

Diss. Nr. 5804

**UNFÄLLE ALS UNERWÜNSCHTE EREIGNISSE IN SYSTEMEN  
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG  
DER TEXTILFASERVERARBEITUNG**

**ABHANDLUNG**

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Technischen Wissenschaften

der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH**

vorgelegt von

**WILHELM JAKOB MÜLLER**

Dipl. Ing. ETH

geboren am 9. Mai 1921

von Zollikon und Uetikon am See

Angenommen auf Antrag von

Prof. H. W. Krause, Referent

PD Dr. W. Hartmann, Korreferent

1976

4. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Systemsicherheit, wobei Unfälle als unerwünschte Ereignisse in Systemen - unter besonderer Berücksichtigung der Textilfaserverarbeitung - in Betracht gezogen werden. Die ersten Abschnitte (Kap. 1; 2.1) legen die theoretischen Grundlagen dar, wie Definition und Grenzen von Systemen, Sicherheit und Zuverlässigkeit, sowie der Systemmethodik. Die Hauptanalysetechniken werden im Abschnitt 2.2 beschrieben. Dazu gehören Fehlerart und Auswirkung, Fehlerbaum, Technik der Voraussage der menschlichen Fehlerraten, sowie die Kostenauswirkungsanalyse. Der Abschnitt 2.3 befasst sich mit dem Begriff des Unfalls, seinen Ursachen und Wirkungen, sowie der statistischen Erhebungen mit ihren Auswertungen im Hinblick auf die Bedürfnisse der Systemsicherheit. Im Kapitel 3 wird die Sicherheitstechnik in einem praktischen Beispiel angewendet, wobei eine Kammgarnkrempel - eine ganz typische und gefährliche Textilmaschine - als Anwendungsbeispiel diente.

Die Ergebnisse der Analysen sind in einer Reihe von Tabellen und Darstellungen zusammengefasst worden. Zusätzlich zu den Anwendungen der hauptsächlichsten Analysetypen sind Hilfsanalysen, wie die "Einleitende Unfallanalyse", die "Analyse der Subsysteme", die "Fehl-Ereignis-Analyse" und die "Arbeits-Ereignis-Analyse" durchgeführt worden. Dabei ergaben sich folgende Erkenntnisse :

1. Die statistischen Auswertungen von Unfällen haben bei der Sicherheitsarbeit eine ausschlaggebende Wichtigkeit, da sie für die Abschätzung von Risiken nötig sind (Unfallhäufigkeit, Ereignisschwere). An Statistiken sind diejenigen über die Fehlverhalten (THERP), die Schwere der Ereignisse und die Unfallursachen notwendig.
2. Es ist unbedingt zwischen Unfall und Ereignis zu unterscheiden. Ein Unfall mit einer geringfügigen Verletzung kann ein sehr schweres Ereignis sein, wenn die grösstmöglichen Folgen katastrophale Auswirkungen haben (Gefahrenklasse 4).
3. Um aussagekräftige Statistiken zu erhalten, sind die Ereignisse möglichst vieler Arbeitsstunden oder Handlungen zu erfassen. Bei Krempeln ergab sich erst in einem Zeitraum von ca.  $10^7$  Arbeitsstunden die Wahrscheinlichkeit, dass alle Unfallarten einmal aufgetreten sind. Die Daten sollten zudem mit mathematisch-statistischen Methoden gesichert werden, was eine Zu-

sammenarbeit zwischen Statistikern und Sicherheitstechnikern voraussetzt.

4. Systemsicherheitsanalysen sind sehr zeitaufwendig und verlangen die Zusammenarbeit von Experten verschiedenster Fachrichtungen. Der Teamleiter muss sehr viel Sinn für Koordination haben und sich immer den Ueberblick über den Ablauf der Analysen bewahren.
5. Wegen der Aufwendigkeit einer solchen Sicherheitsarbeit kommen Systemsicherheitsanalysen in der Regel nur für unübersichtliche (komplexe) Systeme in Betracht. Für einfachere Systeme genügt es, auch nur einzelne Analysenarten anzuwenden.
6. Systemsicherheitsanalysen haben für die wirklich analysierten Systeme eine volle Aussagekraft. Aehnliche Anlagen können bis zu einem gewissen Grad zu ähnlichen Ergebnissen führen, doch sollte man sich über die möglichen Abweichungen der Funktionsbedingungen Rechenschaft geben. Einflüsse durch abweichende klimatische Verhältnisse z.B. können ganz andere Ausfallfaktoren verursachen.
7. Die Unterschiede in den Verhaltensarten des Bedienungspersonals sind durch die Ereignisraten bereits erfasst. Personelle Aenderungen können positive oder negative Einflüsse ergeben, je nach der Qualität der Sicherheitsführung. Mit der Verteilung der Maschinen auf viele Einzelbetriebe kommen aber Einzelfälle in der Statistik nur geringfügig zum Ausdruck. Technische Sicherungen an allen Maschinen üben einen wirkungsvolleren und nachhaltigeren Einfluss auf das Unfallgeschehen aus als die Verbesserung der Sicherheitsführung.
8. Die statistischen Auswertungen sind auch für die empirische Form der Sicherheitsarbeit nützlich, da sie Angaben über die Ereignisschwere und Unfallhäufigkeit enthalten, was erlaubt, Risiken überschlagsmässig abzuschätzen.
9. Statistische Auswertungen erhalten ihre Gültigkeit solange, als die Produktionsverfahren gleich bleiben. Deshalb müssen sie nicht permanent sondern können iterativ erhoben werden.

Die Ergebnisse der Analysen sind für alle Phasen der Systeme, wie Projektierung, Planung, Konstruktion, Installation und Betrieb nützlich. Die Erkenntnisse - synthetisch und umfassend angewendet - sollten das optimal sichere und zuverlässige System erbringen, was in vielen Fällen erst nach mehreren Anwendungen der Fall sein wird. Den Sicherheitsingenieuren eröffnet sich damit ein erweitertes Feld ihrer Aktivität, mit welcher sie mithelfen können, Schwachstellen zu erkennen und wirksam auszumerzen. Die Sicherheitsorganisation kann zu einem wichtigen Teil der Betriebsorganisation werden, wenn sie das Betriebsgeschehen mit Hilfe von statistischen Erhebungen besser überblickbar macht, Erfahrungen festhält, speichert und angemessene Massnahmen zur Verhütung von Unfällen und Schäden durchführt.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich für die Aufstellung von Betriebsinstruktionen, Führungsblättern und Richtlinien (software) sowie für die Verbesserung der bestehenden oder zukünftigen Installationen (hardware) mit grossem Nutzen anwenden und bilden das Rückgrat einer auf wirtschaftliche Grundlagen ausgerichteten Betriebsführung. Sie geben auch die Unterlagen für eine gut fundierte Risikoabschätzung und damit Entscheidungsgrundlagen für die Unternehmensführung.