**Zeitschrift:** Mitteilungen / Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker = Bulletin / Association des Actuaires Suisses = Bulletin / Association of Swiss Actuaries

**Herausgeber:** Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker

**Band:** 31 (1936)

**Artikel:** Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung

**Autor:** Wunderlin, W.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-555003

**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:** 02.07.2025

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

# B. Wissenschaftliche Mitteilungen

## Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung

Von Dr. **W. Wunderlin**, Luzern

### I. Einleitung und Problemstellung

Der zehnte internationale Aktuarkongress in Rom hat bei der Behandlung des Themas «Bestimmung der Prämien und Reserven in der Unfall- und Haftpflichtversicherung» eine Resolution [1]) gefasst, wonach in Anbetracht der Bedeutung des Problems der Auffindung einer statistisch-mathematischen Grundlage für die Berechnung der Prämien und Schadenreserven das Comité permanent der internationalen Aktuarkongresse aufgefordert wird, diesbezügliche versicherungstechnische Studien einzuleiten, in denen statistische Daten über alle objektiven und subjektiven Faktoren gesammelt werden sollen, die auf diese Risiken von Einfluss sind.

Diese Suche nach einer mathematischen Methode zur Prämien- und Reservenbestimmung kann jedoch nur Aussicht auf Erfolg haben, wenn es gelingt nachzuweisen, dass die Unfallstatistik die Voraussetzungen für eine streng wissenschaftliche Bearbeitung erfüllt, so dass ihre Ergebnisse wahrscheinlichkeitstheoretisch verwertet werden können.

---

[1]) Kongressberichte Rom 1934, Band VI: Verhandlungen S. 241, 618, 652.

Die Frage der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung wird damit zum Kernproblem der Studien, die der Kongress angeregt hat.

Aus den Verhandlungen des Kongresses [1]) geht hervor, dass die Ansichten der verschiedenen Verfasser auf diesem Gebiete noch weit auseinander liegen, indem speziell die italienischen Aktuare die Anwendbarkeit mathematischer Methoden bejahen, wogegen andere Autoren auf die grossen Schwierigkeiten bei der statistischen Erfassung des Unfallrisikos hinweisen und eher zu Empirismus neigen. Die modernen Methoden der wissenschaftlichen Behandlung von statistischen Beobachtungsreihen liefern jedoch bestimmte Kriterien, die das vorliegende Problem zu lösen gestatten.

## II. Die Kriterien für die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf bestimmte Massenerscheinungen

Als grundlegend für derartige Untersuchungen ist die heute ziemlich allgemein anerkannte Theorie von Mises [2]) zu betrachten, die auf dem Leitgedanken aufgebaut ist, dass die mathematische Theorie der Wahrscheinlichkeit nur solche Erscheinungen erfassen kann, bei denen Wahrscheinlichkeit gleichbedeutend ist mit relativer Häufigkeit innerhalb eines bestimmten Wiederholungsvorganges, dem Kollektiv.

Lediglich der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Beweisführung auch ausgehend von jeder andern Wahrscheinlichkeitsdefinition vorgenommen werden kann und dabei dieselben Endergebnisse auftreten.

---

[1]) Kongressberichte Rom 1934, Band VI: Verhandlungen S. 241, 618, 652.

[2]) Prof. Dr. R. v. Mises: Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theoretischen Physik, Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1931.

Als Kollektiv bezeichnet Mises eine unendliche Folge gleichartiger Beobachtungen, deren Ergebnis nach einem festen Merkmal statistisch geordnet werden kann, wobei zwei bestimmte Forderungen zu erfüllen sind. Die erste dieser Forderungen besagt, dass die relativen Häufigkeiten für das Auftreten des Merkmals in dem betrachteten Kollektiv bestimmte Grenzwerte besitzen müssen. Diese Grenzwerte sind als die mathematischen Wahrscheinlichkeiten definiert. Die zweite Forderung verlangt, dass in jeder aus der Gesamtfolge der Beobachtungen durch beliebige Stellenauswahl gebildeten Teilfolge dieselben Grenzwerte existieren.

Über die Beschaffenheit der verschiedenen Kollektive gibt der Verlauf der zugehörigen Verteilung näher Aufschluss, deren Typus durch die charakteristischen Grössen der Kollektivmasslehre bestimmt wird.

Bei der Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Versicherungsmathematik kommt der sogenannten Normalverteilung besondere Bedeutung zu. Diese verläuft gemäss dem Gausschen Fehlergesetz und besagt, dass die Verteilung der relativen Häufigkeiten in dem betrachteten Kollektiv nur der Wirkung der Zufallsgesetze zuzuschreiben ist und alle in einer von vornherein bestimmten Richtung wirkenden Einflüsse ausgeschaltet sind.

Durch seine Terminologie hat Mises den Begriff der Wahrscheinlichkeit dem des Kollektives untergeordnet und mit den Ergebnissen der Statistik, also mit unserer Erfahrungswelt, in direkten Zusammenhang gebracht.

Die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung setzt demnach voraus, dass die statistischen Beobachtungsreihen Kollektive bilden, deren Verteilungen ermöglichen, das Unfallrisiko mathematisch zu erfassen.

Um aus den Erfahrungen der Vergangenheit auf die Ereignisse der Zukunft schliessen zu können, muss die weitere Voraussetzung erfüllt sein, dass die Beschaffenheit der Kollektive zeitlich konstant bleibt, oder dass Einflüsse, die störend hinzukommen, ihrer Wirkung nach erfassbar sind.

## III. Die Wahrscheinlichkeitstheorie in der Lebensversicherung

Bevor wir anhand dieser Bedingungen die Beobachtungsreihen der Unfallstatistik auf kollektive Eigenschaften hin prüfen, wollen wir uns kurz mit der Frage der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Lebensversicherung auseinandersetzen.

Herr Prof. Dumas hat dieses Problem in seinen interessanten Ausführungen über «Les probabilités inverses et la construction des tables de mortalité» [1]) eingehend behandelt und die verschiedenen Hypothesen, die der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie zugrunde liegen, kritisch gewürdigt. Ich möchte hier auf einige Betrachtungen hinweisen, die von prinzipieller Bedeutung sind.

Die Herleitung der Sterbenswahrscheinlichkeit beruht auf der Voraussetzung, dass die Sterblichkeit der betrachteten Personengruppe nur dem Zufall unterworfen sei. Im Sinne von Mises, wonach zur Begründung einer Wahrscheinlichkeit ein Kollektiv vorliegen muss, ist diese Hypothese des Zufalls gleichbedeutend mit der Voraussetzung, dass die Elemente des Kollektivs bezüglich der Sterblichkeit absolut gleichartig seien.

Die relativen Häufigkeiten für das Auftreten des Merkmals Tod müssen sich also nach dem Gausschen

---

[1]) Prof. Dr. S. Dumas: Festgabe Moser, Bern 1931.

Fehlergesetz verteilen. Bei der Bildung homogener Personengruppen ist demnach darauf zu achten, dass alle Faktoren, die die Sterblichkeit zum vornherein in bestimmter Richtung beeinflussen, ausgeschaltet werden.

Wir wissen, dass nebst den bestimmt feststellbaren Einflüssen von Alter, Geschlecht, Beruf und Wohnsitz noch viele andere Sterblichkeitsursachen existieren, deren Wirkungen statistisch unmöglich einzeln erfasst werden können und die daher der Auswahl und Zusammenstellung absolut gleichartiger Elemente Schwierigkeiten bieten. Bildet man auf Grund der wesentlichsten und in ihrer Wirkung bestimmt erfassbaren Ursachen möglichst homogene Beobachtungsgruppen, so stellt man denn auch fest, dass die Sterblichkeiten in diesen Gruppen keineswegs identisch sind, sondern sich vielmehr um einen Mittelwert gruppieren.

Die Verteilung der Abweichungen um den Mittelwert ist jedoch im allgemeinen symmetrisch, so dass sie sich angenähert durch eine Gaussche Verteilung darstellen lässt. Es ist daher anzunehmen, dass es bei Sterblichkeitsuntersuchungen gelingt, aus dem gesamten Ursachenkomplex alle die Faktoren mit überwiegendem Einfluss zu erfassen und kollektiv zu unterteilen, so dass für die Bedürfnisse unserer Erkenntnis und die praktische Anwendung die Wirkungen der grossen Zahl unbekannter Ursachen unbedeutend sind und ausser acht gelassen werden können. In diesem Sinne dürfen die auftretenden, gleichmässig verteilten Abweichungen vom Mittelwert als zufällig bezeichnet werden.

Die Elemente des Kollektivs sind als gleichartig anzusehen, und die Grenzwerte der relativen Häufigkeiten stellen die mathematischen Ausdrücke für die Sterbenswahrscheinlichkeiten innerhalb des Kollektivs dar.

Da die Abweichungen der Sterbenswahrscheinlichkeiten von ihrem Mittelwert nach dem Zufallsgesetz verteilt sind, darf dieser Mittelwert als einheitliche Sterbenswahrscheinlichkeit für die ganze Personengruppe des Kollektivs betrachtet werden.

Wenn es auch gelingt, auf diese Weise die Sterbenswahrscheinlichkeit aus den Beobachtungen der Vergangenheit zu bestimmen, so liegt ihrer Anwendbarkeit für die Zukunft doch noch die weitere Hypothese zeitlicher Invarianz zugrunde; denn nur dann kann angenommen werden, dass der betrachtete Mittelwert auch den wahrscheinlichsten Wert für die Zukunft darstellt. Diese Voraussetzung verlangt, dass die Gesetze des Zufalls, die auf die Sterblichkeit des betrachteten Kollektivs wirken, auch zeitlich ungestört bleiben.

Durch ausserordentliche Ereignisse, wie Epidemien und Krieg, können aber unter den kleinen Ursachen, deren Wirkung unter normalen Verhältnissen ganz unbedeutend ist, einige wenige derart ausschlaggebenden Einfluss ausüben, dass sie die ganze Sterblichkeitsentwicklung beherrschen und von Zufallsgesetzen nicht mehr die Rede sein kann. Zufolge ihrer Seltenheit stellen diese Erscheinungen die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Lebensversicherung jedoch nicht in Frage. Gegenüber den finanziellen Auswirkungen derartiger Katastrophenfälle sehen sich die Versicherungsgesellschaften daher durch besondere Massnahmen vor.

Wesentlich ist jedoch die Tatsache, dass die Sterblichkeitsverhältnisse dauernd zeitlichen Veränderungen unterworfen sind, die sich seit einigen Jahrzehnten in einer deutlichen und systematischen Sterblichkeitsverbesserung äussern.

Diese Sterblichkeitsverbesserung hat Lange in seiner Arbeit «Über die jährlichen Schwankungen der Schadensquotienten in der Lebensversicherung» [1]) für den Staat Preussen und die Jahre 1867—1929 eingehend untersucht. Seine Betrachtungen haben zum Schlusse geführt, dass die Entwicklung der Sterblichkeit einer grossen Linie folgt, die durch einen Trend dargestellt werden kann. Dieser Trend ist für die sogenannten säkularen Sterblichkeitsveränderungen charakteristisch und gestattet, sie mathematisch zu erfassen (vgl. Fig. I).

Sollen die zeitlichen Schwankungen der Sterbenswahrscheinlichkeit neben dieser systematischen Lebensverbesserung nur durch die Zufallsgesetze zu erklären sein, so müssen die Häufigkeitsstreckenzüge der relativen Abweichungen der Sterbequotienten vom Trend sich einer Gausschen Fehlerkurve anpassen.

Lange hat den Vergleich der beiden Kurven nach verschiedenen Methoden der Kollektivmasslehre durchgeführt und eine gute Übereinstimmung festgestellt (vgl. Fig. II).

Durch die Möglichkeit der Trennung von Trend und Zufallsschwankungen gelingt es demnach, die zeitliche Entwicklung der Sterblichkeit systematisch zu erfassen.

Es ist jedoch darauf zu achten, dass der aus den Beobachtungen der Vergangenheit abgeleitete Trend nicht ohne eingehende sachliche Begründung auf die Entwicklung in der Zukunft anwendbar ist. Insgesamt zeigen die Betrachtungen, dass die Hypothese des Zufalls und die Forderung zeitlicher Invarianz in Wirklichkeit nie restlos erfüllt sein können, weil die Einflüsse der

---

[1]) C. Lange: Untersuchungen über die jährlichen Schwankungen der Schadensquotienten in der Lebensversicherung und in der Feuerversicherung, Berlin 1932.

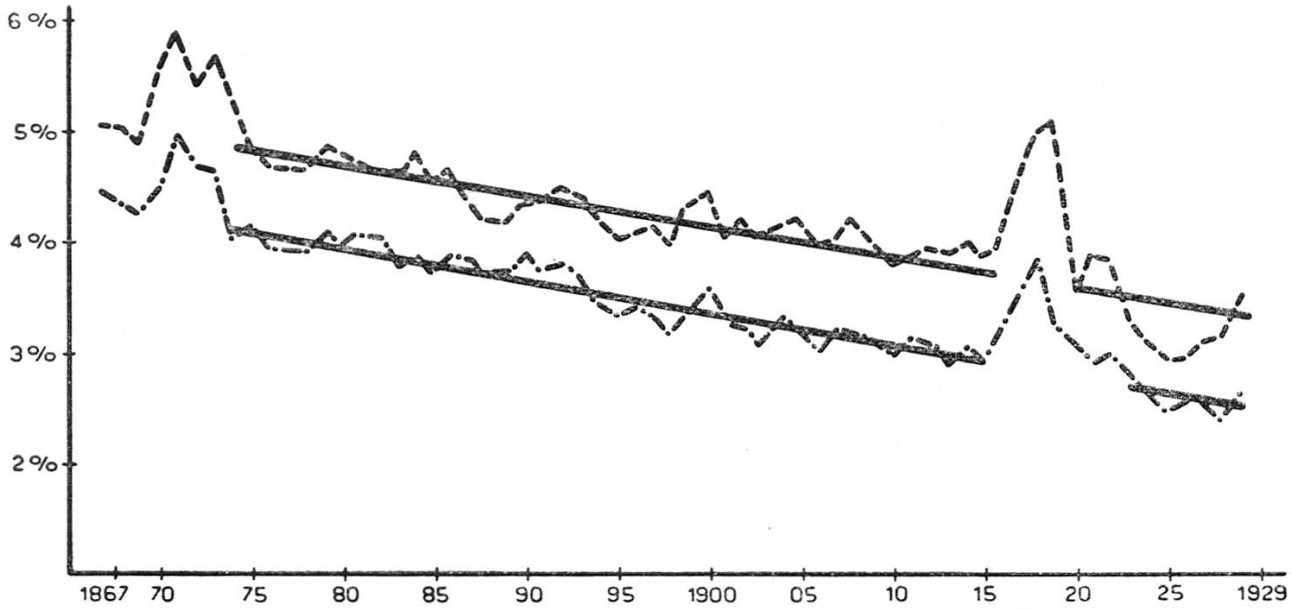


Fig. I.

**Die Sterbequotienten der 63jährigen männlichen und weiblichen Personen für die Jahre 1867—1929**

— — — — Männer
—•—•—•— Frauen
▬▬▬ Trend

vielen Ursachen auf die Sterblichkeit ausserordentlich zahlreich sind, sich ständig verändern und nie genau wiederholen.

Aus unserer Erörterung geht aber hervor, dass die Gesetze der Sterblichkeit in ihrer grossen Linie mit genügender Sicherheit bekannt sind und damit die An-

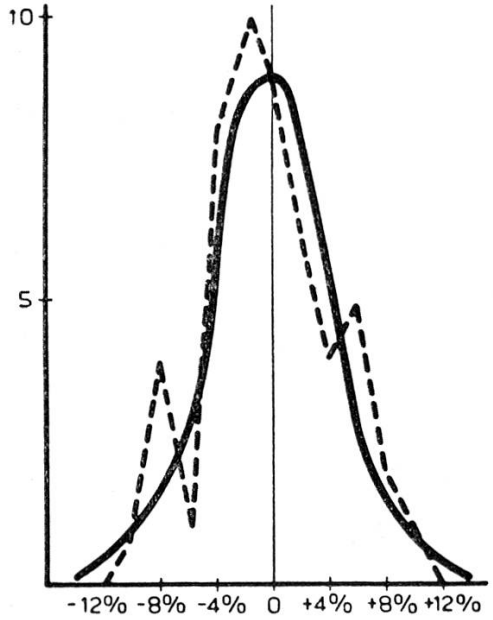


Fig. II

**Der Häufigkeitsstreckenzug der relativen Abweichungen der Sterbequotienten vom Trend mit der zugehörigen Gauss-Kurve**

wendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Lebensversicherung begründet erscheint. Wesentlich ist, dass sich der Mathematiker der Möglichkeit störender Einflüsse stets bewusst ist und die Entwicklung der Geschehnisse mit wachsamem Auge verfolgt. Für die Praxis ergibt sich die wichtige Konsequenz, dass Beobachtungsperioden nicht über zu grosse Zeiträume ausgedehnt werden dürfen und Schlüsse auf die Zukunft

nur aus den Ergebnissen der jüngsten Vergangenheit zulässig sind.

## IV. Das Unfallrisiko, seine statistisch-mathematische Erfassung und der Prämientarif

Ungleich schwieriger ist die statistisch-mathematische Erfassung des Risikos in der Unfallversicherung, da hier vollständig veränderte Verhältnisse auftreten.

An Stelle der wenigen in der Lebensversicherung überwiegenden und die Sterblichkeit genügend erklärenden Ursachen sehen wir uns auf dem Gebiete der Unfallerscheinungen einem ganzen Komplexe von unbegrenzt vielen Ursachen gegenüber, die auch in ihrer gegenseitigen Beziehung die verwickeltste Struktur aufweisen.

Ein weiterer fundamentaler Unterschied gegenüber der Lebensversicherung besteht darin, dass das Unfallrisiko nicht nur rein objektiven, sondern in sehr starkem Masse auch subjektiven Einflüssen unterworfen ist.

Als Komplikation tritt hinzu, dass die Folgen des Unfallereignisses von ganz verschiedener Schwere sein können, je nachdem Tod, dauernde oder vorübergehende Invalidität verschiedenen Grades eintritt.

Daraus geht hervor, dass die statistische Bearbeitung des Erfahrungsmaterials allgemein schon in der Einzelunfallversicherung grossen Schwierigkeiten begegnet. In der Sozialversicherung werden diese Schwierigkeiten aber noch wesentlich erhöht, weil nicht mehr die einzelne Person, sondern ein ganzer Betrieb, d. h. die Gesamtheit der Personen eines Betriebes die Versicherungseinheit bildet. Diese Tatsache tritt auch in der schweizerischen obligatorischen Unfallversicherung in Erscheinung, mit deren Erfahrungen wir uns in der Folge ausschliesslich befassen werden.

Das Unfallrisiko eines Betriebes stellt notgedrungen bereits eine komplexe Grösse dar; denn die Unfallerscheinung in ihrer Gesamtheit wird durch das Zusammenwirken einer Reihe verschiedenster Ursachen bestimmt, die durch den Betrieb zusammen mit all seinen Einrichtungen und Verhältnissen, mit den Versicherungsorganen und den Beschäftigten gegeben sind.

Aus allen diesen Gründen bietet die Schaffung homogener Klassen gleichartiger Betriebe in der Unfallversicherung weit grössere Schwierigkeiten als die Bildung homogener Personengruppen in der Lebensversicherung.

Schon die Wahl einer geeigneten Masszahl für die Beurteilung des Unfallrisikos eines Betriebes ist keineswegs einfach, da jeder Grösse bestimmte Mängel anhaften. Als Risikoeinheit ist international der Vollarbeiter, das heisst eine Risikozeit von 300 Arbeitstagen festgesetzt worden. Das Unfallrisiko selbst wird zu verschiedenen Zwecken durch die Unfallhäufigkeit gemessen, die die Zahl der Unfälle bezogen auf einen Vollarbeiter angibt.

Der direkten Ermittlung der Vollarbeiterzahl eines Betriebes stehen verschiedene Schwierigkeiten entgegen, so dass die Berechnung aus der versicherten Lohnsumme des Betriebes und dem Mittellohn eines Arbeiters erfolgen muss, wodurch wiederum Unsicherheiten entstehen. Zu den Schwierigkeiten bei der Ermittlung kommt noch die Ungenauigkeit des Begriffes selbst. Der Arbeitstag ist keine feste Grösse, da die tägliche Arbeitszeit sehr verschieden sein kann und zudem die Arbeitsintensität und die Produktionsmengen unberücksichtigt bleiben. Die Kenntnis der Unfallhäufigkeit genügt zur vollständigen Beurteilung des Unfallrisikos auch deshalb nicht, weil die Unfälle von

ganz verschiedener Schwere und daher von verschiedener Bedeutung sind. Als ein Risikomass, das die Verschiedenheit der Unfallfolgen ohne Rücksicht auf die Höhe der Versicherungsleistungen wiedergibt, wurde versuchsweise die Zahl der durch Unfälle verlorenen Arbeitstage je Vollarbeiter eingeführt. Auch die Ermittlung dieser Grösse ist gewissen Willkürlichkeiten unterworfen, die kaum allgemein zu beseitigen sind. Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt verwendet als Mass zur Beurteilung des Unfallrisikos mit Erfolg die mittlere Belastung, ausgedrückt in Promillen der versicherten Lohnsumme. Diese Grösse ist als Grundlage für die Prämienbestimmung von ausschlaggebender Bedeutung.

Wollen wir die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung untersuchen, so haben wir in erster Linie zu beurteilen, ob die Unfallhäufigkeit als elementarste Masszahl zur Beurteilung des Unfallrisikos überhaupt Wahrscheinlichkeitscharakter hat.

Nach dem Misesschen Wahrscheinlichkeitsbegriff muss, um eine Wahrscheinlichkeit zu begründen, zunächst ein Kollektiv vorliegen.

Als Gesamtfolge der Beobachtungen im Sinne des Kollektivs sind hier die Vollarbeiter zu betrachten. Das Auswahlmerkmal ist die Alternative, ob der betreffende Vollarbeiter im Laufe eines Jahres einen Unfall erleidet oder nicht. Wahrscheinlichkeitstheoretisch wirkt die Tatsache störend, dass ein Vollarbeiter im Laufe eines Jahres mehrmals verunfallen kann. Diese Erscheinung darf jedoch in diesem Zusammenhange unberücksichtigt bleiben, da einerseits bei Tod oder hochgradigen Invaliditätsfällen das mehrmalige Verunfallen ein und desselben Vollarbeiters im gleichen Jahre so gut wie ausgeschlossen ist und andererseits die Auswirkung bei

den leichten Unfällen gering ist. In Betrieben mit sehr grosser Unfallgefahr kann der Einfluss hingegen empfindlich sein. Die Vernachlässigung lässt sich jedoch durch das seltene Auftreten derart hoher Risiken rechtfertigen.

Die Misessche Forderung der Existenz der Grenzwerte, die weiter an das Kollektiv zu stellen ist, kann nicht direkt nachgeprüft werden.

Die zweite Forderung, die das Regellosigkeitsaxiom betrifft, wird von unserer Beobachtungsfolge nicht restlos erfüllt, da Ereignisse auftreten können, die auf einmal mehrere Opfer fordern. Diese sogenannten Kollektivunfälle wirken im Sinne von Wahrscheinlichkeitsansteckung und daher entgegen dem Regellosigkeitsaxiom. Mit Rücksicht auf die relative Seltenheit ist ihr Einfluss aber jedenfalls praktisch ohne grosse Bedeutung.

Insgesamt dürfen wir demnach wohl behaupten, dass die Unfallhäufigkeit Wahrscheinlichkeitscharakter besitze.

Sowohl die Unfallhäufigkeit als auch die mittlere Schwere der Unfallfolgen sind je nach der Art des Betriebes äusserst verschieden. Aber auch innerhalb der Betriebe derselben Art kann bei genau gleichen Betriebsverhältnissen die Unfallbelastung sehr variieren, da das Unfallrisiko in hohem Masse subjektiven Einflüssen der Beteiligten, insbesondere der Betriebsleitung, unterworfen ist. Daraus geht hervor, dass eine gleichmässige Verteilung der sehr verschieden hohen Risiken auf alle Mitglieder des Versicherungsbestandes als ungerecht zu bezeichnen ist. Die Solidarität zwischen den Betriebsinhabern kann daher nur in der gemeinsamen Tragung der jährlichen Schwankungen der Unfallbelastung bestehen.

Eine diesem ökonomischen Zwecke der Versicherung entsprechende Lastenverteilung kann aber erst dann als

gerecht angesprochen werden, wenn sie innerhalb von Betriebsgruppen durchgeführt wird, deren Unfallrisiken nur zufälligen Schwankungen unterworfen sind. Der Bestimmung einer durchschnittlichen Unfallbelastung und der Anwendung einheitlicher Prämiensätze für diese Betriebsgruppen liegt demnach ebenfalls die Hypothese des Zufalls zugrunde.

Unsere Betrachtungen haben aber bereits gezeigt, dass die Ausschaltung subjektiver Einflüsse äusserst schwierig, wenn nicht sogar unmöglich ist. Die Bildung derartiger homogener Gruppen zur statistisch-mathematischen Erfassung des Unfallrisikos ist daher keineswegs einfach. Sie erfordert zunächst eine Klassierung der Industriearten und Betriebe bezüglich der objektiven Unfallursachen. Bei der Betriebseinreihung wird Rücksicht genommen auf die Betriebsart, die Arbeitsmethoden, die verwendeten Maschinen und technischen Einrichtungen sowie auch auf die Grösse des Betriebes, um nur die wichtigsten Merkmale anzuführen. Betriebe, die auf Grund dieser Gliederung hinsichtlich ihrer objektiven Betriebsgefahr als gleichartig zu betrachten sind, werden in den sogenannten Gefahrenklassen zusammengefasst.

Die Berücksichtigung bestimmter Merkmale, die als gefahrvermindernd oder vermehrend zu betrachten sind, geschieht durch Unterteilung der Gefahrenklassen in Gefahrenstufen, denen die einzelnen Betriebe je nach den sekundären und subjektiven Unfallursachen zuzuteilen sind.

Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt hat diese Gliederung der Betriebe so weitgehend vorgenommen, als es die präzise technologische Erfassung jeder Industrie gestattete, um damit der ersten Forderung einer wissenschaftlichen Statistik auf Schaffung eines

möglichst homogenen Beobachtungsmaterials Rechnung zu tragen. Diese vielseitige Unterteilung des Versicherungsbestandes wirkt jedoch stark vermindernd auf die Besetzungszahl der einzelnen Klassen und Stufen, so dass andererseits der zweiten wesentlichen Forderung einer wissenschaftlichen Statistik auf möglichst grossen Umfang des Beobachtungsmaterials entgegengearbeitet wird. Der bei einem Kollektiv häufig auftretende Kompromiss zwischen den beiden einander widerstreitenden Forderungen möglichster Gleichartigkeit der Elemente und möglichst grossen Umfanges kommt damit in der Unfallstatistik besonders stark zur Geltung.

## V. Die Gefahrenstufen und die Hypothese des Zufalls

Für die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung ist die vom Standpunkt der Gerechtigkeit und Solidarität aus geforderte Hypothese des Zufalls gleichfalls mitbestimmend. Ferner tritt noch die Forderung hinzu, dass das Unfallrisiko zeitlich konstant bleibt, oder dass äussere Einflüsse ihrer Wirkung nach erfassbar sind.

Wir wollen zunächst prüfen, ob die Unfallstatistik die Hypothese des Zufalls erfüllt.

Sind die in einer Gefahrenstufe zusammengefassten Betriebe bezüglich ihrer Unfallgefahr absolut gleichartig, so ist zu erwarten, dass sich die Schwankungen der Unfallbelastung der einzelnen Betriebe gemäss der Gaussschen Verteilung um die mittlere Belastung gruppieren.

Um die Wirkung der Zufallsgesetze bei der Ermittlung der Einzelbelastung möglichst auszuschalten, wurden nur solche Betriebe in die Betrachtung einbezogen, die in der fünfjährigen Periode von 1929—1933 eine Lohnsumme von über Fr. 300,000 aufweisen. Das Er-

gebnis der Untersuchungen sei an einem Beispiel aus dem Hochbaugewerbe dargelegt.

Die Häufigkeitsstreckenzüge der Abweichungen vom Mittelwert sind in der Darstellung Fig. III sowohl für die Belastung durch Heilkosten und Lohnentschädigungen als auch für die gesamte Belastung, jeweils ausgedrückt in Promille der Lohnsumme, wiedergegeben. Die Verteilung der Häufigkeiten für die Belastung durch Heilkosten und Lohnentschädigungen weist bereits eine merkliche Asymmetrie auf. Diejenige für die Gesamtbelastung zeigt eine wesentliche Verstärkung der Asymmetrie, die auf den grossen Einfluss der Rentenfälle zurückzuführen ist. Hierin liegt ein Beweis für unsere frühere Behauptung, dass die Unfallschwere für die Betriebsbelastung von wesentlicher Bedeutung sei und dass die Unfallhäufigkeit allein kein hinreichendes Mass für die Beurteilung des Unfallrisikos darstelle. Die Asymmetrie an sich weist darauf hin, dass die Schwankungen der Betriebsbelastungen innerhalb der Gefahrenstufe keineswegs nur der Wirkung zufälliger Ursachen zuzuschreiben sind; es müssen im Gegenteil noch Faktoren vorhanden sein, die die Unfallgefahr in bestimmter Richtung beeinflussen. *Damit ist aber gezeigt, dass die Hypothese des Zufalls nicht erfüllt ist.*

Neben der Asymmetrie ist die Grössenordnung der Abweichungen vom Mittelwert auffallend. Zu ihrer Beurteilung wollen wir zunächst vergleichsweise die Häufigkeitsverteilung einer entsprechenden Beobachtungsreihe aus dem Gebiete der Lebensversicherung heranziehen. Als solche dürfen wir die jährlichen Schwankungen der Sterbenswahrscheinlichkeit einer Gruppe gleichaltriger Personen ansehen, sofern wir uns die säkularen Veränderungen durch den Trend eliminiert denken. Wir können demnach die Häufigkeitsvertei-

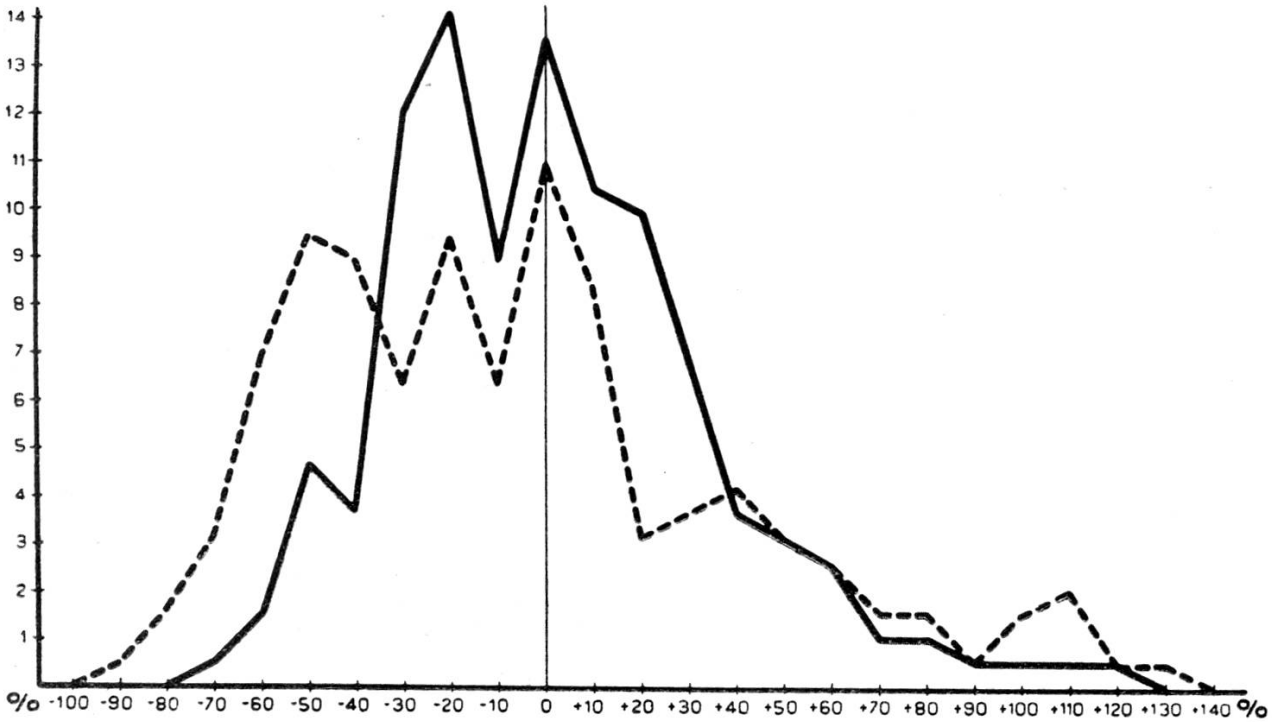


Fig. III

**Hochbaugewerbe**

**Die Häufigkeitsstreckenzüge der relativen Abweichungen vom Mittelwert für die Grössen:**

——— $= \frac{\text{Heilkosten} + \text{Lohnentschädigungen}}{\text{Lohnsumme}}$ — — — — $= \frac{\text{Gesamtbelastung}}{\text{Lohnsumme}}$

lungen unserer Belastungen zur rohen Abschätzung direkt mit der Verteilung der Abweichungen der Sterbequotienten vom Trend vergleichen, wie sie Lange dargestellt hat. Es zeigt sich, dass bei der Zufallsverteilung der Sterbequotienten Abweichungen von über ± 10 % des Mittelwertes schon äusserst selten auftreten, so dass dieser Bereich also schon fast die ganze Verteilung umfasst. Bei unserer Verteilung der Belastung durch Heilkosten und Lohnentschädigungen liegen dagegen nur 24 %, bei der der Gesamtbelastung sogar nur 16 % aller Fälle innerhalb dieses Abweichungsbereiches von ± 10%, das heisst ca. $\frac{3}{4}$ bzw. $\frac{5}{6}$ aller Fälle liegen ausserhalb dieser Abweichungsgrenzen.

Wenn wir die Grössenordnung der Abweichungen nach Massgabe des Prämientarifes beurteilen, so stellen wir fest, dass die Grosszahl der Abweichungen die zulässige Grenze wiederum überschreitet. Der Aufbau des Prämientarifes sieht im allgemeinen innerhalb der Gefahrenstufen gegenüber dem mittleren Prämiensatz Abweichungen von ± 10 % vor. Die Schwankungen der Unfallbelastungen der in ein und derselben Gefahrenstufe eingereihten Betriebe sollten daher diese Grenze naturgemäss nicht in grosser Zahl überschreiten. Statt dessen stellen wir aber fest, dass bei der Belastung durch Heilkosten und Lohnentschädigungen 76 % und bei der Gesamtbelastung sogar 84 % aller Fälle eine Abweichung aufweisen, die grösser als ± 10 % ist.

Bei derart krassen Verhältnissen dürfen wir uns die Anwendung weiterer Kriterien aus der Kollektivmasslehre zur Beweisführung sehr wohl ersparen.

Die ausserordentliche Wucht der Abweichungen stützt unsere Aussage, dass die Unfallbelastung der Betriebe, die derselben Gefahrenstufe zugeteilt sind, nicht nur zufälligen Schwankungen unterworfen sei.

Es kommen störende Einflüsse hinzu, deren Wirkungen aber nur sehr schwer oder überhaupt nicht systematisch erfassbar sind und sich daher einer statistischen Bearbeitung entziehen. Als solche sind insbesondere der weitgehende persönliche Einfluss der Betriebsinhaber bezüglich Organisation, Leitung und Einrichtung des Betriebes, die Auswahl der Arbeiter, ihre persönliche Unfalldisposition und Eingewöhnung im Betriebe, bestimmte lokale Einflüsse, die Überwachung der Verletzten, die geeignete Behandlung der ganz leichten sogenannten Bagatellunfälle sowie die Massnahmen des Unfallverhütungsdienstes, erkannt.

Die Wirkungen dieser Faktoren lassen sich aus den Ergebnissen einzelner Betriebe nachweisen. Einen Einblick in die Wirkung, die Massnahmen der Unfallverhütung beispielsweise ausüben können, geben die Resultate einer Grossfirma, die dem Unfallverhütungsdienst in den letzten Jahren ihre ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat. Die Unfallbelastung, ausgedrückt in Promillen der Lohnsumme, zeigt folgenden Verlauf:

| | ‰ |
|---|---|
| 1928 . . . . . | 27,6 |
| 1929 . . . . . | 21,6 |
| 1930 . . . . . | 14,8 |
| 1931 . . . . . | 6,7 |

Damit dürfte eindeutig nachgewiesen sein, dass die Hypothese des Zufalls in der Unfallversicherung nicht erfüllt ist und dass die Anwendung eines einheitlichen Prämiensatzes für die Betriebe einer Gefahrenstufe nicht absolut gerechtfertigt ist. Diesem Umstand trägt die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Rechnung, indem sie bei der Prämienfestsetzung die Prämie eines jeden Betriebes nach Möglichkeit dem individuellen Unfallrisiko anpasst. Dies geschieht dadurch, dass die ein-

zelnen Betriebe bezüglich Heilkosten und Lohnentschädigungen bei genügendem Umfang des Beobachtungsmaterials gemäss ihren eigenen Ergebnissen und nicht entsprechend dem Stufenmittel belastet werden. Über die Möglichkeiten zur Berücksichtigung der individuellen Betriebsergebnisse bei den Rentenfällen sind gegenwärtig Studien im Gange, über deren erste Resultate Herr Dr. Thalmann [1]) in seiner Kongressarbeit «Zur Prämienbestimmung in der sozialen Betriebsunfallversicherung» eingehend berichtet.

Wir halten fest, dass durch den Fall der Hypothese des Zufalls die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie in der Unfallversicherung in Frage gestellt wird.

Endgültig dürfen wir darüber jedoch erst entscheiden, nachdem wir auch noch die zweite gestellte Forderung geprüft haben. Wir wollen daher unser Augenmerk nun der zeitlichen Entwicklung des Unfallrisikos zuwenden.

## VI. Die zeitliche Entwicklung des Unfallrisikos

Setzen wir zeitliche Konstanz voraus, so ist zu erwarten, dass sich die Unfallbelastung in zufälligen Schwankungen um einen Mittelwert bewegt. Die Entwicklungen in den verschiedenen Industriezweigen weisen jedoch fast durchwegs eine ausserordentlich starke zeitliche Variabilität der Risiken auf, und zwar gehen die Veränderungen in Richtung und Grösse von Gefahrenklasse zu Gefahrenklasse weit auseinander. Die Darstellungen der Entwicklung der Belastung durch Heilkosten und Lohnentschädigungen sowie der Gesamtbelastung für die ausgewählten Gefahrenklassen Hochbau, Woll-, Baumwoll- und Leinenweberei sowie Schoko-

[1]) Dr. W. Thalmann: Kongressberichte Rom 1934, Band IV, S. 246.

lade- und Kakaofabrikation (vgl. Fig. IV—VI) zeigen eindeutig, dass von einer auch nur angenäherten zeitlichen Konstanz des Unfallrisikos nicht die Rede sein kann. Die Schwankungen um den Mittelwert sind derart

**Die zeitliche Entwicklung der Grössen:**

$$\text{———} = \frac{\text{Heilkosten} + \text{Lohnentschädigungen}}{\text{Lohnsumme}}$$

$$\text{- - - -} = \frac{\text{Gesamtbelastung}}{\text{Lohnsumme}}$$

Mittelwert = 100

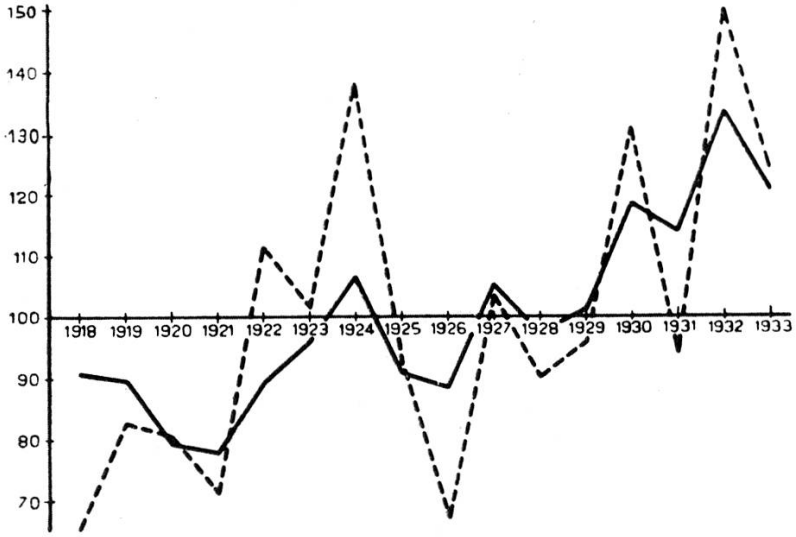


Fig. IV

**Woll-, Baumwoll- und Leinenweberei**

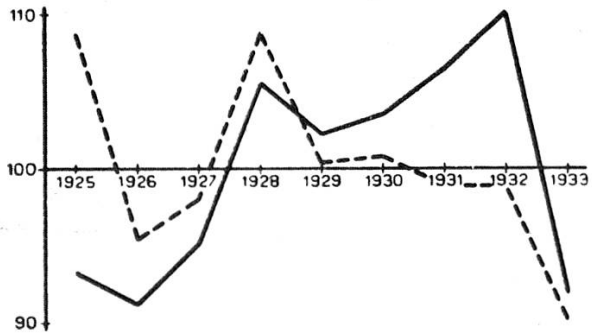


Fig. V

**Hochbau — Ofenbau**

Schokolade- und Kakaofabrikation

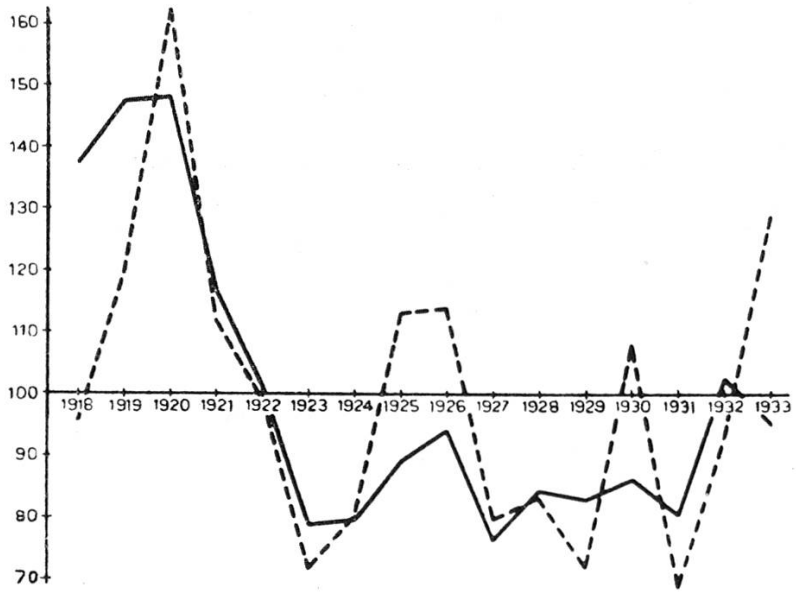


Fig. VI

gross, dass sie nicht nur durch die Wirkungen des Zufalls zu erklären sind. Nachdem wir in unserer ersten Betrachtung festgestellt haben, welch störenden Einfluss bestimmte Faktoren auf das Risiko des Einzelbetriebes ausüben, kann diese zeitliche Inkonstanz des Risikos einer ganzen Betriebsgruppe nicht verwundern. Der Komplex der Ursachen wird hier noch wesentlich erweitert, da zu den bereits früher genannten Faktoren noch eine ganze Reihe zeitlich bedingter Einflüsse dazu kommen, die in ihren Wirkungen weit über den Zufall dominieren. Als wesentlichste seien erwähnt:

Wirtschaftliche Einflüsse, insbesondere Krisenwirkungen.
Unstabile Entwicklung der Technik und Produktion.
Verbesserung der verwendeten Maschinen und Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit.
Entwicklung der Arbeitsmethoden und Fabrikationsprozesse.
Verschiebungen zwischen Maschinen- und Handarbeit.

Veränderungen im Aufbau und in der Zusammensetzung der Versicherten.
Massnahmen der Rationalisierung.
Wechselnde Arbeitsintensität.
Änderungen in der Gesetzgebung und der Einreihungsgrundsätze.
Veränderte Entschädigungspraxis.
Wandlungen in der Praxis der Rechtsprechung.
Fortschritte der Unfallmedizin.

Aus den graphischen Darstellungen (vgl. Fig. IV bis VI) geht hervor, dass diese störenden äusseren Einflüsse in den einzelnen Industriearten ganz verschiedene Wirkung haben. Aber auch innerhalb derselben Gefahrenklasse ist die jährliche Veränderung der Belastungen derart unregelmässig, dass keine einheitliche Tendenz der Entwicklung feststellbar ist. Es kann daher auch nicht möglich sein, diese säkularen Schwankungen wie bei der Sterblichkeit durch einen Trend darzustellen und durch ein mathematisches Gesetz zu erfassen.

Nabholz [1]) hat versucht, die Schwankungen des Unfallrisikos durch die Veränderung der Vollarbeiterzahl zu erklären. Eine gewisse Abhängigkeit dieser beiden Grössen ist nicht zu verkennen. Die gegebenen Darstellungen (vgl. Fig. VII und VIII) zeigen aber, dass auch hier kein allgemeiner und systematischer Zusammenhang besteht und damit an eine mathematisch erfassbare Gesetzmässigkeit nicht zu denken ist.

Diese Untersuchungen führen also zum Ergebnis, dass das Unfallrisiko der Gefahrenklassen weder zeitlich konstant bleibt, noch systematischen und mathematisch erfassbaren Veränderungen unterworfen ist. Unsere zweite Forderung bleibt also ebenfalls unerfüllt.

---

[1]) Dr. P. Nabholz: Das Unfallrisiko und seine Schwankungen, Bulletin des assurances sociales, Band XXIII, Paris 1912.

**Die zeitliche Entwicklung der Grössen:**

——— = Unfallhäufigkeit (Mittelwert = 1,0)
— — — = Anzahl Vollarbeiter } (Mittelwert = 100)
—•—•—•— = Anzahl Unfälle }

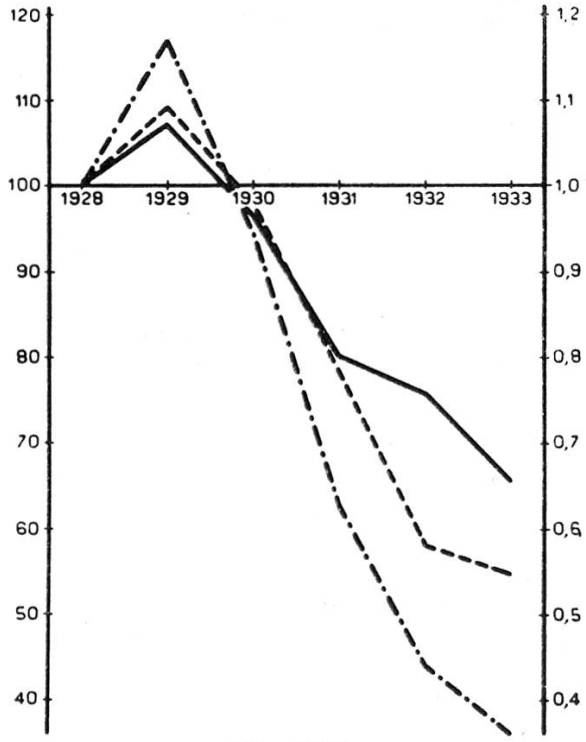


Fig. VII
**Maschinen- und Apparatebau**

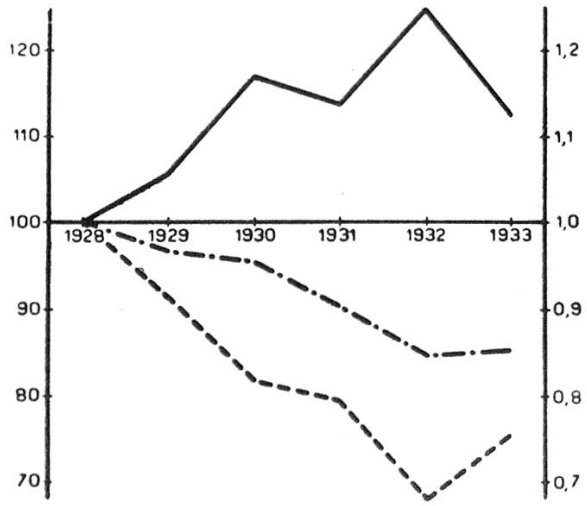


Fig. VIII
**Woll-, Baumwoll- und Leinenweberei**

## VII. Schlussfolgerungen, Rückblick und Ausblick

Wir stellen demnach zusammenfassend fest, dass die Beobachtungsreihen der Unfallstatistik nach den Erfahrungen der schweizerischen obligatorischen Unfallversicherung keine reinen Kollektive bilden, da weder die Hypothese des Zufalls, noch die Voraussetzung zeitlicher Konstanz oder gesetzmässiger Varianz der Risiken erfüllt sind, und ziehen daraus die Schlussfolgerung, dass die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitstheorie zur Erfassung des Unfallrisikos und damit zur Prämienbestimmung in der sozialen Unfallversicherung zu verneinen ist.

Damit soll aber keineswegs gesagt sein, dass die Unfallstatistik überhaupt unbrauchbar und wertlos sei. Ihre Ergebnisse sind für die Praxis von grosser Bedeutung, sowohl zur Abschätzung der Unfallbelastung und ihrer mutmasslichen Entwicklung als auch zur Revision der Prämiensätze und der Betriebseinreihungen.

All den Schlüssen, die aus den Ergebnissen der Unfallstatistik gezogen werden, kommt jedoch nur die Bedeutung einer rohen Abschätzung zu, keineswegs darf ihnen etwa mathematische Strenge oder das Gewicht wahrscheinlichkeitstheoretischer Prognosen beigemessen werden.

Diese Erkenntnis mahnt zu äusserst vorsichtiger Prämienpolitik und zwingt zu ständiger und gewissenhafter Kontrolle des Entwicklungsganges. Da eine zu grosse zeitliche Ausdehnung der Statistik zu vollständig irrigen Folgerungen führen kann, drängt sich die Konsequenz auf, dass Schlüsse nur aus den Ergebnissen der jüngsten Vergangenheit auf die nächste Zukunft zu ziehen sind.

Mit diesen Feststellungen befinden wir uns im Gegensatz zu einer Veröffentlichung von I. H. Peek [1]) aus dem Jahre 1912, in der die Anwendbarkeit wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden bei der Berechnung des Sicherheitsgrades und bei der Benützung statistischer Daten zwecks Klassifikation der gesetzlichen Unfallrisiken in der Praxis der holländischen Reichsversicherungsbank durchaus bejaht wird. Es wäre in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung zu vernehmen, ob die jüngsten Erfahrungen der holländischen Reichsversicherungsbank die Ansichten und Ergebnisse von I. H. Peek bestätigen. Eine den vorliegenden Untersuchungen entsprechende statistische Bearbeitung des holländischen Materials könnte einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Lösung dieses wichtigen, international interessierenden Fragenkomplexes liefern.

Da bei der Schaffung statistischer Grundlagen zur Bestimmung der Schadenreserven entsprechende Schwierigkeiten auftreten, liegt die Vermutung nahe, dass auch auf diesem Gebiete die Anwendbarkeit streng mathematischer Methoden fraglich erscheint. Es wird daher von Interesse sein, die diesbezüglichen Abhandlungen der italienischen Aktuare [2]), die auf rein mathematischer Grundlage beruhen, sowie die Untersuchungen von

---

[1]) Dr. I. H. Peek: Application of the calculus of probabilities in calculating the amount of securities etc., in the practice of the Dutch State Insurance Office. — Proceedings of the fifth international congress of mathematicians, Cambridge 1913.

[2]) Prof. Dr. E. Amoroso: La rappresentazione analitica delle curve di frequenza nei sinistri di infortuni e di responsabilità civile. Kongressberichte Rom 1934, Band III, S. 458. — Prof. Dr. F. Insolera: Sulle tariffe per l'assicurazione contro la responsabilità civile nel rischio automobilistico. Kongressberichte Rom 1934, Band III, S. 476.

Jannott [1]) in diesem Zusammenhange weiter zu verfolgen.

Die Behandlung dieser Fragen würde jedoch im Rahmen der vorliegenden Abhandlung zu weit führen und soll daher späterer Bearbeitung vorbehalten bleiben.

---

[1]) K. Jannott: Bestimmung der Prämien und Reserven in der Unfall- und Haftpflichtversicherung. Kongressberichte Rom 1934, Band III, S. 435. — Derselbe: Betrachtungen über die mathematische Bestimmbarkeit der Schadenreserve in Unfall- und Haftpflicht. Gustav Fischer, Jena 1934.