

## **Wissenschaftliches Kolloquium**

# **Erfassung, Auswertung und Weiterleitung von Informationen zur Anlagensicherheit - 10 Jahre ZEMA**

*21.-22. Oktober 2003*

## *10 Jahre ZEMA – Ergebnisse und Perspektiven*

### *Präsentation ZEMA Datenbank*

*Michael Kleiber, Johanna Watorowski, Hans-Joachim Uth,  
Umweltbundesamt, Berlin*

#### Übersicht

##### *10 Jahre ZEMA – Ergebnisse*

- 1 Ereignisarten
- 2 Betriebsvorgänge
- 3 Stoffkategorien
- 4 Relativer Massenindex
- 5 Anlagenarten
- 6 Ursachen
- 7 Personenschäden
- 8 Sach-/Umweltschäden

##### *Präsentation der ZEMA-Datenbank*



**Oktober 2003**

# Zusammenfassende Auswertung der meldepflichtigen Ereignisse 1993-2002

Die folgenden Auswertungen basieren auf alle Ereignisse die im Zeitraum 1993-2002 bei der ZEMA registriert wurden. Insgesamt wurden 313 Ereignisse ausgewertet. Diese Ereignisse unterteilen sich in 89 Störfälle (Ereignisse nach § 11 Abs. 1 Nr.1 Störfall-Verordnung 1991), 19 Ereignisse, bei denen eine Gemeingefahr nicht auszuschließen war (§ 11 Abs. 1 Nr.2a Störfall-Verordnung 1991) und 137 Ereignisse mit Schäden (§ 11 Abs. 1 Nr.2b Störfall-Verordnung 1991).

## 1 Ereignisarten

Im Zeitraum 1993-2002 wurden 50% der Ereignisse mit einer Stofffreisetzung gemeldet. Somit ist die Stofffreisetzung, wie in den jahresbezogenen Auswertungen, die vorherrschende Erscheinungsform.

18% der Meldungen entfielen auf reine Brände, Explosionen waren mit 9% vertreten. Der Rest entfiel auf Kombinationsereignisse zwischen allen Arten. Bild 1 zeigt die Verteilung der Ereignisarten.

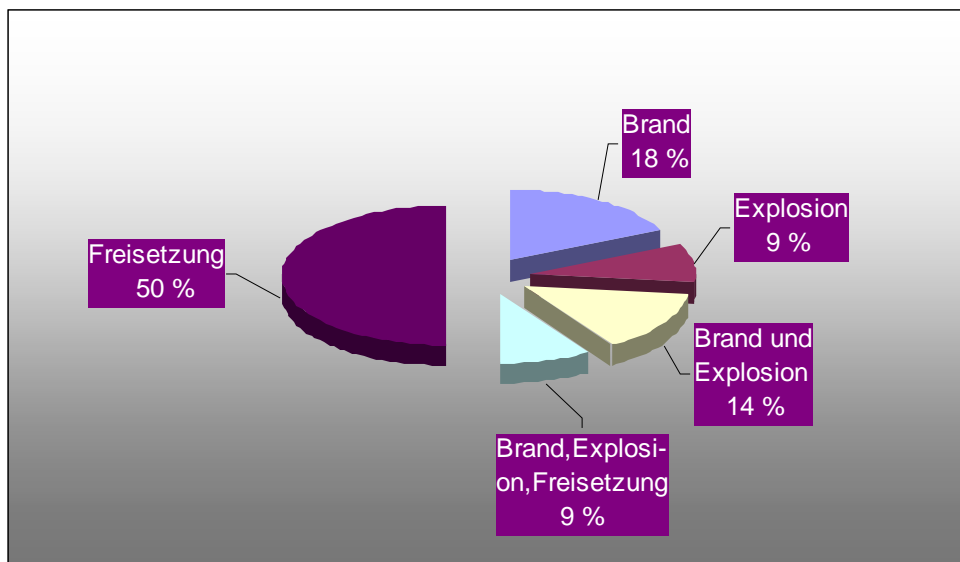
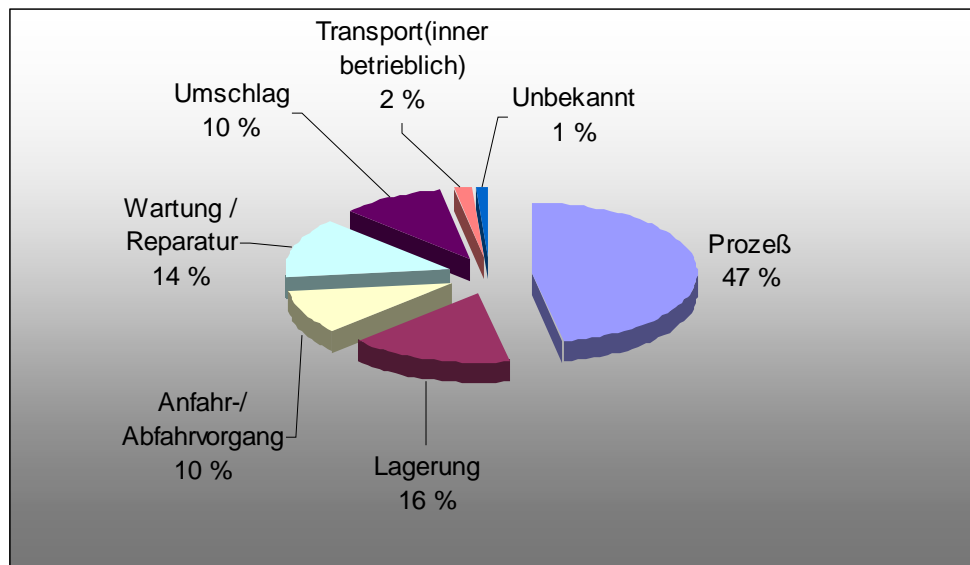


Bild 1: Ereignisarten 1993-2002

## 2 Betriebsvorgänge

Im Bereich der Betriebsvorgänge wurde der Prozess mit 48% als häufigstes Ereignis ermittelt. Die Lagerung (16%) und die Wartung/Reparatur (14%) sind die nächst häufigsten Betriebsvorgänge zum Zeitpunkt der Ereignisse. Bild 2 zeigt die Verteilung der Betriebsvorgänge im einzelnen auf.



**Bild 2: Betriebsvorgänge 1993-2002**

### 3 Stoffkategorien

Die Zuweisung der an den Ereignissen beteiligten Gefahrstoffe zu Stoffgruppen zeigt Tabelle 1. Dabei wurden die Stoffe gemäß den Einstufungen der Gefahrstoff - Verordnung zugeordnet. Waren mehrere R - Sätze für den Stoff vergeben, erfolgte die Zuordnung in der Reihenfolge:

*Sehr giftige Stoffe > giftige Stoffe > ätzende oder reizende Stoffe > explosionsgefährliche/selbstentzündliche Stoffe > brennbare Gase > leicht entzündliche Flüssigkeiten > entzündliche Flüssigkeiten > umweltgefährdende Stoffe*

**Tabelle 1: Zuordnung der an den Ereignissen beteiligten Gefahrstoffe zu Stoffkategorien 1993-2002, Summe aller an Ereignissen beteiligten Stoffe: 517**

Stoffgruppe	Zuordnung nach GefStoffV, R-Sätze	Anteil der Stoffe in [%]
Sehr giftige Stoffe	R 26, 27, 28	12%
Giftige Stoffe	R 23, 24, 25, 48/23	30%
Ätzende oder reizende Stoffe	R 34, 35, 36, 37, 38	3%
Explosionsgefährliche oder selbstentzündliche Stoffe	R 2, 3, 8, 9, 11	4,5%
Explosionsgefährliche Staub-Luftgemische		3%
Brennbare Gase	R 12	16%
Leicht entzündliche Flüssigkeiten	R 11, 12, 13, 15, 17	14%
Entzündliche Flüssigkeiten	R 10	5%
Umweltgefährdende Stoffe	R 50/53, R51/53	1%
Nicht eingestufte Stoffe		11,5%

## 4 Relativer Massenindex

Für die Ermittlung des relativen Massenindex wurden die angegebenen Stoffmengen aus den Jahren 1993-2002 verwendet. Zur Auswertung konnten 209 Ereignisse aus den letzten 10 Jahren herangezogen werden. Wobei 25% der Ereignisse einen relativen Massenindex<sup>1</sup> unter 1% aufwiesen (vgl. Bild 3). Bei rund 20 % der Ereignisse wird im Ereignis die qualifizierende Mengenschwelle überschritten, d.h. es war mit dem Vorliegen einer ernststen Gefahr zu rechnen.

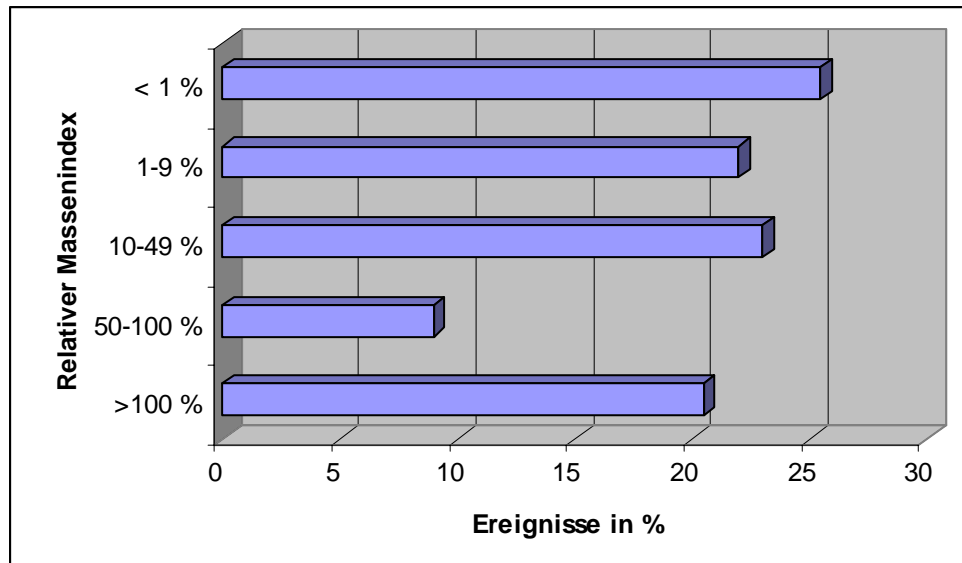
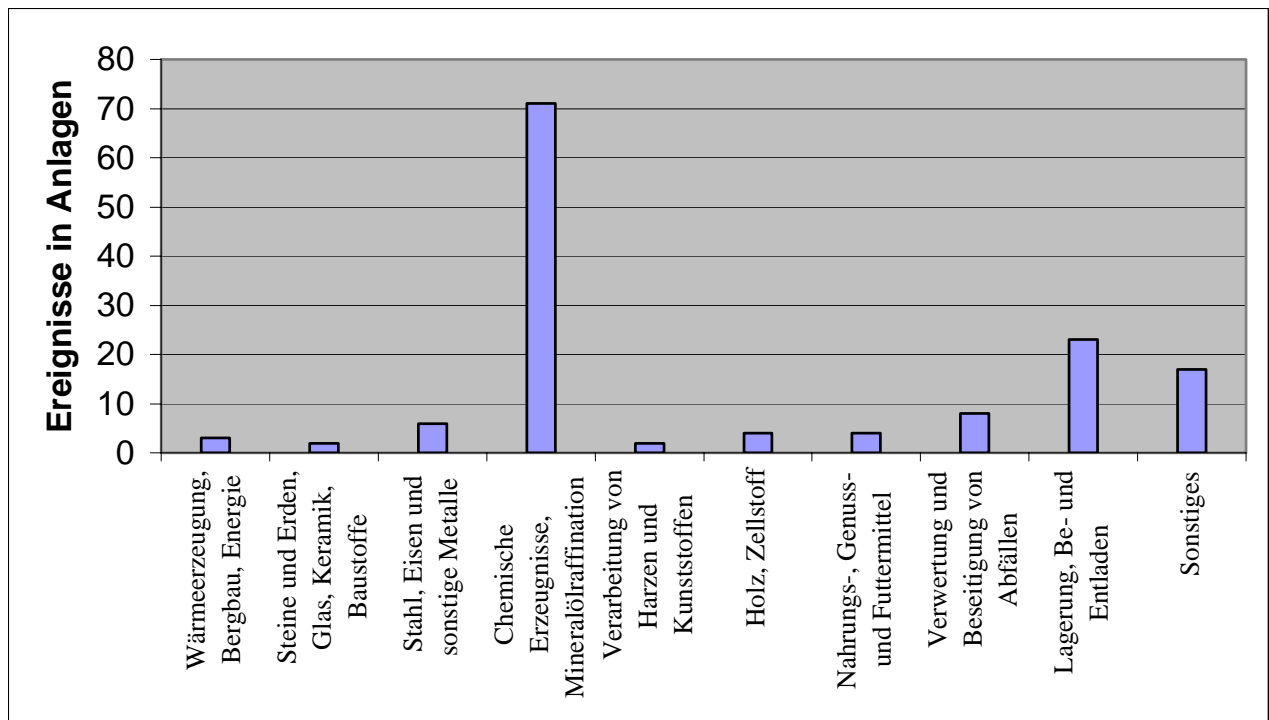


Bild 3: Relativer Massenindex 1993-2002

## 5 Anlagenarten

Bei den Anlagenarten wurde die chemische Industrie und Mineralölindustrie (Nr. 4 des Anhangs der 4. BImSchV) mit 50 % der Ereignisse als häufigste Anlagenart ermittelt. Mit 17% der Ereignisse folgen „Lagerung“ (Nr. 9) und die „Sonstige Anlagen“ (Nr. 10) mit 12%. Hinsichtlich der weiteren Verteilung siehe Bild 4.

<sup>1</sup> Der relative Massenindex bestimmt sich aus dem Quotienten der Masse und der spezifischen Mengenschwelle des Gefahrstoffs. Die Mengenschwellen sind in Anlehnung an die StörfallIV (1991) bestimmt. Einzelheiten s. Jahresbericht 2000 der ZEMA ([www.umweltbundesamt.de/ZEMA](http://www.umweltbundesamt.de/ZEMA))



**Bild 4: Anlagenarten 1993-2002**

## 6 Ursachen

Technischer Fehler (Apparate / Armaturen) lagen in der Gesamtschau mit 21 % bei den Ursachen an erster Stelle. Die chemischen Reaktionen folgten mit 18 %. Mit zusammen 22 % der Ereignisse konnten die Ursachen menschlichen Fehlern (Bedienfehler und organisatorischer Fehler) zugeordnet werden (vgl. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Ursachen 1993-2002**

Ursache	%
chemische Reaktion	18
Eingriff Unbefugter	0,5
Korrosion	5,5
menschlicher Fehler (Bedienfehler)	13
menschlicher Fehler (organisatorischer Fehler)	9
menschlicher Fehler(während Reparaturarbeiten)	2,5
physikalische Reaktion	2,5
technischer Fehler (Apparate / Armaturen)	21
technischer Fehler (Behälter / Flansch)	6
technischer Fehler (mechanische Beschädigung)	1,5
technischer Fehler (Rohr)	3
umgebungsbedingte Ursache	1
unbekannt	9,5

## 6.1 Ursachen nach Industriebereichen

**Tabelle 3: Ursachen nach Industriebereichen**

(Auswertung der Ereignisse, für die eine Einordnung zu den Nrn. des Anhangs der 4. BImSchV angegeben war, N= 118)

Beschreibung Nr. Anhang 4.BImSchV	Summe Ereignisse =100 % <sup>2</sup>	Ursachen			
		Technische r Fehler	Menschliche r Fehler*	Chemische / physikalische Reaktion	Korrosion
Prozessanlagen Nr. 4,5	65	<b>28 %</b>	<b>35 %</b>	<b>31 %</b>	<b>6 %</b>
Lageranlagen Nr. 9	18	<b>54 %</b>	<b>22 %</b>	<b>16 %</b>	<b>6 %</b>
Übrige Anlagen Nr.1-3,6,7,8,10	35	<b>28 %</b>	<b>37 %</b>	<b>29 %</b>	<b>6 %</b>

\*einschließlich Bedienfehler und Managementfehler

## 6.2 Ursachen nach Ereignisarten

**Tabelle 4: Ursachen nach Ereignisarten (N= 234)**

Ereignisarten	Summe Ereignisse =100 %	Ursachen			
		Technische r Fehler	Menschliche r Fehler*	Chemische / physikalische Reaktion	Korrosion
Brand, Explosion und Kombinationen	81	<b>21 %</b>	<b>34 %</b>	<b>40%</b>	<b>5 %</b>
--Nur Brand	33	<b>18 %</b>	<b>34 %</b>	<b>39 %</b>	<b>9 %</b>
--Nur Explosion	22	<b>9 %</b>	<b>36 %</b>	<b>50 %</b>	<b>5 %</b>
Freisetzung in Luft	153	<b>44 %</b>	<b>38 %</b>	<b>10 %</b>	<b>8 %</b>

\*einschließlich Bedienfehler und Managementfehler.

<sup>2</sup> Bei der Summe wurden nur die Ereignisse berücksichtigt, für die die aufgeführten Ursachen angegeben sind.

### 6.3 Ursachen nach Ereignisart in Anlagentypen

Tabelle 5: Ursachen nach Ereignisarten in Industriebereichen (N=91)

Ereignisart/Anlagentyp nach Nr. Anhang der 4. BImSchV	Summe Ereignisse =100 %	Ursachen			
		Technischer Fehler	Menschlicher Fehler*	Chemische / physikalische Reaktion	Korrosion
<b>Brand / Explosion in</b>					
Prozessanlagen (Nr. 4,5)	17	18 %	29 %	47 %	6 %
Lageranlagen (Nr. 9)	2	0	0	50 %	50 %
Übrigen Anlagen (Nr. 1-3,6-8,10)	10	20 %	30 %	50 %	0
<b>Freisetzung aus</b>					
Prozessanlagen (Nr. 4,5)	34	34 %	33 %	21 %	12 %
Lageranlagen (Nr. 9)	11	64 %	27 %	9 %	0
Übrigen Anlagen (Nr. 1-3,6-8,10)	17	30 %	46 %	12 %	12 %

\*einschließlich Bedienfehler und Managementfehler

### 6.3 Ursachen nach Betriebsvorgängen in Anlagentypen

Tabelle 6: Ursachen nach Betriebsvorgängen in Industriebereichen (N=102)

Ereignisart/Anlagentyp nach Nr. Anhang der 4. BImSchV	Summe Ereignisse =100 %	Ursachen			
		Technischer Fehler	Menschlicher Fehler*	Chemische / physikalische Reaktion	Korrosion
<b>Normalbetrieb (Prozess /Lagerung)</b>					
Prozessanlagen (Nr. 4,5)	32	35 %	19 %	43 %	3 %
Lageranlagen (Nr. 9)	10	70 %	0	20 %	10 %
Übrigen Anlagen (Nr. 1-3,6-8,10)	19	36 %	16 %	43 %	5 %
<b>An- und Abfahrvorgang / Umschlag</b>					
Prozessanlagen (Nr. 4,5)	16	25 %	44 %	25 %	6 %
Lageranlagen (Nr. 9)	5	40 %	60 %	0	0
Übrigen Anlagen (Nr. 1-3,6-8,10)	5	0	80 %	20 %	0
<b>Wartung / Instandsetzung</b>					
Prozessanlagen (Nr. 4,5)	12	0	84 %	8 %	8 %
Lageranlagen (Nr. 9)	1	0	100 %	0	0
Übrigen Anlagen (Nr. 1-3,6-8,10)	2	0	100 %	0	0

\*einschließlich Bedienfehler und Managementfehler

## 6.5 Zusammenfassende Auswertung

Die Detailanalyse der Kap. 3.6.1 – 3.6.4 ergibt ein differenziertes Bild hinsichtlich der verschiedenen Ereignisarten in den unterschiedlichen Industriebereichen und ihren Ursachen.

In der verfahrenstechnischen Industrie (vorwiegend Chemische Industrie, Nr. 4 und 5 des Anhangs der 4. BImSchV), in der rund 47 % der Ereignisse (s. Bild 2) während des normale Betriebs auftraten, waren als primären Ursachen der menschliche Fehler mit ca. 35 % dominant (s. Tabelle 3). Dabei kann dieser Fehlertyp insbesondere bei den Vorgängen, in denen der direkte menschliche Eingriff erforderlich ist, wie bei An – und Abfahrvorgängen (44 %) sowie bei Wartung- und Instandsetzungsvorgängen (84 %) beobachtet werden (s. Tabelle 6). Der technische Fehler, der immerhin auch in 28 % der Fälle als Ursache ausgemacht war, ist mit 35 % (s. Tabelle 6) bestimmend im Standartbetrieb (Normalbetrieb). Dies gilt insbesondere bei die Lageranlagen (70 %).

Bei separaten Lageranlagen (Nr. 9 des Anhangs der 4. BImSchV) dominiert der technische Fehler mit 54 % die Unfallursache. Vorwiegend sind die Ereignisse mit der Freisetzung des Lagerguts (64 % der Fälle, weniger mit Brand oder Explosion- s. Tabelle 5) verbunden.

Bei Betrieben, die nicht zum Kernbereich der verfahrens-technischen Anlagen zählen (z.B. Kälteanlagen, Abfallbehandlungsanlagen, Nrn. 1-3,6-8,10 des Anhangs der 4. BImSchV) sind hinsichtlich der Verteilung der Ursachen ähnliche Verhältnisse wie bei den Verfahrenstechnischen Anlagen zu beobachten. Bei den typischen Vorgängen, die den Eingriff von Menschen erforderlich machen verstärkt sich noch einmal die Tendenz: Bei An- und Abfahrvorgängen, Umschlag ist der menschliche Fehler mit 80 % dominant, technische Fehler wurden als maßgebende Ursache hier nicht berichtet (s. Tabelle 6).

Mit rund einem Drittel werden mit Ausnahme bei den separaten Lageranlagen unbekannte/unerwartete chemische oder physikalische Reaktionen als Ursache genannt. Diese führen vorwiegend zu Explosionen und Bränden (s. Tabelle 4).

Der detailliertere Analyse zeigt, dass Brände und Explosionen in der verfahrenstechnischen Industrie öfter durch menschlichen Fehler (29 %) ausgelöst werden, als durch technische Fehler (18 %),bestimmend bleiben aber die unerwarteten chemischen oder physikalischen Reaktionen (47 %). Die Freisetzung (toxischer Stoffe nahezu ausschließlich in Luft) erfolgt zu annähernd gleichen Teilen durch technische (34 %) und menschliche (33 %) Fehler. Dies verschiebt sich bei separaten Lageranlagen zu technischen Fehlerursachen (64 %) im übrigen industriellen Bereich zu den menschlichen Fehlerursachen (46 %).

Die Betriebsweisen zum Zeitpunkt des Ereignisses zeigt Bild 2. Mit 47 % ist der laufende Prozessbetrieb der häufigste Betriebszustand, in dem die Ereignisse stattfinden. Lagerung sind mit 16 % und Wartung / Reparatur mit 15 % vertreten. An- und Abfahrvorgänge sowie der Umschlag sind mit je 10 % vertreten.

Diese Verteilung entspricht in erster Näherung auch den repräsentativen Betriebszeiten einer Anlage. Daraus kann in erster Näherung geschlossen werden, dass Ereignisse in allen Betriebsweisen annähernd gleich häufig auftreten.



## 7 Personenschäden

In der Tabelle 3 wird eine Zusammenfassung der von den Ereignissen verursachten Personenschäden aufgezeigt. In einem Zeitraum von 10 Jahren wurden insgesamt 45 Todesfälle und 945 Verletzte gemeldet (vgl. Tabelle 3).

**Tabelle 7: Personenschäden 1993-2002**

	Tote	Verletzte ambulant	Verletzte stationär	Vergiftete
Beschäftigte	44	76	412	1
Bevölkerung	1	82	375	3

## 8 Sach-/Umweltschäden

Bei den 286 gemeldeten Ereignissen traten innerhalb der Anlage Sachschäden\* von **356 Mio €** auf. Bei den Sachschäden\* außerhalb der Anlage lagen die Kosten bei **4,4 Mio €**. Kosten durch Umweltschäden wurden im Zeitraum 1993-2002 bei 4 Ereignissen innerhalb und bei 7 Ereignissen außerhalb der Anlage angegeben. Die Kosten lagen innerhalb der Anlage bei **160 T€** und außerhalb der Anlage bei **95 T€**.\*

\* soweit bekannt