

Seveso, Bhopal, Toulouse- kein Ende abzusehen ?

- Stand und Erwartungen an eine moderne Störfallvorsorge

Hans-Joachim Uth, Umweltbundesamt

www.umweltbundesamt.de/anlagen

33. Sicherheitswissenschaftliches Kolloquium am 03.07.2007

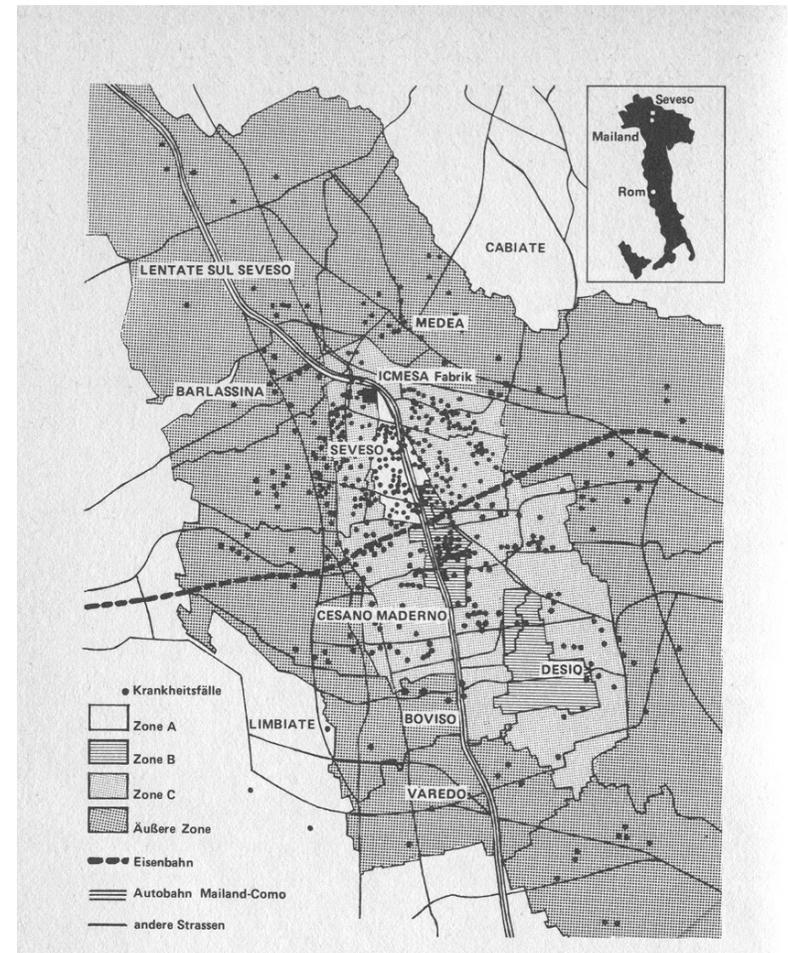
Seveso, Italien: Störfall 10.07.1976

- Freisetzung von Dioxin
- Weiträumige Umweltverseuchung
- Über 200 Verletzte (Chlorakne)



Seveso, Italien: Störfall 10.07.1976

- Freisetzung von Dioxin
- Weiträumige Umweltverseuchung
- Über 200 Verletzte (Chlorakne)



Bhopal, Indien: Störfall 2.12.1984

- Freisetzung von Methylisocyanat, etc.
- Ca. 10.000 Tote
- Ca. 100.000 Verletzte



Bhopal, Indien: Störfall 2.12.1984

- Freisetzung von Methylisocyanat, etc.
- Ca. 10.000 Tote
- Ca. 100.000 Verletzte



Bhopal, Indien: Störfall 2.12.1984

- Freisetzung von Methylisocyanat, etc.
- Ca. 10.000 Tote
- Ca. 100.000 Verletzte

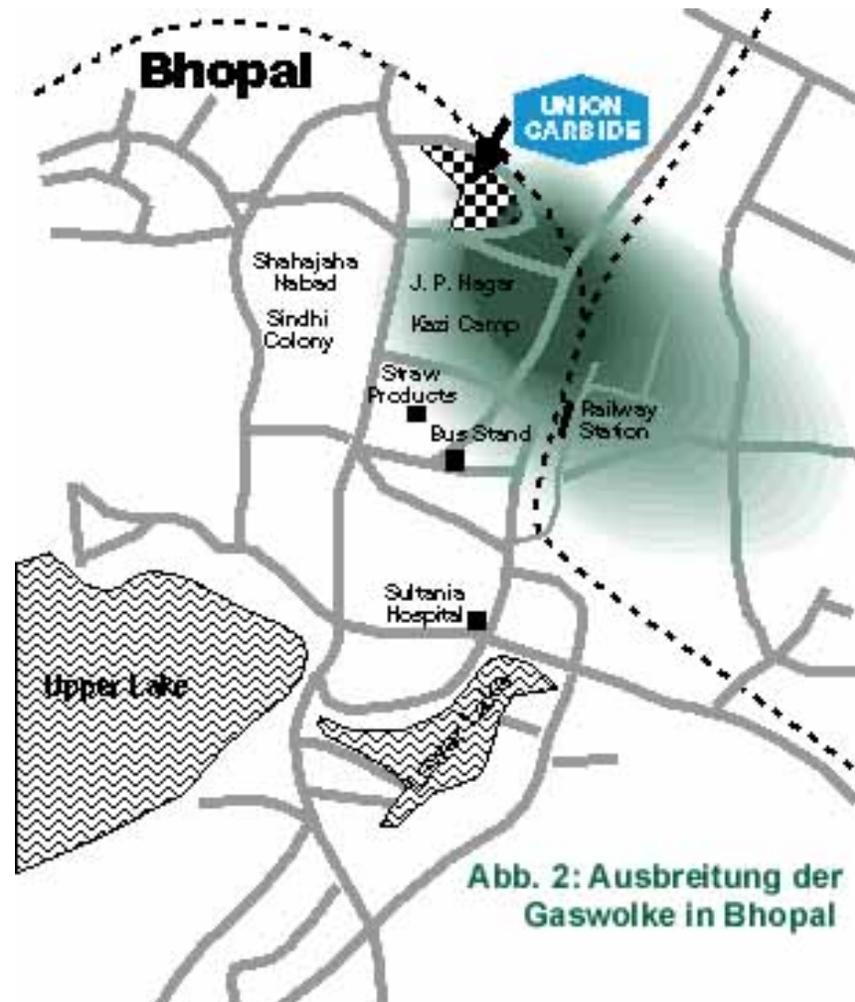


Abb. 2: Ausbreitung der Gaswolke in Bhopal

Bhopal, Indien: Störfall 2.12.1984



Bhopal
heute

Bhopal, Indien: Störfall 2.12.1984



Toulouse, F : Störfall 21.09.2001

- Explosion von Ammoniumnitrat (Düngemittel)
- 34 Tote
- 32 Schwerverletzte
- 190 Leichtverletzte
- Umfangreiche Zerstörungen



Toulouse, F : Störfall 21.09.2001



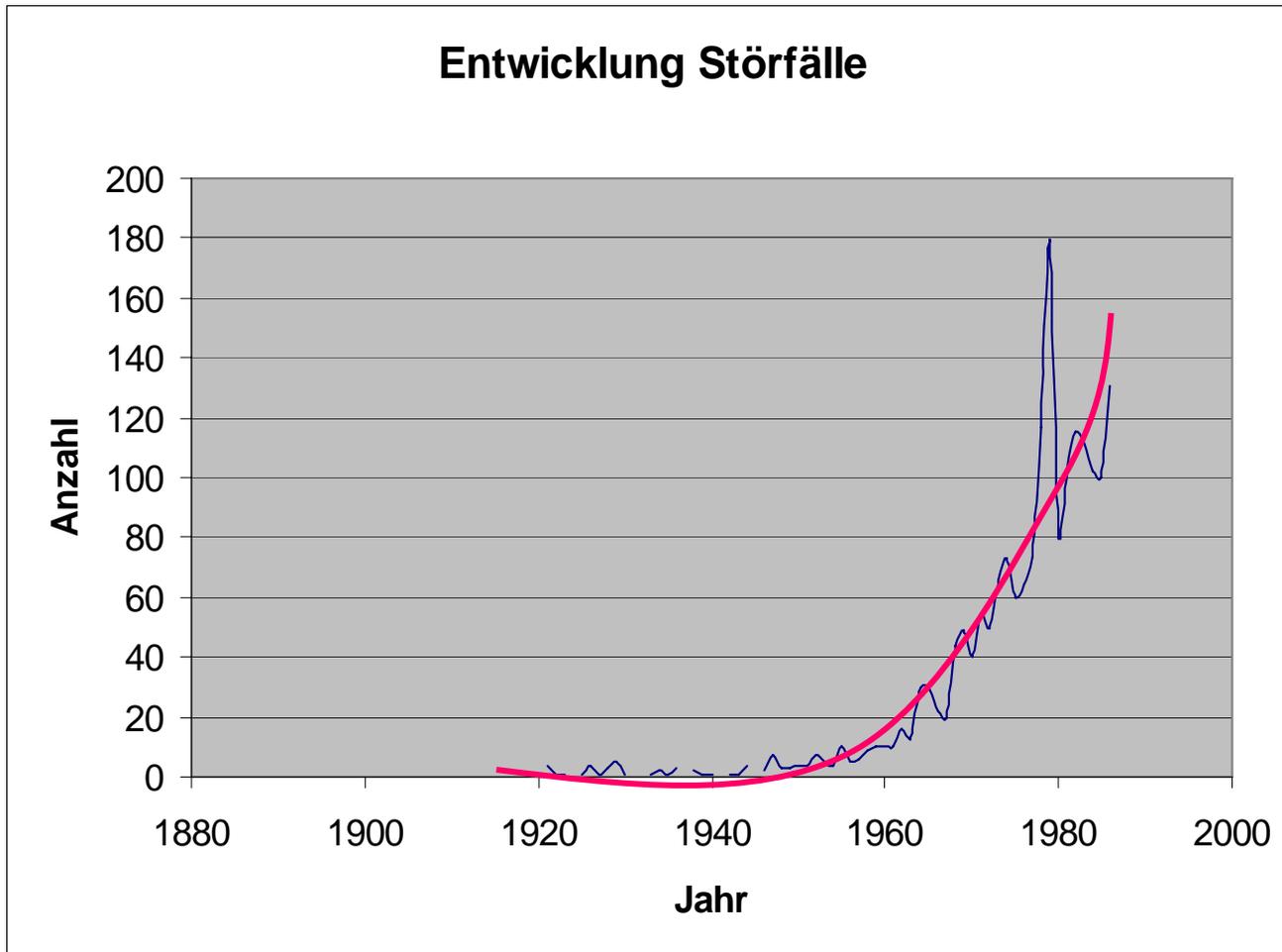
Toulouse, F : Störfall 21.09.2001



Kein Ende abzusehen ?

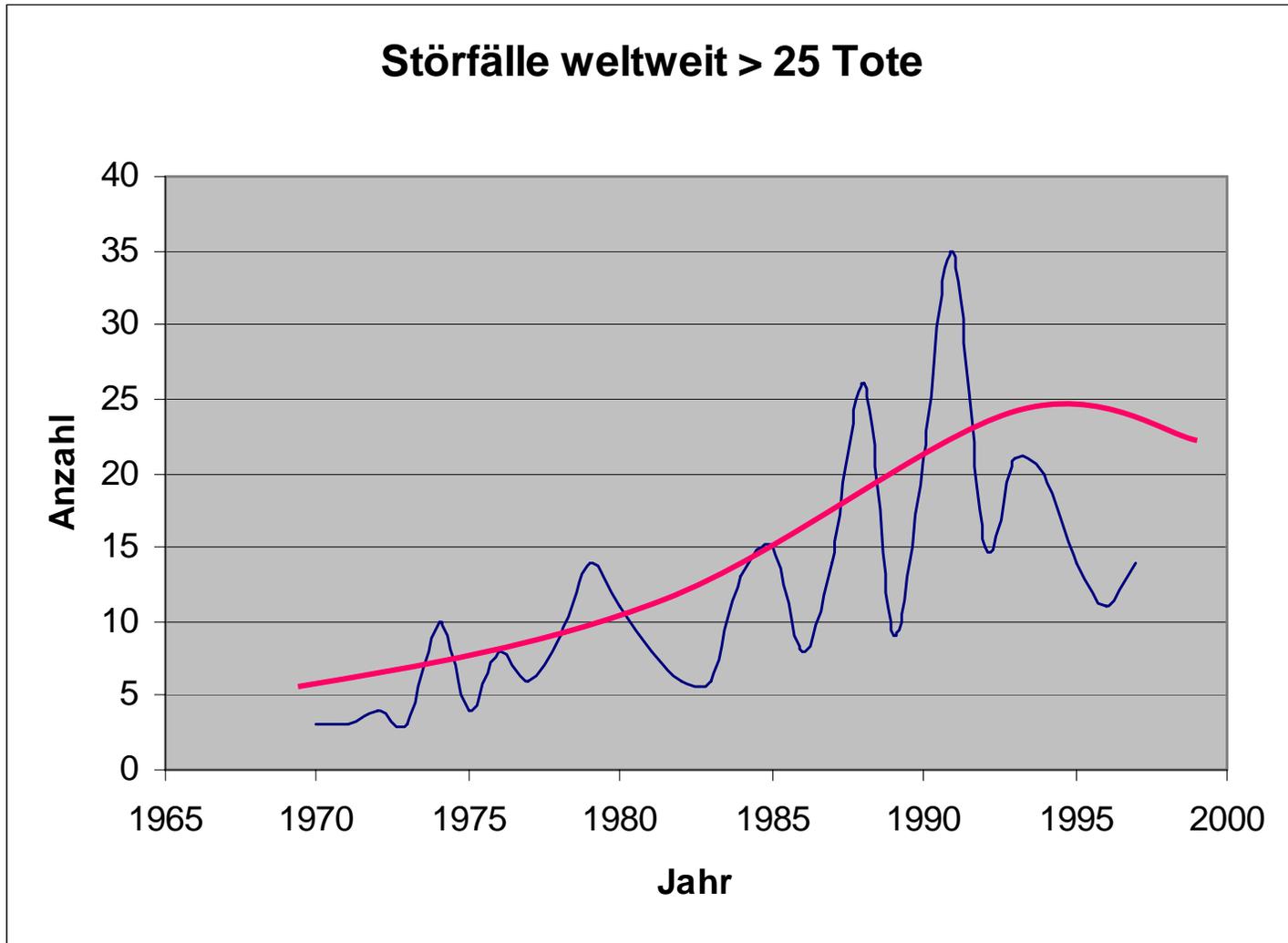
Inhaltsübersicht

- Standortbestimmung (Statistiken und Betriebserfahrungen)
- Erwartungen der Öffentlichkeit, Bedingungen für weitere Verbesserungen
- kritische Würdigung des herrschenden Sicherheitskonzepts
- Verbesserung durch QRA (Quantative Risk Assessment)?
- Fazit



Quelle: Handbuch Störfälle, UBA; N=1600

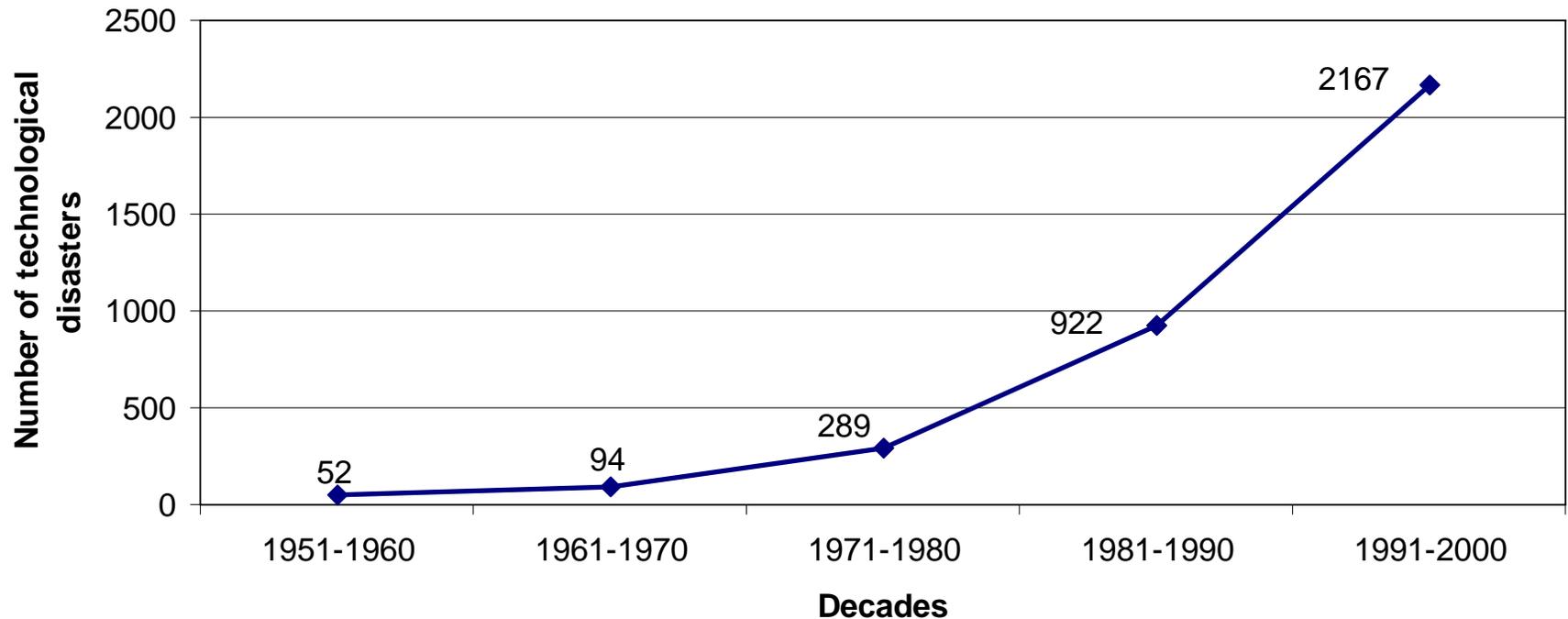
FG Anlagensicherheit & Störfallvorsorge



Quelle: UNEP/OECD Jahrbücher; N=330

FG Anlagensicherheit & Störfallvorsorge

Number of technological disasters (1951-2000)

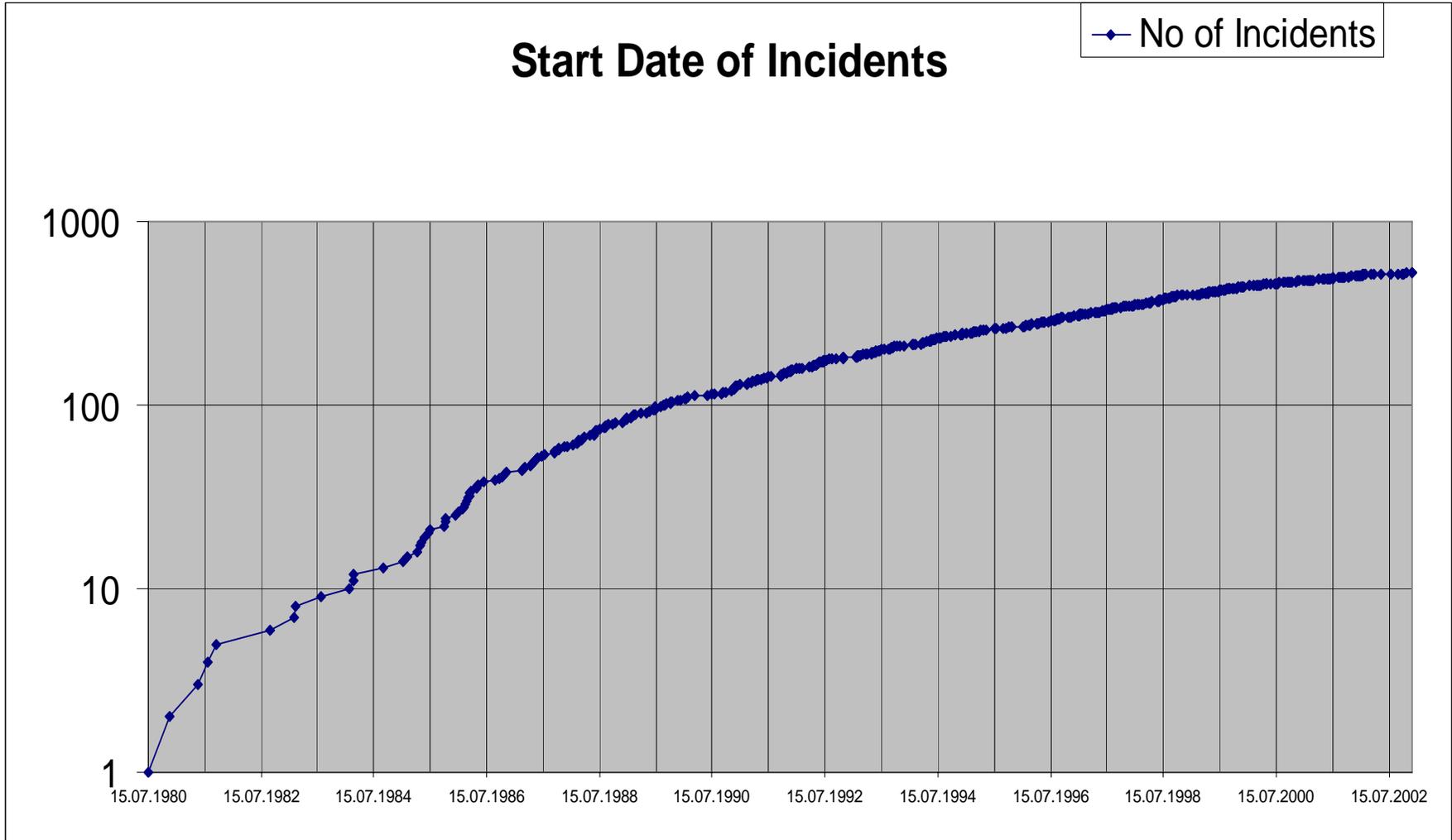


Source: EM-DAT Database (CRED)

CRED Inclusion Criteria:

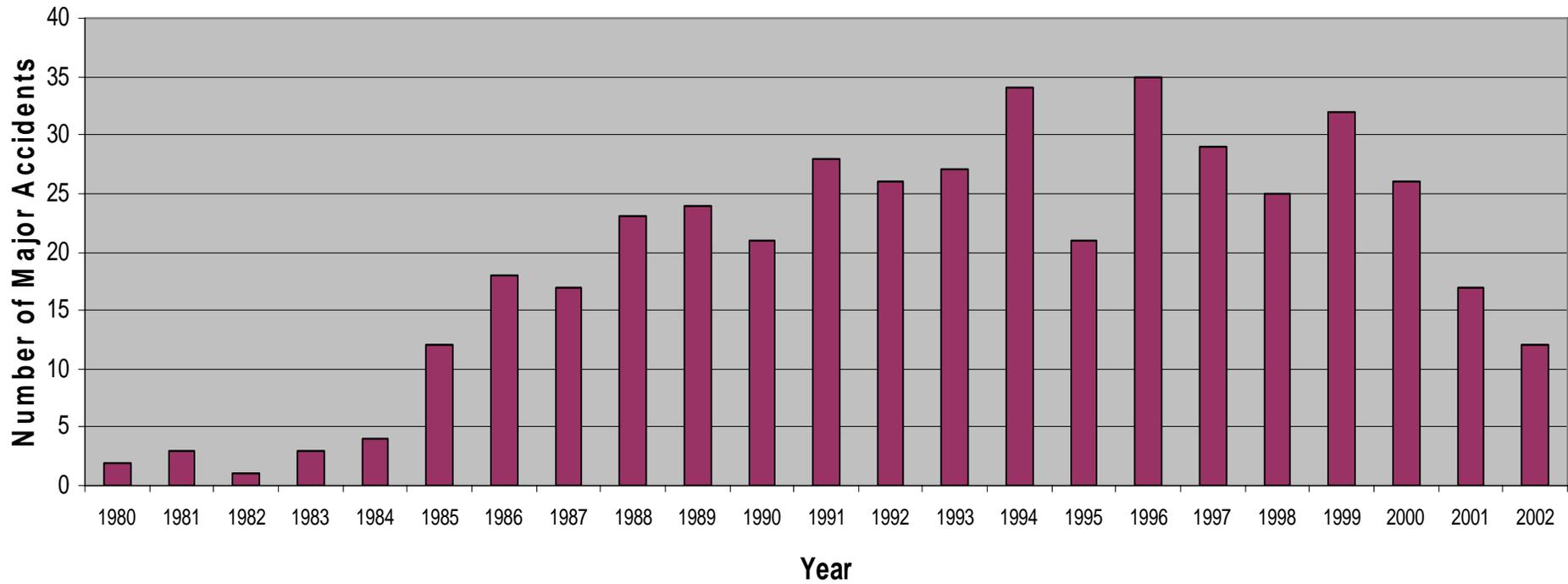
- ***>= 10 deaths*** and/or
- ***>= 100 people affected*** and/or
- ***National Emergency call***

Technological => transportation accident (road, air, maritime), industrial accident, fire, building collapse, explosion



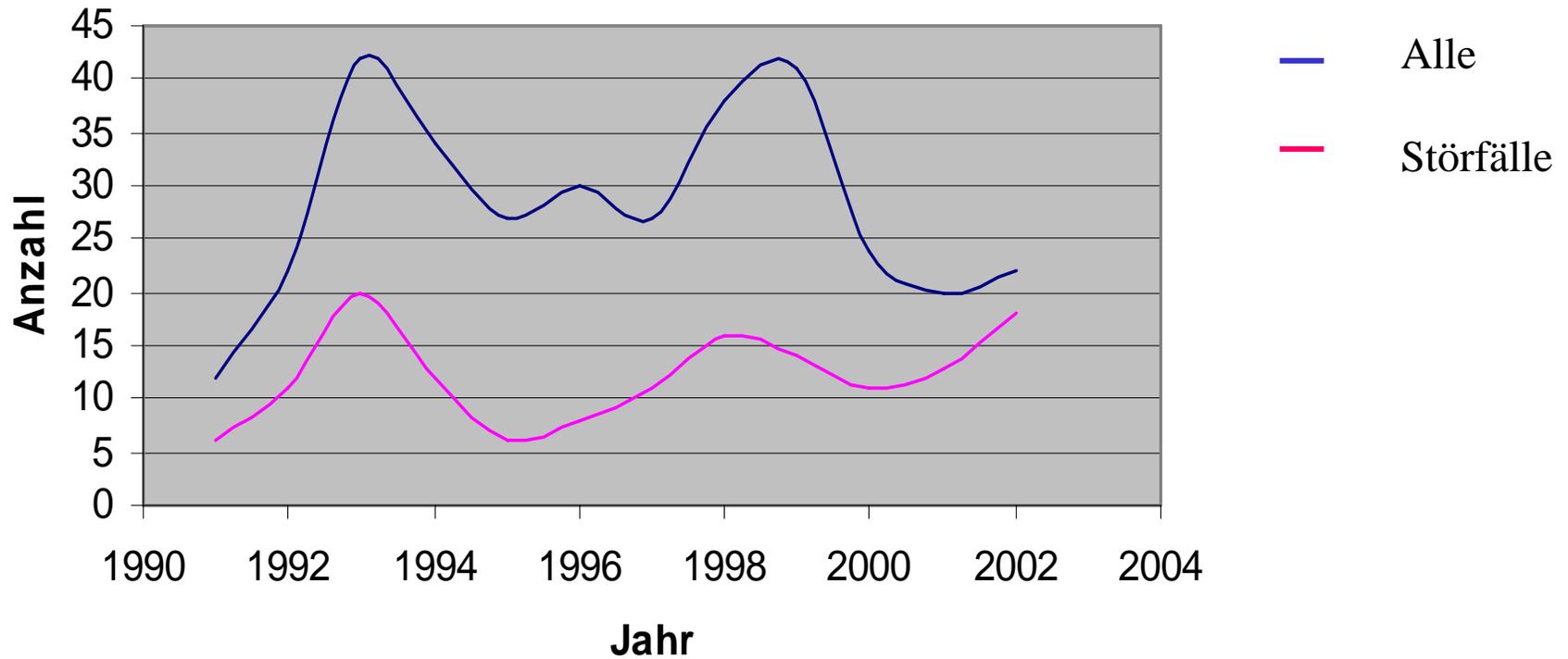
Quelle: MARS-Datenbank; N=560

Number of Major Accidents per Year



Quelle: MARS-Datenbank; N=560

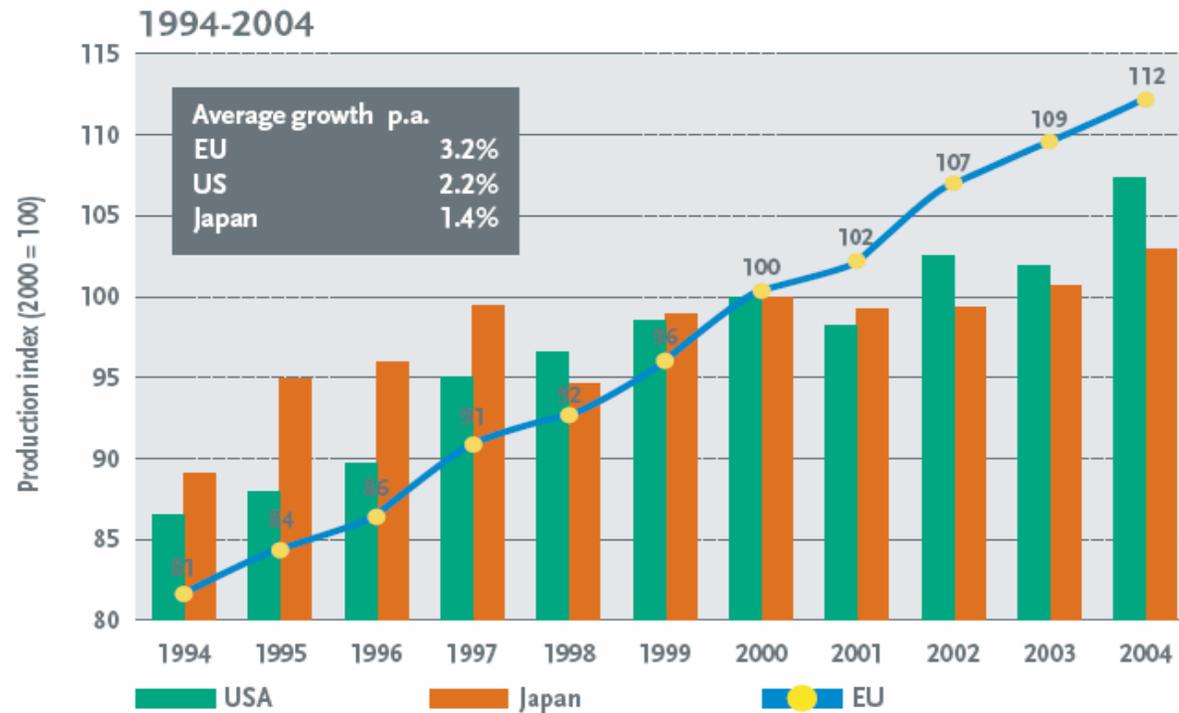
ZEMA Ereignisse



Quelle: ZEMA Jahresberichte; N=330

FG Anlagensicherheit & Störfallvorsorge

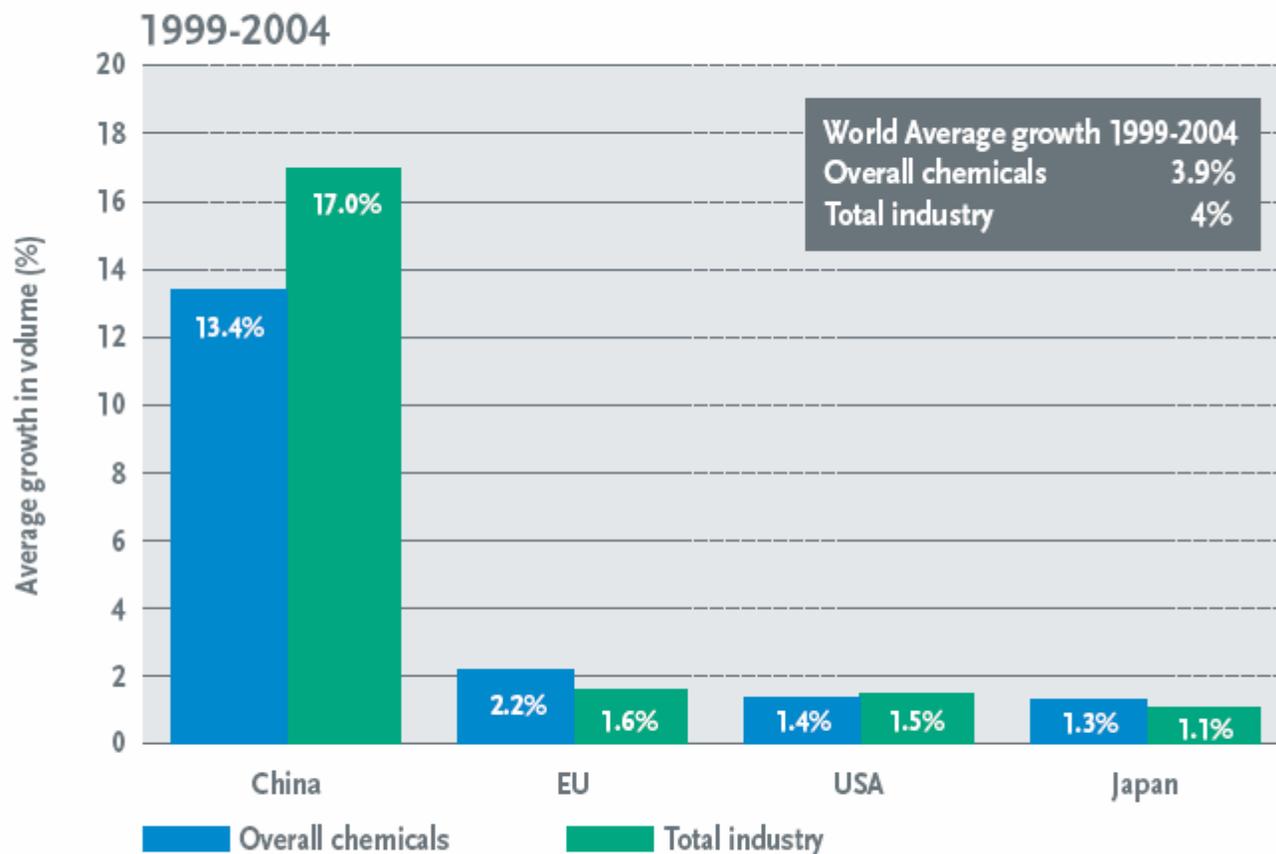
Chart 3.6: International comparison of production growth of the chemical industry



Source: Cefic

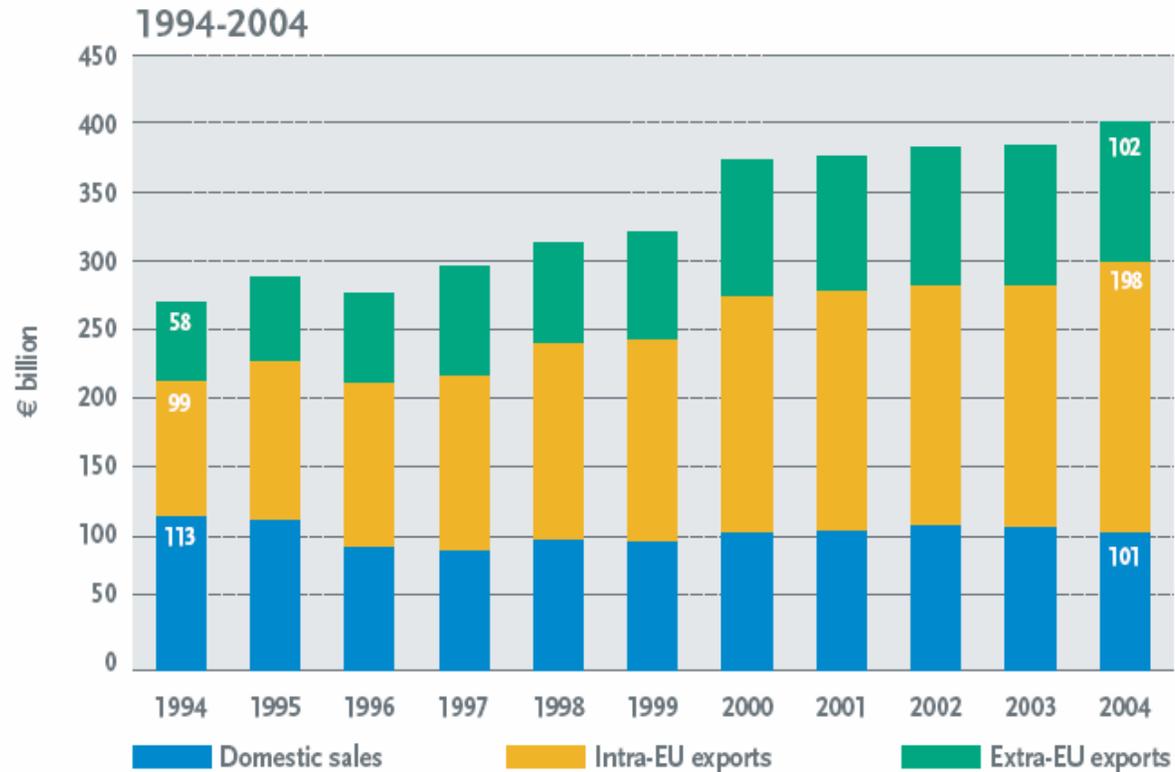
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
EU	81	84	86	91	92	96	100	102	107	109	112
US	86	88	90	95	97	98	100	98	102	102	107
JAPAN	89	95	96	99	95	99	100	99	99	101	103

Chart 3.5: International growth rate comparison of production



Sources: Cefic, ACC and Eurostat

Chart 1.5: EU chemical* industry sales structure by destination



Source: Cefic

* EU 15, excluding pharmaceuticals

In bn euro	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Extra-EU exports	58	62	66	80	73	79	100	99	101	104	102
Intra-EU exports	99	116	120	129	145	148	173	175	176	176	198
Domestic sales	113	110	90	87	95	94	101	102	106	105	101

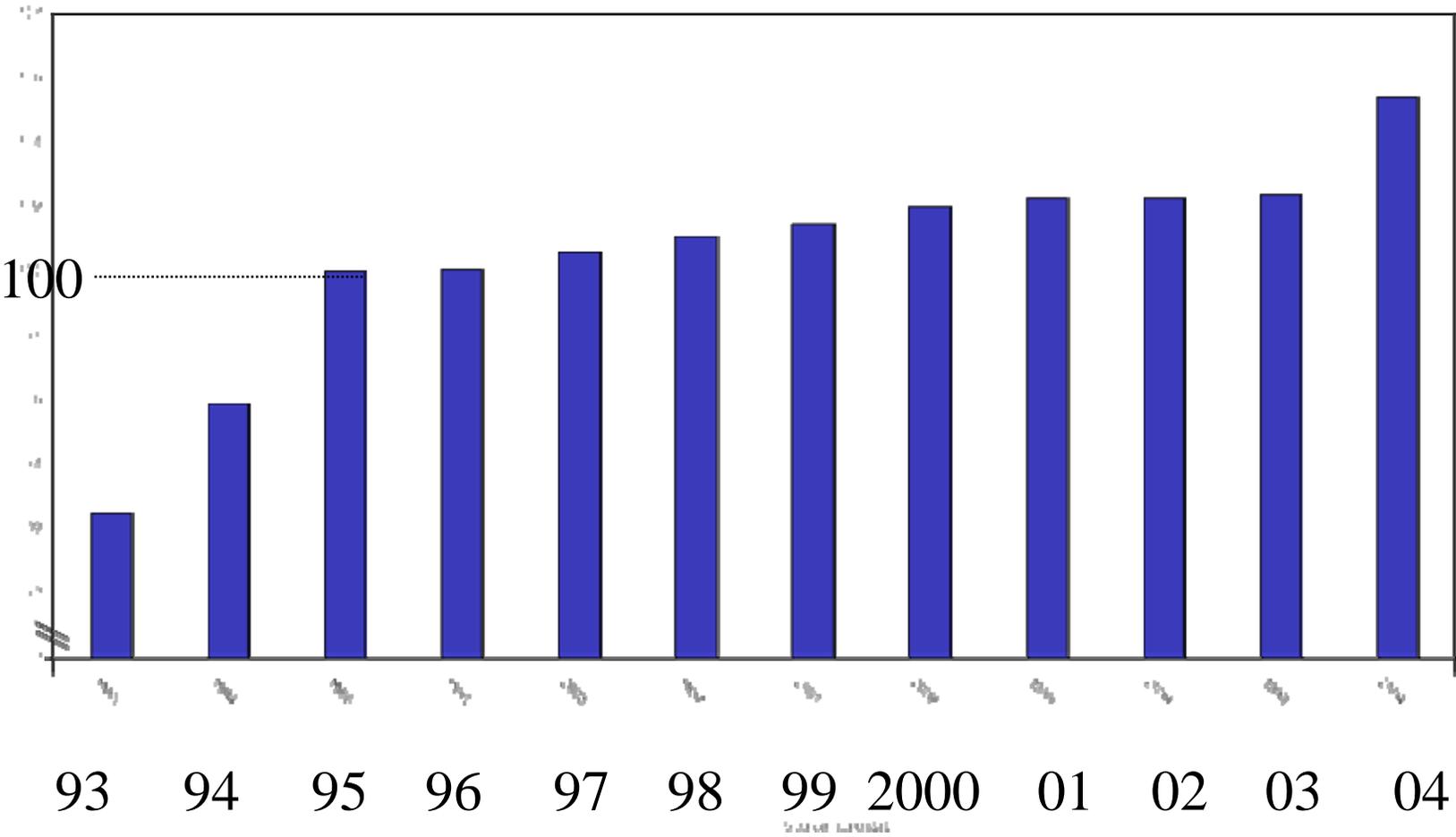
Entwicklung des Güterverkehrsvolumen in Europa (15 Staaten)

Güterverkehrsvolumen

Entwicklung des Güterverkehrsvolumen in Europa (15 Staaten) 1993 bis 2004



100



1995 = 100; Quelle EUROSTAT

Schlussfolgerung (1/2)

- **Abnahme der Megastörfällen trotz einer weltweit steigenden Produktion von Chemikalien und deren wachsenden Transport zu Lande und Wasser.**
- **Die Zahl der (kleineren) Ereignisse unterhalb der Megastörfallschwelle ist weiter im Wachsen begriffen.**
- **Die Bemühungen der letzten Jahrzehnte haben die durchschnittliche Schadensgröße eines Störfalls in Bezug auf Humanschäden sinken lassen, bei Umweltschäden zeigt sich eine gegenläufige Tendenz.**
- **Störfallgeschehen in den verschiedenen Regionen der Welt stark unterschiedlich.**
- **In Europa ist auch im Bereich der Störfälle mit relativ geringen Auswirkungen ein leichter Abwärtstrend auszumachen.**

Schlussfolgerung (2/2)

- **In Deutschland beobachten wir im letzten Jahrzehnt eine nahezu konstante Rate bei diesen Störfällen.**
- **Die in den letzten Jahrzehnten eingeschlagenen Wege zur Verbesserung von Arbeitsschutz und integrierte Anlagensicherheit waren erfolgreich. Gefahrenpotentiale werden insgesamt sicherer gehandhabt.**
- **Die Reduktion der großen Schäden bei Ereignisse ist insbesondere auf die weiter entwickelten Vorkehrungen zu Begrenzung von Störfallauswirkungen zurückzuführen.**
- **Die wachsende Gesamtzahl von Ereignisse zeigt aber, dass die Vorsorge zur Vermeidung von Störfällen noch weiter verstärkt werden muss.**

Welche Erwartungen werden an die Technik gestellt ?

- Die breite Öffentlichkeit erwartet, dass Mensch und Umwelt durch Technik und Verfahren wirksam geschützt werden !
- Anforderung an Technik & Verfahren:
 - Zuverlässig
 - Transparent
 - Nachhaltig
 - angemessene Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Bewertung der Risiken

Erwartungen der Fach- und Interessenskreise an Technik & Verfahren

- Transparent und nachvollziehbar auf wissenschaftlich technischer Basis (ingenieurgerechte Denkweise);
- Verknüpfung mit ökonomischen Optimierungsstrategien zur Kostensenkung;
- Dokumentationsfreundlich für die Erfüllung interner und externer Berichts- und Nachweispflichten;
- Ergebnisse liefern, die gut kommunizierbar sind und mit Risiken anderer gesellschaftlicher Tätigkeiten verglichen werden können;
- Nachweise der Risikostreuung ermöglichen, d.h. Branche/Betrieb wird aus der öffentlichen Diskussion entlastet. Damit ist Akzeptanz und die positive Wirkung auf den „Share-Holder-Value“ verbunden;
- „Objektive“ Entscheidungsgrundlage für Genehmigung und Überwachung der Ansiedlung liefern;
- Beiträge zu entbürokratisierten Verfahren liefern;
- Zur weiteren Verbesserung des Schutz vor Gefahren aus Störfällen beitragen.

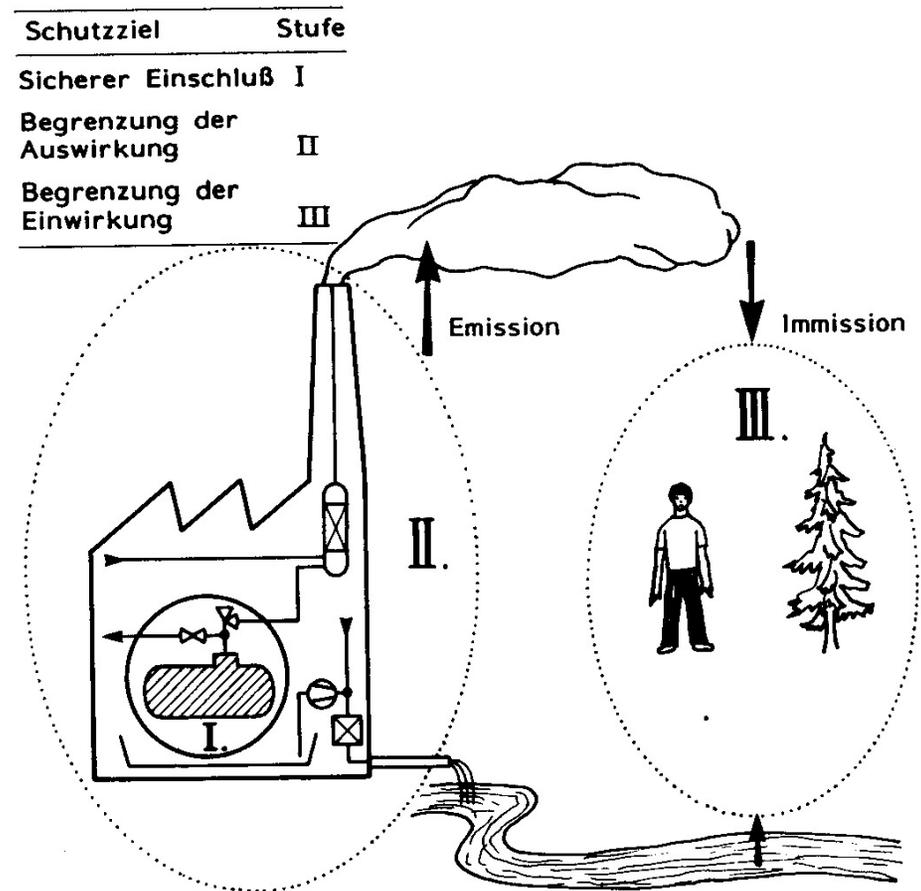
Bestehen systematische Mängel in der bisherigen Praxis ?

Deterministischen Ansatz in DE

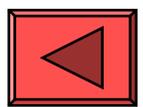
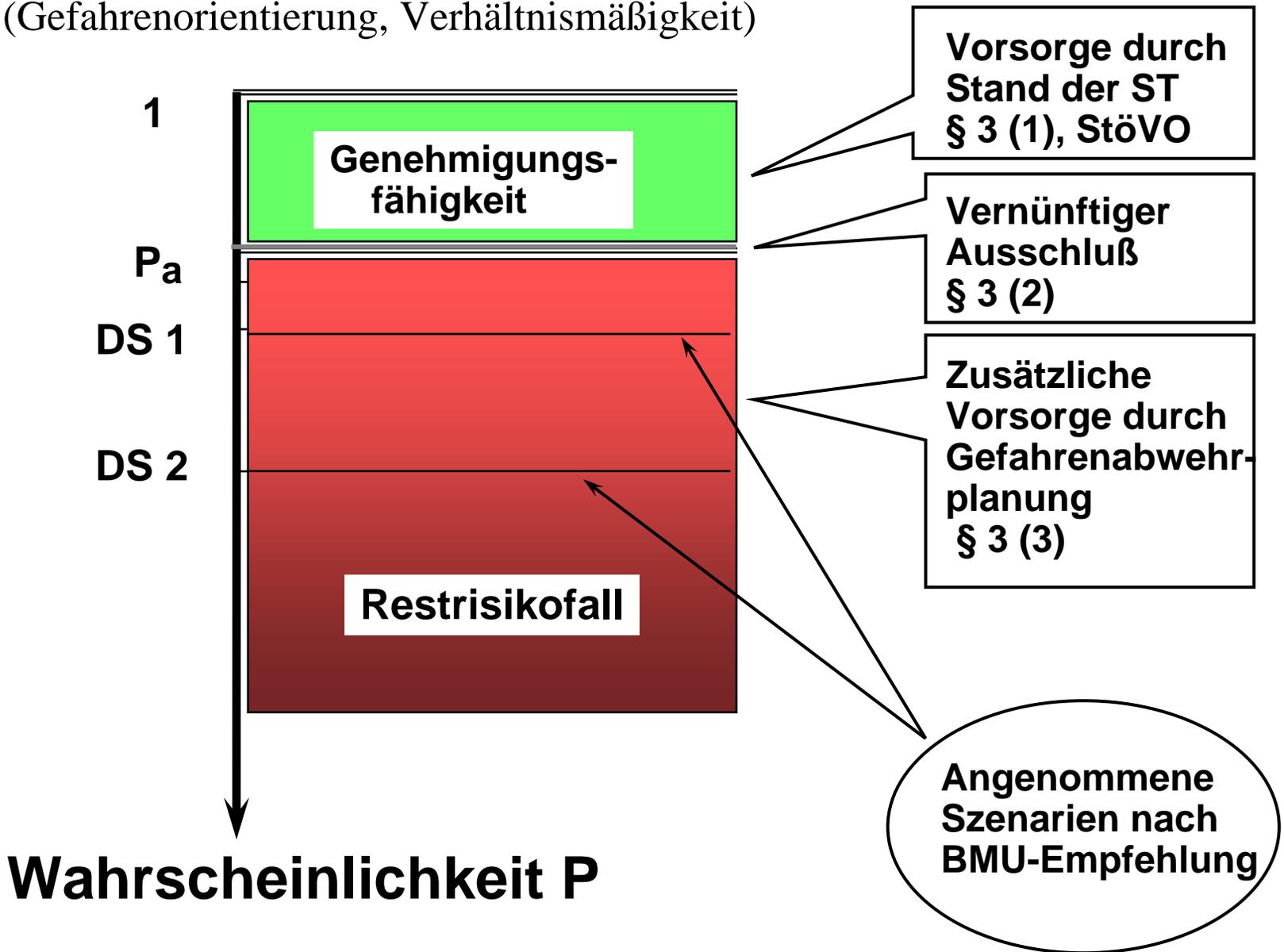
1. **Element:** Gestuftes Sicherheitskonzept (Störfälle vermeiden und begrenzen) 
2. **Element:** Vorgaben für Planung, Bau und Betrieb der Anlagen nach dem Stand der Sicherheitstechnik
3. **Element:** Anforderungen nach „Art und Ausmaß der zu erwartenden Gefahren“ 
(Gefahrenorientierung, Verhältnismäßigkeit)
4. **Element:** Ständige Verbesserung des Standes der Sicherheitstechnik durch Erfahrung (Entwicklung, Kommunikation) 
5. **Element:** „Sicherheitstriade“ der Akteure 
6. **Element:** Systemanalyse

1. Element: Gestuftes Sicherheitskonzept

- Störfälle vermeiden
(Vorsorge)
- Auswirkungen begrenzen
(Vorsorge)
- Einwirkungen begrenzen
(Gefahrenabwehr)



3. Element: Anforderungen nach „Art und Ausmaß der zu erwartenden Gefahren“ (Gefahrenorientierung, Verhältnismäßigkeit)



5. Element: Erkenntnisquellen der verschiedenen Akteure

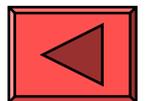
- „Sicherheitstriade“
- Kritische Balance
- Tendenz zu Mängeln bei der Überwachung

**Sachverständige,
BG, Verbände**

**Betreiber,
Anlagenbauer**

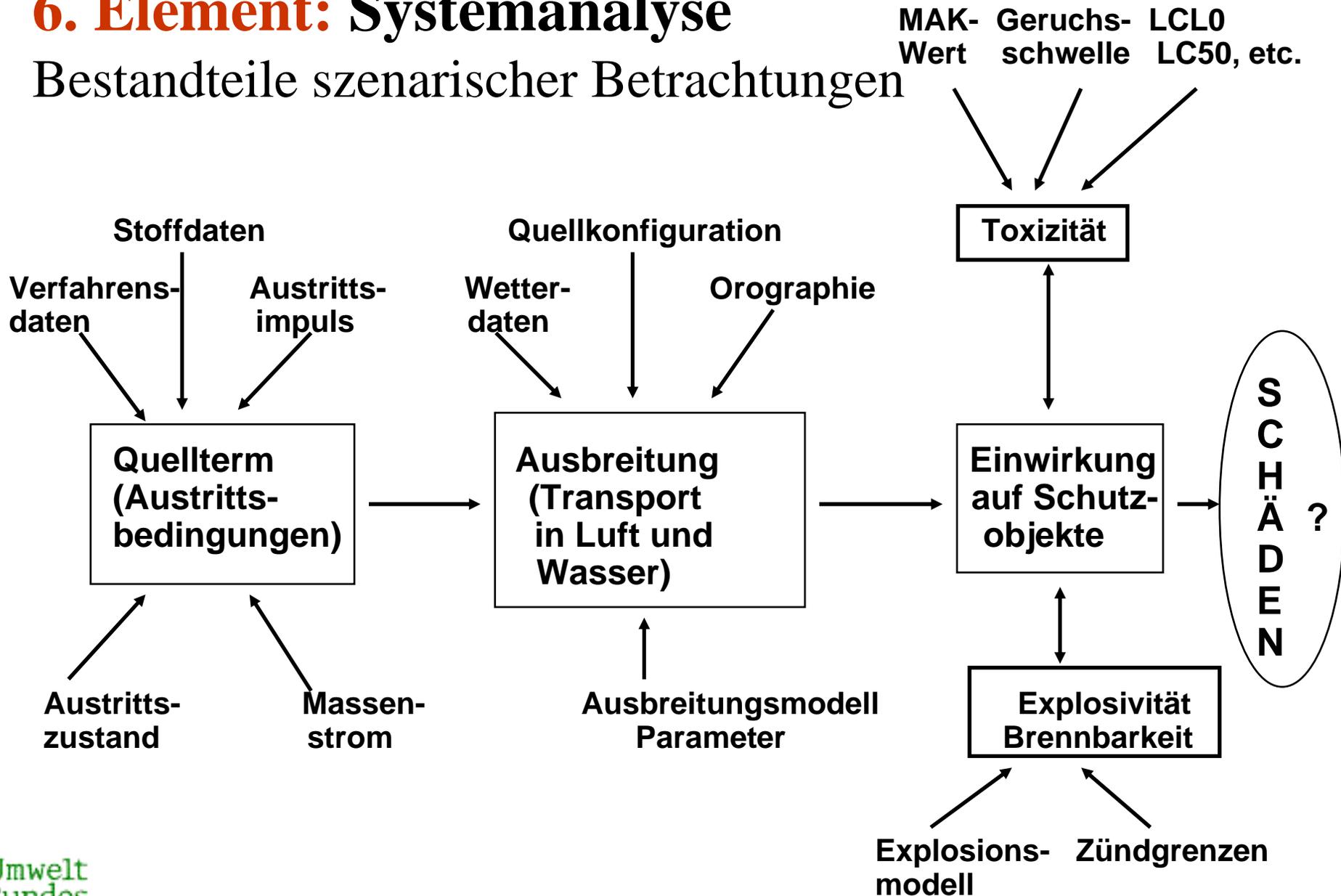


**Behörden,
Öffentlichkeit**



6. Element: Systemanalyse

Bestandteile szenarischer Betrachtungen



Verbesserungspotential durch probabilistische Ansätze im Lichte der Erwartungen.

- Inwieweit die neu vorgeschlagene Verfahrensweisen zu einer verbesserten Anlagensicherheit und Störfallvorsorge beitragen muss sich messen an:
- Erfahrungen in anderen Technikbereichen
- Bewertung im Verhältnis mit den herkömmlichen Verfahrensweisen
- Erwartungen der Öffentlichkeit

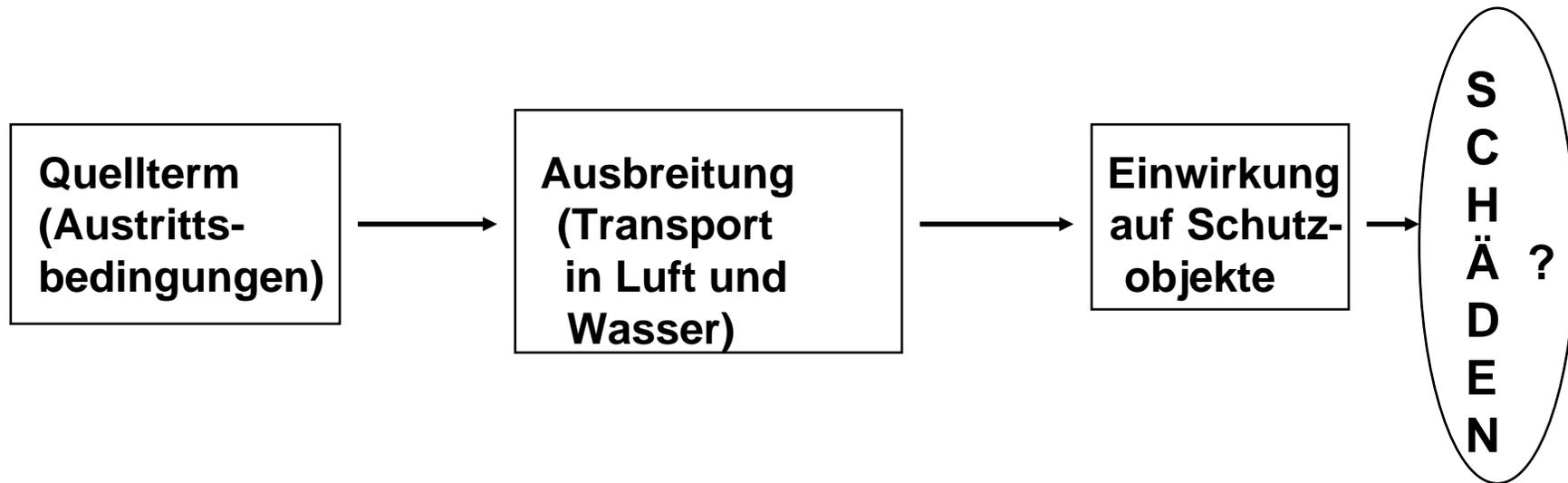
Vergleich der systematischen Methoden Deterministik / Probabilistik

Kernpunkt aller systematischer Methoden
ist die Betrachtung von Störfallszenarien:

- systematische Analysen der Versagenswahrscheinlichkeiten der in dem System vorhandenen Bauteile (z.B. FBA, FMEA)
- systematische Abfrage von Expertenerfahrungen (z.B. HAZOP)

Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

Probabilistische Verfahren



Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

Probabilistische Verfahren

$$m = f(p)$$

Quellterm
(Austritts-
bedingungen)



$$\frac{dm}{dt} = f(p_{wl})$$

(Durchschnitt)

Ausbreitung
(Transport
in Luft und
Wasser)



$$\frac{dm}{dt} = f(p_{Ex})$$

(Durchschnitt)

Einwirkung
auf Schutz-
objekte



$$S = f(p)$$

S
C
H
Ä
D
E
N ?

Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

Probabilistische Verfahren

$$m = f(p)$$

Quellterm
(Austritts-
bedingungen)



$$\frac{dm}{dt} = f(p_{wl})$$

(Durchschnitt)

Ausbreitung
(Transport
in Luft und
Wasser)



$$\frac{dm}{dt} = f(p_{Ex})$$

(Durchschnitt)

Einwirkung
auf Schutz-
objekte



$$S = f(p)$$

S
C
H
Ä
D
E
N ?

Deterministische Verfahren

Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

Probabilistische Verfahren

$$m = f(p)$$

Quellterm
(Austritts-
bedingungen)

$$m_{\min} < m < m_{\max}$$

$$\frac{dm}{dt} = f(p_{wl})$$

(Durchschnitt)

Ausbreitung
(Transport
in Luft und
Wasser)

$\frac{dm}{dt}$ = definiert
mittlere und un-
günstigste WL

$$\frac{dm}{dt} = f(p_{Ex})$$

(Durchschnitt)

Einwirkung
auf Schutz-
objekte

definiert

$$S = f(p)$$

S
C
H
Ä
D
E
N

definiert

Deterministische Verfahren

Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

**Probabilistische
Verfahren**

Konvention



$$m = f(p)$$

$$\frac{dm}{dt} = f(p_{wl})$$

(Durchschnitt)

$$\frac{dm}{dt} = f(p_{Ex})$$

(Durchschnitt)

$$S = f(p)$$

**Quellterm
(Austritts-
bedingungen)**



**Ausbreitung
(Transport
in Luft und
Wasser)**



**Einwirkung
auf Schutz-
objekte**



**S
C
H
Ä
D
E
N** ?

$$m_{min} < m < m_{max}$$

$\frac{dm}{dt}$ = definiert
mittlere und un-
günstigste WL

definiert

definiert



**Deterministische
Verfahren**

Konvention

Grenzwerte - Risiko - Stand der Sicherheitstechnik

- Stand der Sicherheitstechnik - Vorsorge
- Normierung auf Schäden statt Gefahren
- Paradigmenwechsel durch Ersatz von „Gefahren“ durch „Risiken“
- Nachhaltigen Entwicklung wird nicht berücksichtigt
- Risiko-Grenzwertfestlegung gegen Grundsatz des dynamischen Grundrechtsschutzes
- Grenzwerte wofür ? Art und Qualität ist abhängig von der Anwendung.

Zuverlässigkeit, Kollektivität und Kommunikation

Entscheidende Frage ist die Zuverlässigkeit der Methoden der Risikoabschätzung. Dabei kann hinsichtlich der Methoden zwei Hauptgruppen unterschieden werden:

- Methoden, die auf mathematisch logischer Struktur (quantitativ, automatisch, generisch)
- Methoden, die auf einer kollektiven Abschätzung (qualitativ, diskursiv, einzelfallbezogen)

Problem: Datenqualität und Unsicherheiten

Methodische Grenzen

- Singularität der Daten (Identität von erfassten und verwendeten Daten)
- Stochastische Prognose
- Nachhaltigkeit
- Risikogrenzwert

Stand der Technik

- Soft-Data (SMS – Safety Management Systems)
- Expertenschätzung
- Erfassung komplexer Abläufe, z.B. DE
- Erfassung komplexer Anlagenstrukturen
- Datenbiografie
- Human Factor

Transparenz, Verwendung von Risikoabschätzungen (RA) im gesellschaftlichen Diskurs

- Die Erörterung von Risiken in der Gesellschaft erfolgt nach den Regeln der Risikokommunikation
- Inhalt und Form sind auf das soziale Umfeld anzupassen.
- In überwiegendem Maße sind qualitative Aussagen verbunden mit transparenter Herkunft der Daten und plausiblen Rahmenbedingungen entscheidend.
- Da es im Ergebnis des Diskurses häufig um gesellschaftliche (ethische, moralische) Werte geht ist eine RA-Beurteilung in derselben Sprache und Vorstellungswelt die am besten geeignete Form.
- Dies werden wohl am ehesten qualitative RA leisten können, sie sind in Bezug auf die relevanten Kommunikationsebenen systemimmanent.

Ebenen der Risikodiskussion

gesellschaftspolitischen Risikodiskussion

**Verfassung, Umwelt, Wirtschaft, Sozialwesen, Kirche, Internat. Beziehungen
Sicherheitspolitik**

sicherheitswissenschaftlichen Risikodiskussion

**Psychologie, Politologie, Medien, Soziologie, Ethik, Wirtschaftswissenschaften,
Rechtswissenschaften, Naturwissenschaften**

sicherheitstechnischen Risikodiskussion

**Sicherheitskultur, Human Factor, Stand der Sicherheitstechnik,
Unfallstatistik, Notfallplanung, Versicherung, Vorschriften,
Risikoanalyse**

sicherheitsanalytischen Risikodiskussion

**Aversion, Massnahmen, Kosten/Nutzen Analyse,
Unsicherheit, Wahrscheinlichkeit, Individuelles-
und kollektives Risiko, Gefahrenanalyse, Schadensbegriff**

Zusammenfassung Pro

- Optimierung von Designalternativen im Planungszustand
- Optimierung von Investitionsentscheidungen im Bereich SHE (Safety Health Environment)
- Optimierung von Inspektionssystemen (RBI – Risk Based Inspection)
- Ermittlung von Domino-Effekten
- Vergleichende Bewertung von SMS
- Festlegung von Gefahrgutwegen

Zusammenfassung **Contra**

- QRA dient nicht notwendigermaßen der Transparenz
- Verlagerung der (konventionellen) Annahmen in die Festlegung der Rahmenbedingungen
- Generische Ansätze verhindern Einzelfallbetrachtung. Ersatz des kollektiven Elements durch „desk-top“ Entscheidungen.
- Automatische Verfahren tragen zum Kompetenzverlust bei.
- Normierung der Risikogröße auf mögliche oder tatsächliche Schäden führt zu großen Abweichungen.
- Festlegung von Risiko-Grenzwerten steht entgegen dem dynamischen Grundrechtsschutz
- Beeinträchtigung des Nachhaltigkeitsgrundsatzes

Fazit

- Methode der QRA ist im Rahmen seiner Grenzen Stand der Technik
- Entscheidend ist die spezifische Datenqualität
- QRA kann in Teilsystemen erfolgreich eingesetzt werden
- QRA Ergebnisse sind schwer mit absoluten Grenzwerten zu vergleichen
- QRA muß in das gesellschaftliche Normengefüge passen
- QRA sind als Ergänzung anderer Methoden sinnvoll

Ende