

Störfallablaufszenarien als Prognoseinstrumente

Hans-Joachim Uth, Berlin

Übersicht

- ❖ **Aktuelle Vorschriften**
- ❖ **Störfallablaufszenarien**
- ❖ **Anwendungsfelder (SB, LUP, GAP)**
- ❖ **Konzept Risiko**

Aktuelle Vorschriften

- ❖ Störfall -Verordnung (Neufassung v. 8.06.2005)
- ❖ Umsetzung der Vorschriften zu externen Gefahrenabwehrplänen nach Landesrecht
- ❖ Empfehlung des BMU zur StörfallV (3/2004)
- ❖ Empfehlungen der SFK und TAA
 - Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung - Umsetzung § 50 BImSchG (SFK/TAA-GS-1)
 - Leitfaden Schnittstelle Notfallplanung (SFK-GS-45)
 - Risikomanagement im Rahmen der Störfall-Verordnung (SFK-GS-41)

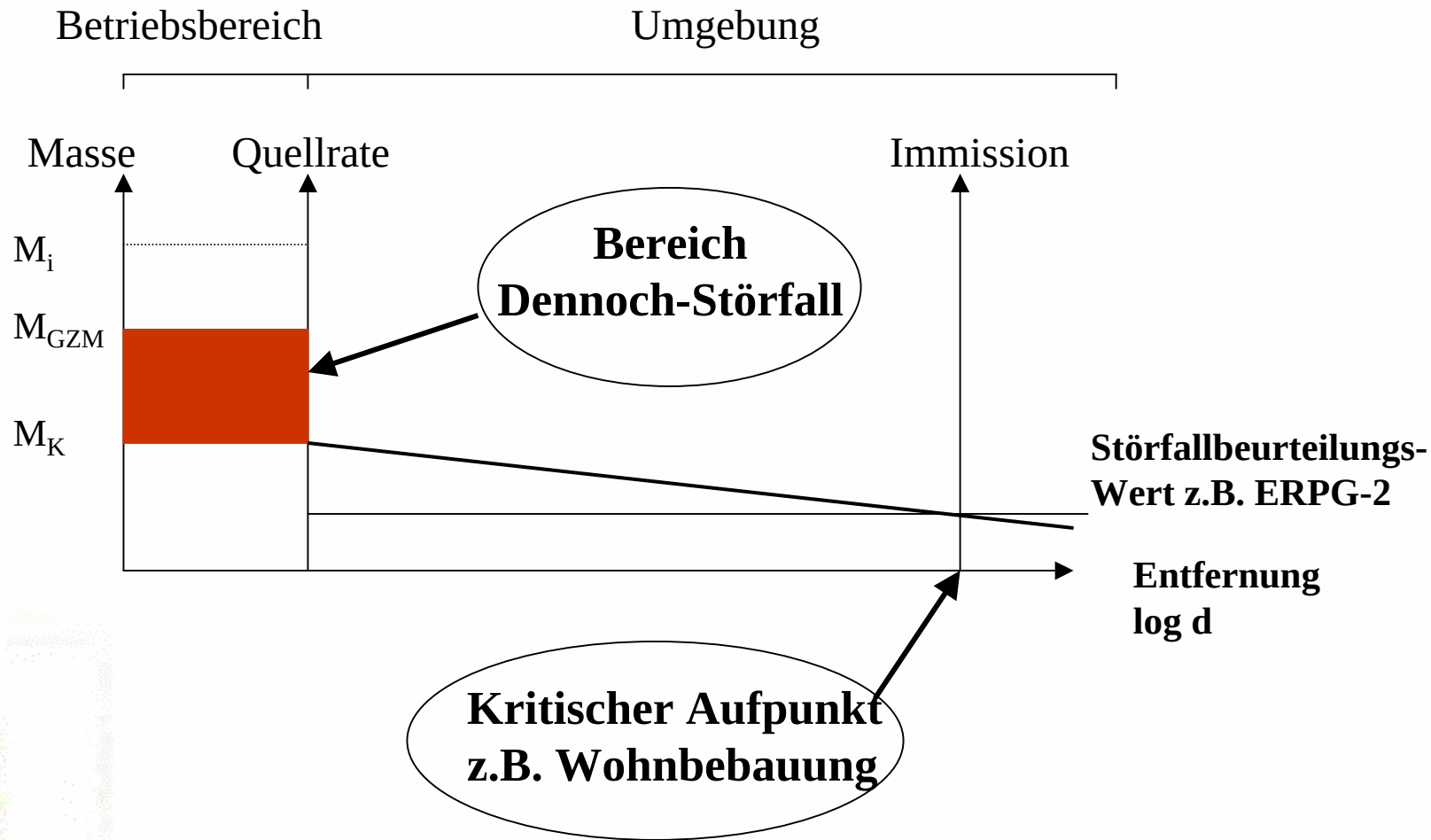
Szenarische Betrachtungen als Grundlage für Prognosen in der Störfall-Verordnung

Fundstelle Störfall-V	Anforderung
§ 6 Abs. 4	Domino-Effekt
§ 8 i.V.m. Anhang III	Szenarien im Rahmen des “Konzepts...”
§ 9 i.V.m. Anhang II	Verschiedene Szenarien im SB, „Risikokartierung“
§ 10 i.V.m. Anhang IV	Szenarien für die “Gefahrenabwehr”

Empfehlung des BMU zum Vollzug der StörfallV (März 2004)

1. Störfallablaufszenarien für **Verhinderung von Störfällen** (§ 4)
2. Störfallablaufszenarien („Dennoch-Störfall“-**Mk**) für **Begrenzung der Auswirkungen** von Störfällen (§ 5)
3. Störfallablaufszenarien („Dennoch-Störfall“-**GZM**) als Information für die **externe Gefahrenabwehrpläne**
→ Bestimmung der Mengen nach SFK-GS-26

Schematische Darstellung des Definitionsbereichs für Dennoch-Störfälle



Rahmenbedingungen zur Erstellung von Störfallablaufszenarien:

- ❖ Anlagenspezifität
- ❖ Standortspezifität
- ❖ Schutz der Beschäftigten

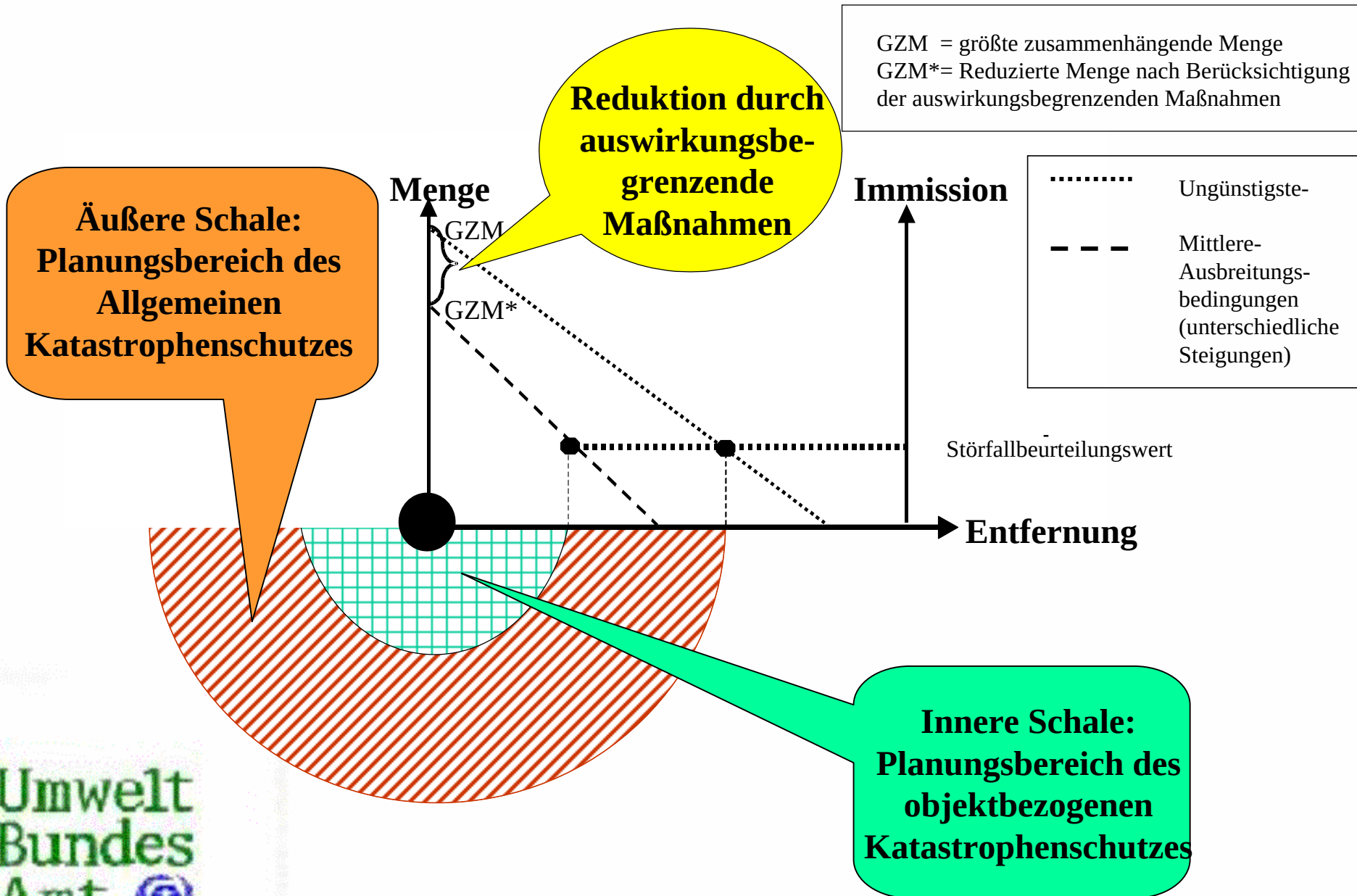
Grundlagen:

- Ereignisannahmen (Quellterme) auf der Grundlage des Sicherheitsberichts in Verbindung mit Anhang 6 der BMU-Empfehlung.
- Maßgebend: **GZM** und **Mk**
- Ursachen werden nicht ermittelt

Anwendungsfall GAP (nach SFK-GS-45)

- ❖ Die Alarm- und Gefahrenabwehrplanung ist **ursachenunabhängig** festzulegen
- ❖ GAP ist eine Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV
- ❖ Ermittlung von Gefährdungsbereichen für die externe Gefahrenabwehrplanung erfolgt durch Auswirkungsbetrachtungen:
 - 1. Schritt (äußere Schale): Ermittlung der Auswirkungsbereiche mit GZM **ohne** Berücksichtigung konkreter anlagenbezogener Vorkehrungen zur Begrenzung der Auswirkungen
 - 2. Schritt (innere Schale): Einzelfallbetrachtung von Auswirkungsbereichen mit GZM **mit** Berücksichtigung konkreter anlagenbezogener Vorkehrungen zur Begrenzung der Auswirkungen
- ❖ Festlegung im Einvernehmen mit der zuständigen Behörde

Umwelt
Bundes
Amt
für Mensch und Umwelt



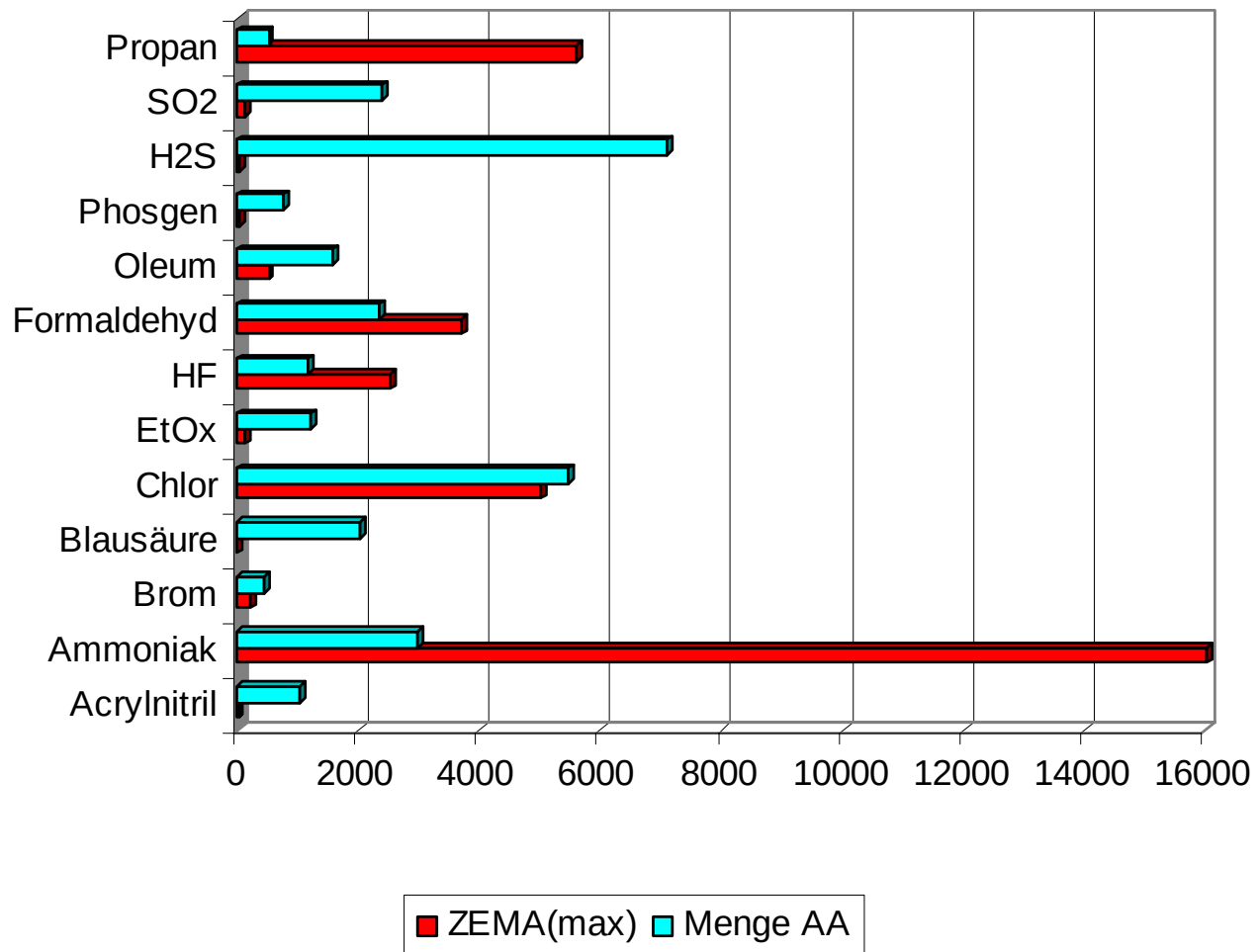
Planung ohne Detailkenntnisse



- **Unbekannte** Substanz
 - **Unbekannte** Menge
 - **Unbekannte** technische Vorrichtungen zur Begrenzung
 - **Unbekanntes** Szenario
 - **Unbekannte** Ausbreitungsbedingung
- Immissionswerte
 - Verletzlichkeit

Konventionen aufgrund von Betriebserfahrungen

- ❖ Abstandsberechnungen für typisierte Quellterme bei Schlüsselstoffen
- ❖ Zuordnung zu Abstandsklassen
- ❖ Abgleich der in der ZEMA registrierten Ereignisse mit größeren Schäden in Bezug auf die angenommenen Quellterme.
- ❖ Freisetzung in der Regel durch Quellterm aus einer Austrittsfläche von 490 mm² (entspricht DN 25)
- ❖ Einhaltung Stand der Sicherheitstechnik und gute Managementpraxis
- ❖ Ausschluss von Spontanversagen von Behältern (einschließlich der Betrachtung von Trümmerwurf) oder vollständiger Abriss von großen Rohrleitungen, da hinreichend unwahrscheinlich.
- ❖ Abweichungen bei Einzelstoffen aufgrund spezifischer Betriebserfahrung, z.B. Phosgen, Acrolein, Benzol, Methanol, LPG.



Gefahrstoffmengen (in kg) bei Ereignissen (ZEMA)
und Standardszenarien für LUP ohne Detailkenntnisse

Angenommene Szenarien

❖ Brände

- Wärmestrahlung bei Großbränden
- Keine toxische Effekte durch die Brandgase

❖ Gaswolkenexplosionen

- Druckwellen durch Gaswolkenexplosionen mit unmittelbarer Zündung
- Kein Trümmerwurf

❖ Freisetzung toxischer Stoffe

- Ausbreitung nach VDI-Modell RL 3783
- Mittlere Wetterlage
- Industriebebauung

Grenzwerte: Strahlung/Druck

StörfallV (Ernste Gefahr)

Wärmestrahlung: 10,5 kW /m²
(„Tödliche Verbrennung in 40 s“)

Explosionsdruck: 1,85 bar
(„Lungenriss“)

§ 2 Nr. 4a StörfallV
Leben von Menschen bedroht
Schwerwiegende Gesundheits-
beeinträchtigung (Irreversible
Schäden) -Ein Mensch genügt-

Wärmestrahlung: 2,9 kW /m²
(„Schmerzgrenze nach 30 s“)

Explosionsdruck: 0,175 bar
(„Trommelfellriss“)

klein

Anzahl der
betroffenen
Menschen

groß

Wärmestrahlung: 1,6 kW /m²
(„Nachteilige Wirkung“)

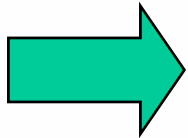
Explosionsdruck: 0,1 bar
(„Zerstörung gemauerter Wände“)

§ 2 Nr. 4b StörfallV
Gesundheitsbeeinträchtigung einer
großen Anzahl von Menschen,
(Reversible Schäden)

Wärmestrahlung: 1,3 kW /m²
(„Maximale Sonneneinstrahlung“)

Explosionsdruck: 0,003 bar
(„lauter Knall“)

Belästigung



ERPG

Konzentration

StörfallV

(Ernste Gefahr)

ERPG-3

Lebensbedrohende Gefährdung

§ 2 Nr. 4a StörfallV

Leben von Menschen bedroht

- Schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigung
- Ein Mensch genügt -

klein

Anzahl der betroffenen Menschen

groß

- irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen
- Eingeschränkte Bewegungsfreiheit

ERPG-2

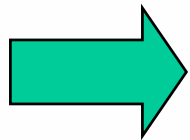
- leichte, vorübergehend nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen
- eindeutig definierter unangenehmer Geruch

§ 2 Nr. 4b StörfallV

Gesundheitsbeeinträchtigung einer großen Anzahl von Menschen, z.B. auslösen oder hemmen bestimmter Körperfunktionen (z.B. durch eine Emission unmittelbar ausgelöster Brechreiz, Erbrechen).

ERPG-1

Belästigung durch z.B. Geruch



Belastungsart	Toleranzwert	Begründung
Wärmestrahlung	1,6 KW m⁻²	Beginn nachteiliger Wirkungen auf Menschen
Explosionsdruck	0,1 bar	Beginn Zerstörung gemauerter Wände, Trommelfellriss bei Menschen
Toxische Belastung	ERPG-2 (stoffspezifisch)	Beginn irreversibler und schwerwiegender Gesundheitsauswirkungen

Typische Gefahrstoffe in den Betrieben (Auswahl)

Ethylenoxid

Formaldehyd

Schwefeldioxid

Oleum

Acrolein

Blausäure

Phosgen

Schwefelwasserstoff

Ammoniak

Acrylnitril

Chlor

Brom

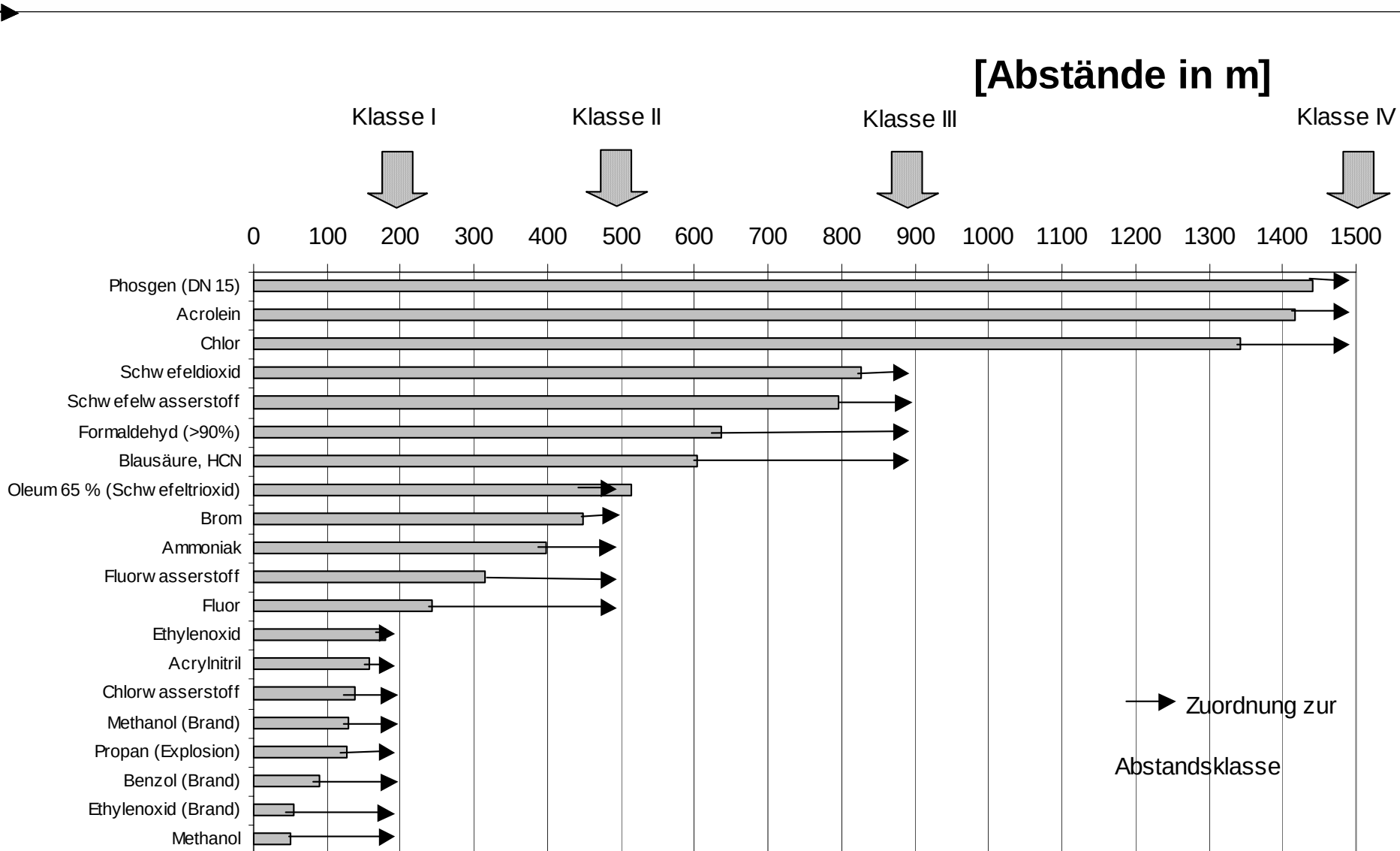
Fluor

Chlor/Fluorwasserstoff

LPG

Methanol

Achtungsabstände für ÜdA ohne Detailkenntnisse



Planung mit Detailkenntnissen



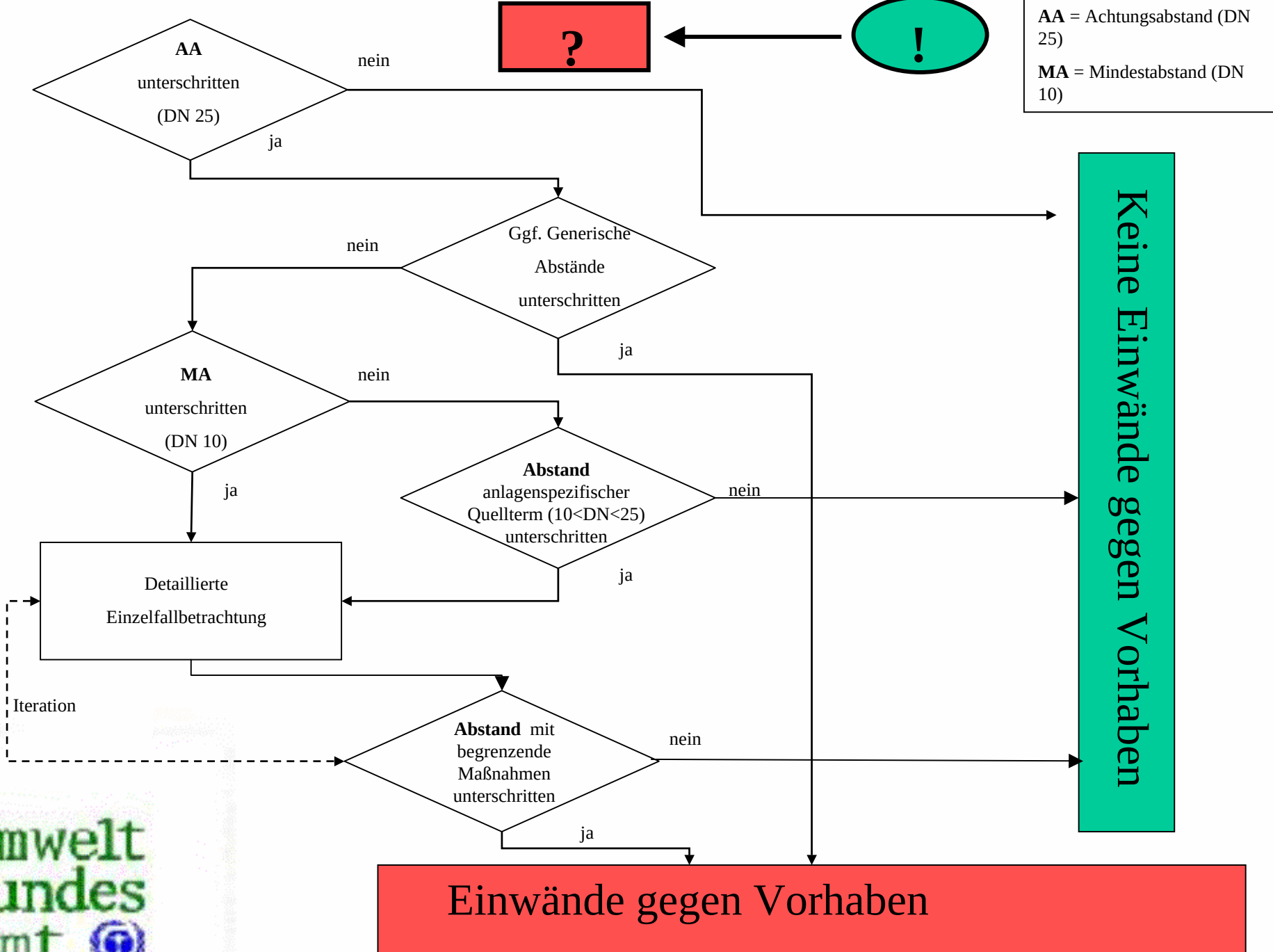
- **Bekannte** Substanz
- **Bekannte** Menge
- **Bekannte** technische Vorrichtungen zur Begrenzung
- **Wahrscheinliches** Szenario
- **Bekannte** Ausbreitungsbedingungen

- Immissionswerte
- Verletzlichkeit

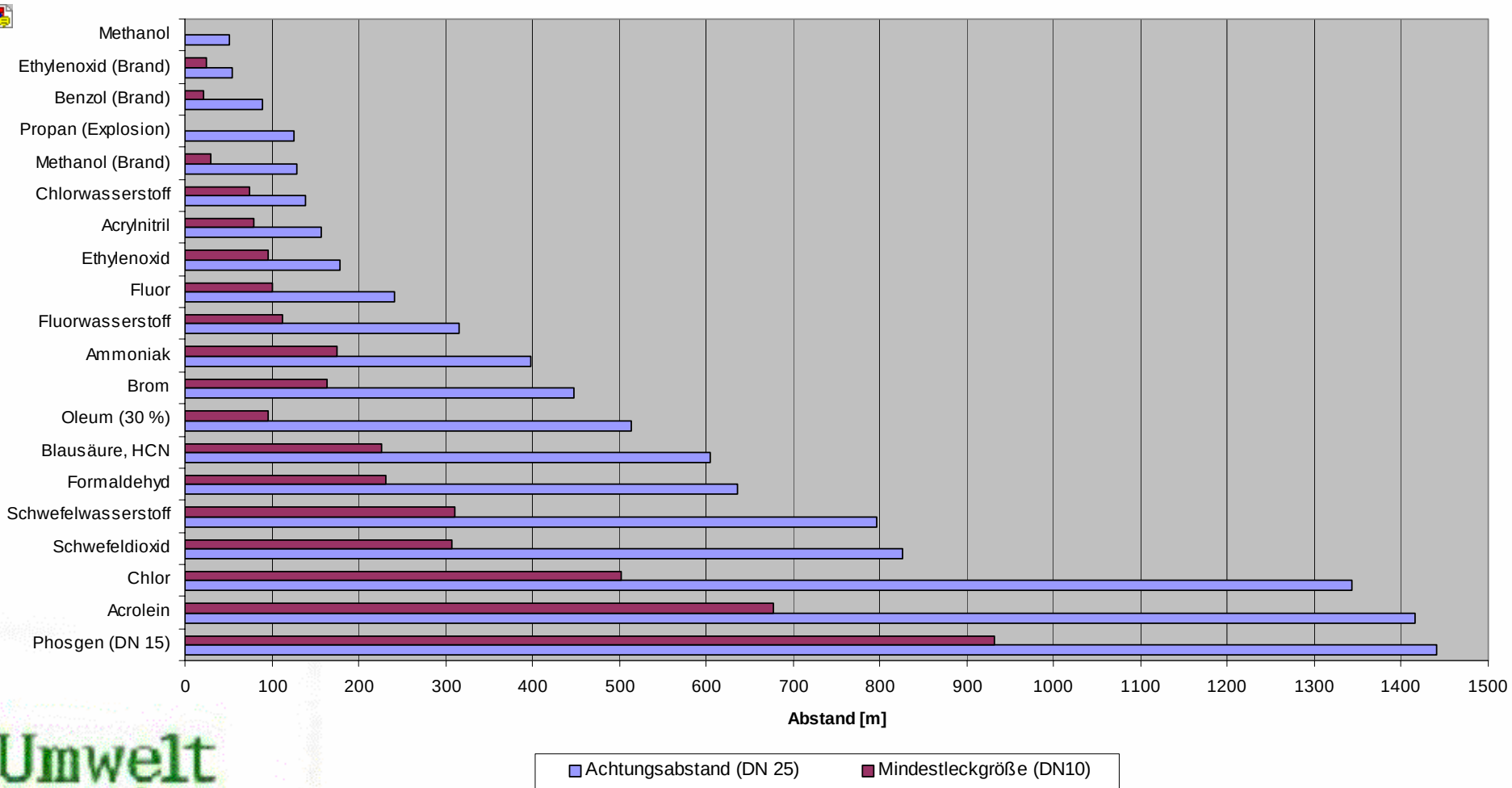
Berechnung nach dem Stand der Technik möglich !

Empfehlungen für Einzelfallbetrachtung

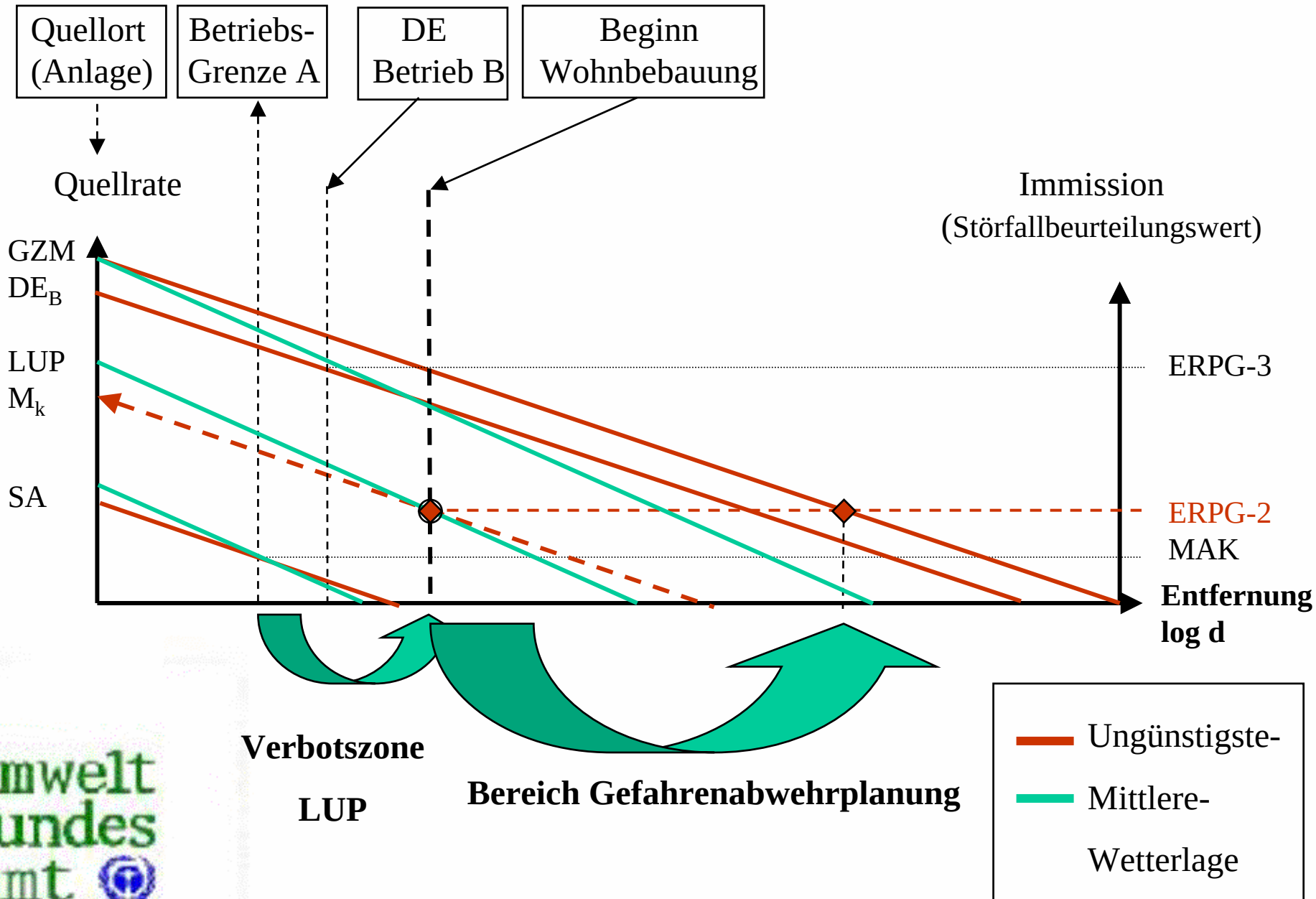
- ❖ Ist die Entfernung $<$ Achtungsabstand $\rightarrow$ Einzelfallbetrachtung
- ❖ Anderen Rechtsvorschriften (z.B. SprengG) haben Vorrang
- ❖ Empfehlungen für Einzelfallbetrachtung:
 - Ausschluss Behälterbersten und Abriss sehr großer Rohrleitungen
 - Bei Lagerung Freisetzung des Inhalts eines Fasses/ Flasche
 - Annahme von Leckagen aus vorhandenen Rohrleitungen, Behältern, Sicherheitseinrichtungen etc. unter den Bedingungen:
 - In der Regel Leckfläche von 490 mm^2 (DN 25)
 - Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Technik.
 - Als minimale Grundannahme Leckage von 80 mm^2 (DN 10)
 - Auswirkungsbegrenzende Maßnahmen sind zu berücksichtigen
- ❖ statistisch häufigste Wetterlage (mittlere Wetterlage)
- ❖ Beurteilungswerte ERPG2 / $1,6 \text{ kW/m}^2$ / $0,1 \text{ bar}$.



Vergleich Leckgrößen entsprechend DN 25 und DN 10



Zusammenhang der Szenarienfälle GAP, DE, LUP, SB



Welche Erwartungen erwecken die Risikodiskussion?

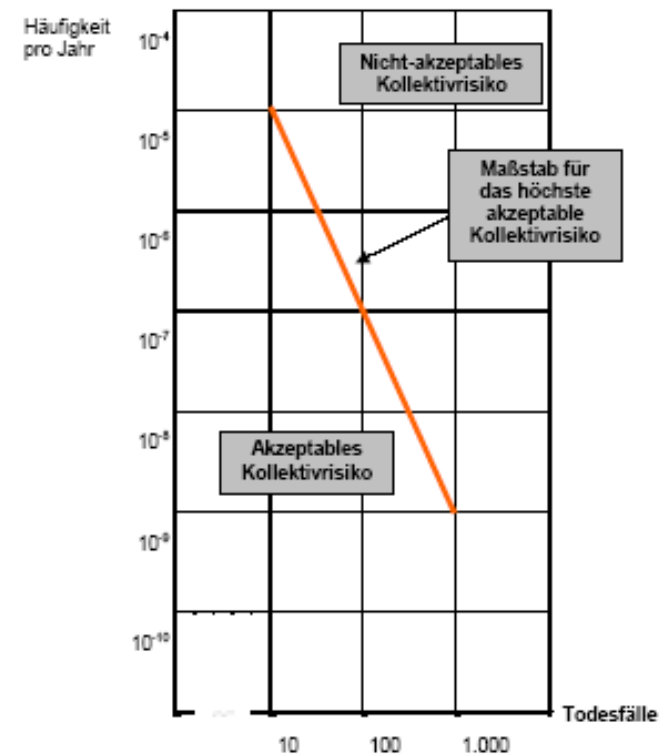
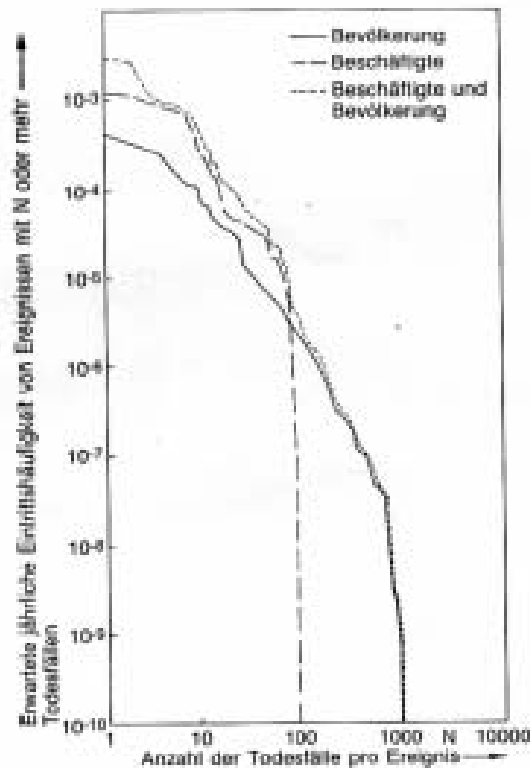
- ❖ Transparentes Verfahren auf wissenschaftlich technischer Basis (ingenieurgerechte Denkweise)
- ❖ Verknüpfung mit ökonomischen Optimierungsstrategien zur Kostensenkung
- ❖ Dokumentationsfreundlichkeit für interne und externe Berichts- und Nachweispflichten
- ❖ Ergebnisse sind gut kommunizierbar und können mit anderen Risiken gesellschaftlicher Tätigkeiten verglichen werden
- ❖ Nachweis der Risikostreuung, d.h. Industrie/Betrieb wird aus der öffentlichen Diskussion entlastet. Damit ist Akzeptanz und die positive Wirkung auf den „Shareholder-Value“ verbunden

Risiko: Rechenformel

$$\mathbf{R = P \times S}$$

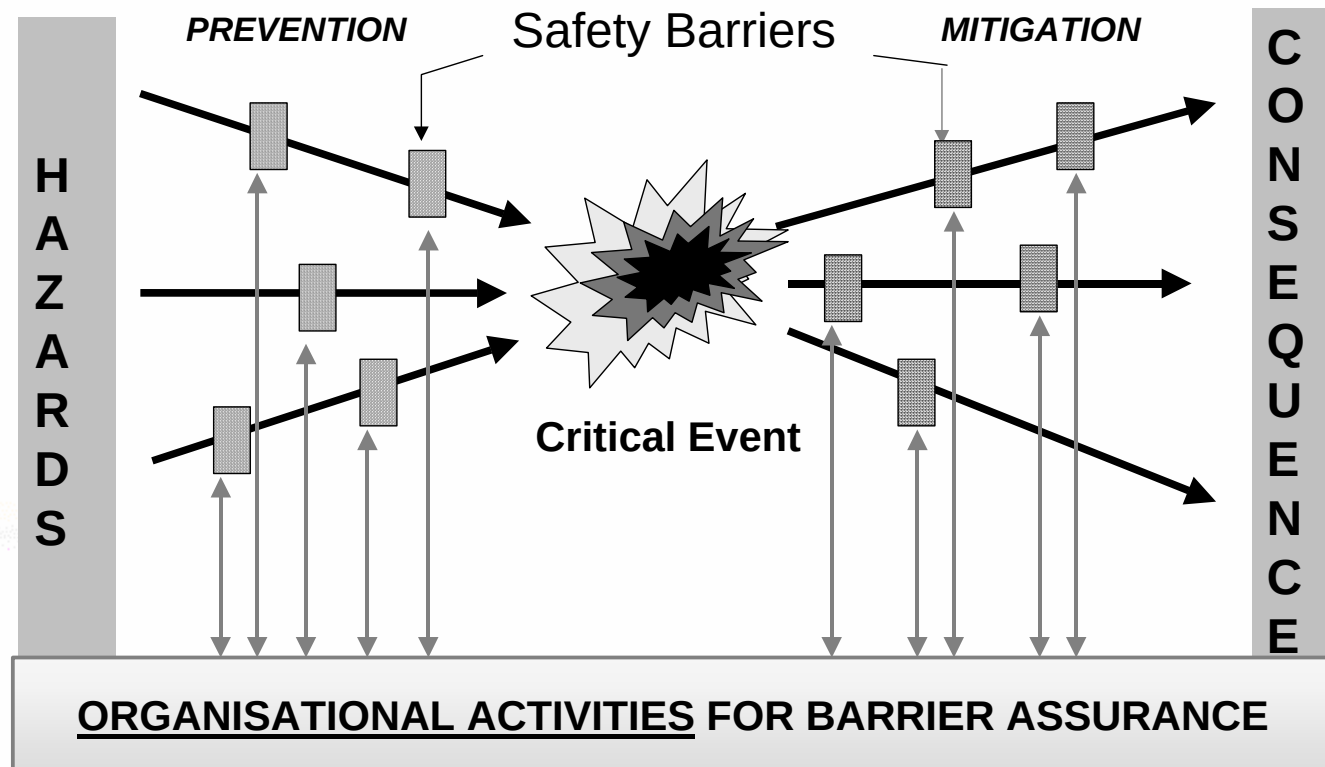
- ❖ Wahrscheinlichkeit (P)
- ❖ Wirkungen (S)

Ergebnisse von Risikorechnungen (f-n-Darstellungen)



QRA benötigt Szenarien

- ❖ Rückwärtsbetrachtung (z.B. Individuelles Todesrisiko)
- ❖ Vorwärtsbetrachtung (z.B. Behälterversagen)



Vergleich probabilistischer und deterministischer Ansätze

Probabilistische Verfahren

Konvention

$$m = f(p)$$

Quellterm
(Austritts-
bedingungen)

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

$$dm/dt = f(p_{wl})$$

(Durchschnitt)

Ausbreitung
(Transport
in Luft und
Wasser)

$dm/dt =$ definiert
mittlere und un-
günstigste WL

$$dm/dt = f(p_{Ex})$$

(Durchschnitt)

Einwirkung
auf Schutz-
objekte

definiert

$$S = f(p)$$

S
C
H
Ä
D
E
N

definiert

Deterministische Verfahren

Konvention

Grenzwerte - Risiko - Stand der Sicherheitstechnik

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

Datenqualität (Unsicherheiten)

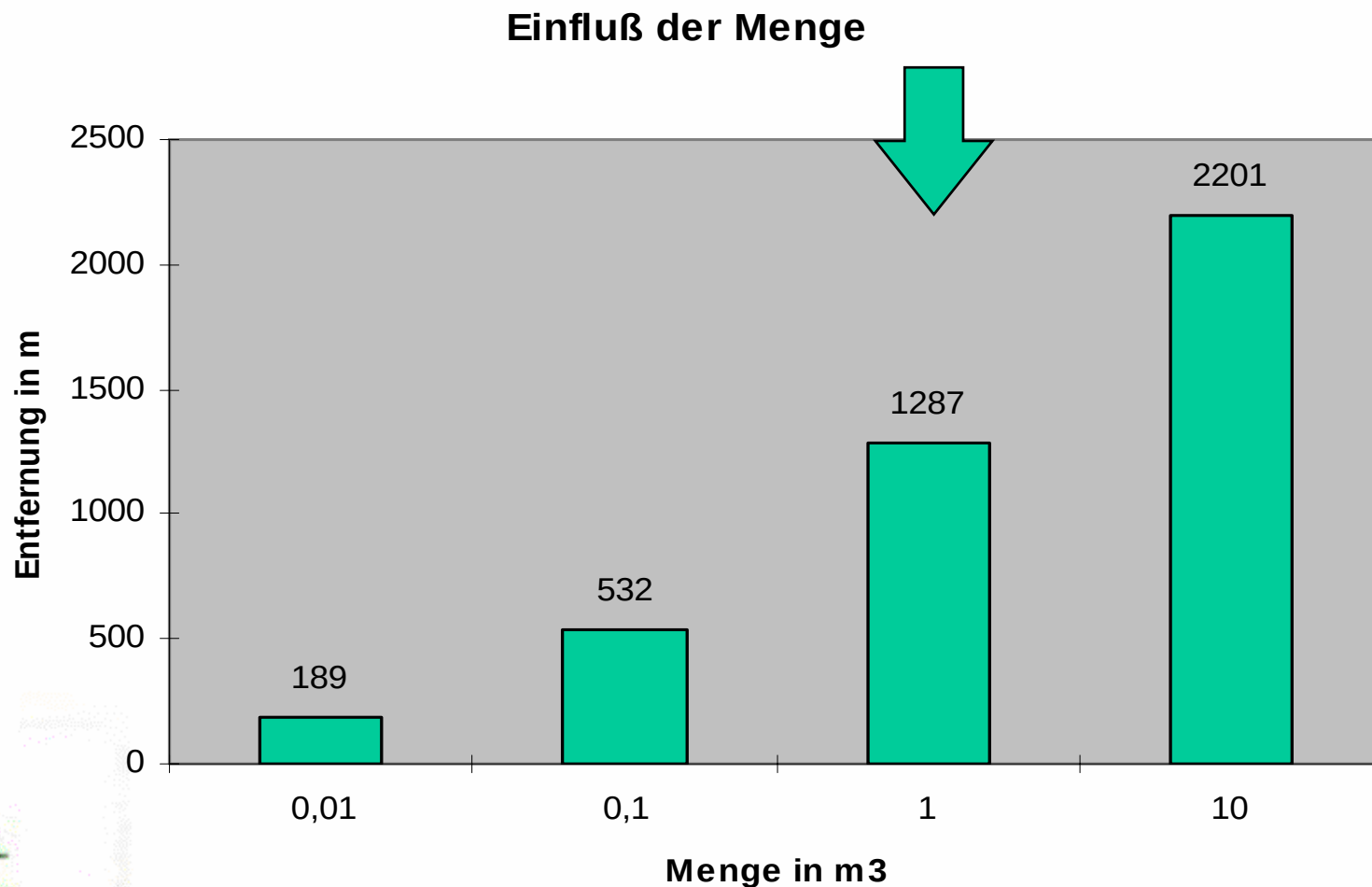
Methodische Grenzen

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

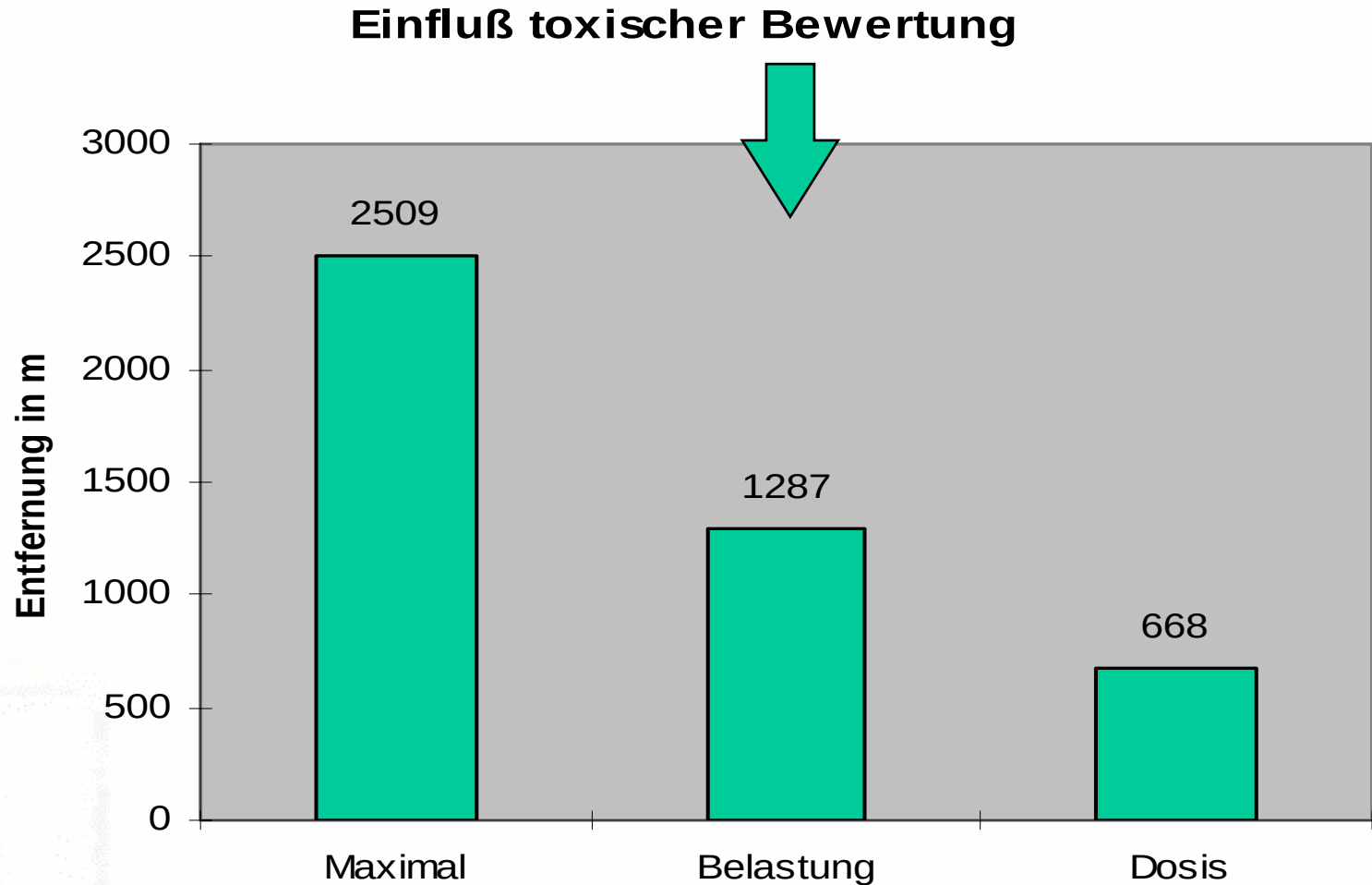
Stand der Technik

- ❖ Soft-Data (SMS)
- ❖ Expertenschätzung
- ❖ Erfassung komplexer
Abläufe, z.B. DE
- ❖ Erfassung komplexer
Anlagenstrukturen
- ❖ Datenbiografie
- ❖ Human Factor

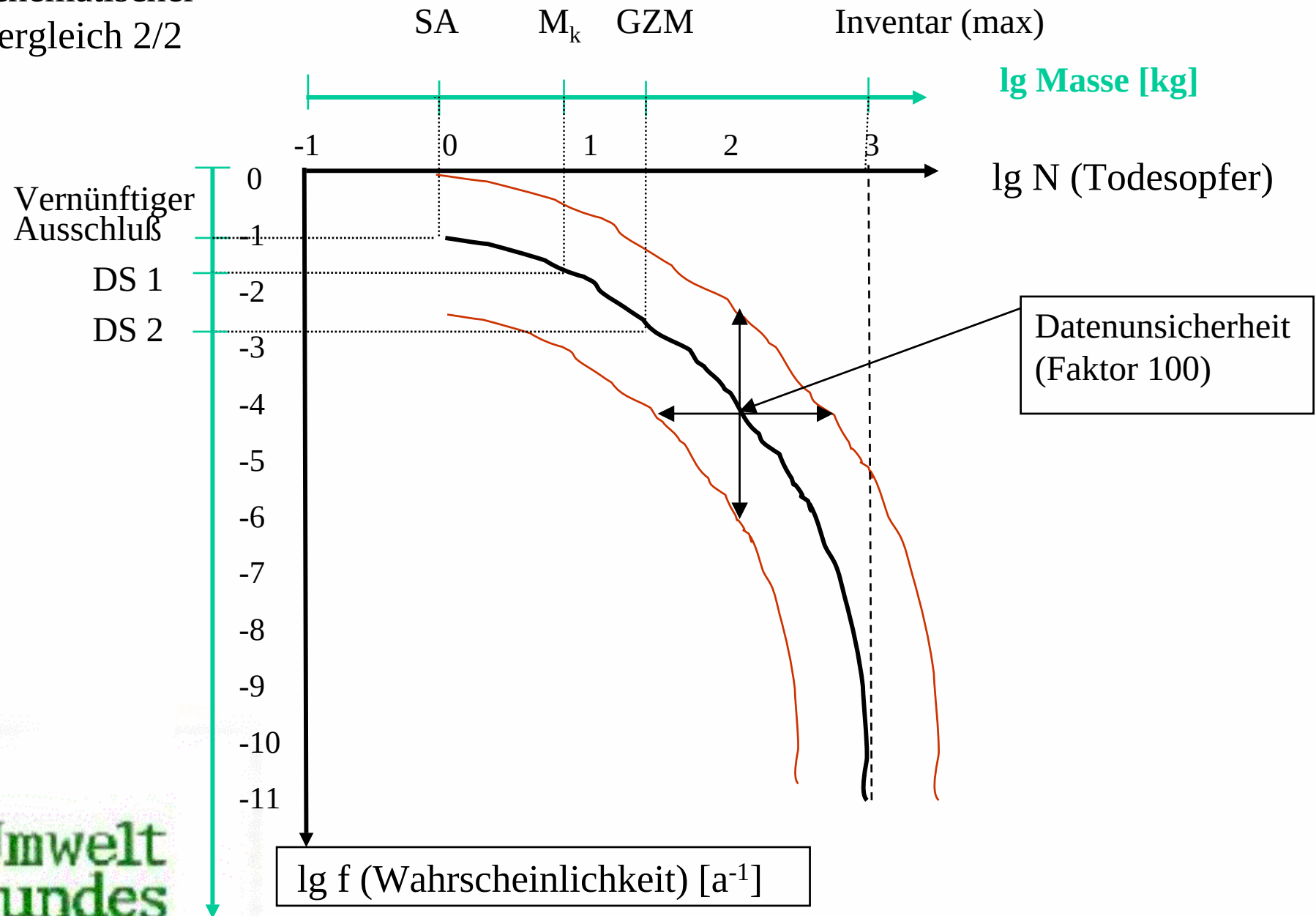
Unschärfe bei Störfallablaufszenarien (Freisetzung Chlor, mittlere Ausbreitungsbedingungen)



Unschärfe bei Störfallablaufszenarien (Freisetzung Chlor, mittlere Ausbreitungsbedingungen)



Schematischer Vergleich 2/2



Qualitatives Maß für die Wahrscheinlichkeit

Anwendungsbereiche von QRA

- ❖ Optimierung von Designalternativen im Planungszustand
- ❖ Optimierung von Investitionsentscheidungen für SHE
- ❖ Optimierung von Inspektionssystemen (RBI)
- ❖ Ermittlung von Domino-Effekten
- ❖ Bewertung von SMS
- ❖ Festlegung von Gefahrgutwegen

Facit

- ❖ Methode der QRA ist Stand der Technik
- ❖ Entscheidend ist jedoch 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 und andere Methoden ergänzen sich