines are presented under the aspect of the subjective risk, and the difference between a safety risk analysis based on the tariff and one tailored to the individual risk is treated. Concerning the analysis of objective risks, the author discusses the terms of «large numbers» and «central limit theorem» and then demonstrates, as a conclusion from these two, the «skewness effect» by means of a computer evaluation of real circumstances of the loss distributions. For practical risk analyses, the author shows the differences in the procedures for assessing subjective and objective risks.

Anhang: Terminologie

Engineering	Angewandte Wissenschaft der Umsetzung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für praktische Anwendungen
Risk Management	Bewältigung von Führungsaufgaben, welche sämtliche Zustände eines Systems überprüft und steuert, um möglichst zu verhindern, dass das Erreichen der gesetzten Ziele durch Störprozesse gefährdet wird.

Safety Engineering	Einsatz von Engineering und organisatorischen Kenntnissen für die systematische, vorausschauende Identifizierung und Bewältigung von Gefahren während allen Lebensphasen eines Projektes oder einer Aktivität
Sicherheit	Fehlen von nicht tragbaren relativen Risiken: $S = 1 - rR$
Sicherheitsziel	Klar formulierte Sicherheitsziele, welche es erlauben, tragbare und nicht tragbare relative Risiken zu unterscheiden.
Störprozess	Unplanmässiger Eintritt eines Ereignisses oder einer Kette von Ereignissen, welche(s) die Erfüllung der Erwartung eines zielorientierten Systems verhindern würde (Englisch: mishap).
System Safety	Einsatz von ausgewählten technischen und organisatorischen Kenntnissen für die systematische vorausschauende Identifizierung und Bewältigung von Gefahren während allen Lebensphasen eines Projektes oder einer Aktivität (X).
Ursache	Zustand der Störung, welche eine Gefahr aktiviert (auslöst) und damit einen Störprozess in Gang setzt.
Maximum Possible Loss *MPL*:	Möglicher Höchstschaden: Schaden, der sich ereignen kann, wenn die ungünstigsten Umstände in ungewöhnlicher Weise zusammentreffen, wenn z. B. die zuständige Behörde aus mangelnder Hygiene eine Betriebsschliessung auf unbestimmte Zeit ausspricht (multi failure criteria).
Probable Maximum Loss *PML*:	Wahrscheinlicher Höchstschaden: Schaden, der sich maximal ereignen kann, ohne dass besondere Schadenminderungsmassnahmen ergriffen werden können (single failure criteria).
Estimated Maximum Loss *EML*:	Erwarteter Höchstschaden: Schaden, der sich unter normalen Betriebs-, Nutzungs- und Schadenabwehrbedingungen des Risikos ereignen kann, wobei aussergewöhnliche Umstände, welche das Schadenausmass wesentlich verändern können, nicht berücksichtigt werden (non failure criteria).

Literatur

1. *Kulischer, J.:* Allgemeine Wirtschaftsgeschichte des Mittelalters und der Neuzeit. Oldenburg, München 1988.

2. *Hauswirth, J.* und *Suter, R.:* Sachversicherung, 2. Auflage. Verlag des Schweizerischen Kaufmännischen Verbandes, Zürich 1990.
3. *Bachmann, A.:* Lebensmittelhygiene – Gesetzliche Aspekte. SGLH Schriftenreihe, Heft **16**, 120–128 (1986).
4. NIH-Guidelines, Guidelines for research involving recombinant DNA molecules. Federal Register 51 (88), 16958–16985 (1986).
5. *Hasskarl, H.:* Gentechnikrecht. Textsammlung Gentechnikgesetz und Rechtsverordnungen. Cantor Verlag, Aulendorf 1990.
6. Schweizerische Kommission für Biologische Sicherheit SKBS: Richtlinien für das Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen. Sekretariat Apfelbaumstrasse 43, CH-8050 Zürich (1995).
7. *Bertrams, J.:* HLA and disease association. Behring Inst. Mitt. 62, 69 (1978).
8. *Ryder, L.P., Andersson, E.* and *Svejgaard, A.:* HLA and disease registry. Tissue Antigens 20 (supplement), 3rd report (1979).
9. *Demmer, Chr.:* Der nackte Manager. Manager Magazin **12**, 188–192 (1988).
10. «Winterthur» Schweizerische Versicherungsgesellschaft. Sicherheitsanalyse (1990).
11. U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0492, Washington D.C. Fault Tree Handbook (1981).
12. *Greenberg, H.R.* and *Salter, B.:* Fault tree and event tree analysis. In: Greenberg, H.R. and Cramer, J.J. (ed.). Risk assessment and risk management for the chemical process industry. Van Nostrand Reinhold, New York 1991.
13. *Pierson, M.* and *Corlett jr., D.* HACCP: Grundlagen der produkt- und prozessspezifischen Risikoanalyse. Behr's Verlag, Hamburg 1993.
14. MIL-STD-882A, US Departement of Defence (1977).
15. MIL-STD-882B, incl. Notice 1, US Departement of Defence (1987).
16. *Harold, E.* and *Moriarty, B.:* System safety engineering and management. John Wiley and Sons, New York 1983.
17. *Buchanan, R. L.* and *Whiting, R.C.:* Risk assessment and predictiv microbiology. J. Food Protect. Suppl. 31–36 (1996).
18. *Feller, W.:* An introduction to probability theory and its applications, vol. 1, third ed. John Wiley and Sons, New York 1970.
19. *Lindeberg, J.W.:* Eine neue Herleitung des Exponentialgesetzes in der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Mathematische Z. **15**, 211–225 (1922).
20. «Winterthur» Versicherungen, unveröffentlichte Mitteilungen (1993).
21. *Kranz, J.:* Epidemics of plant diseases, 2nd ed., 181–255. Springer Verlag, Berlin 1990.
22. *Haber, M., Longini, I.* and *Halloran, E.:* Measures of the effects of vaccination in a randomly mixing population. Int. J. of Epidemiol. 300–310 (1990).

Dr. René Krebs-Morger
«Winterthur» Versicherungen
Generaldirektion Winterthur
General-Guisan-Strasse 40
CH-8401 Winterthur