

Erläuterungen und Hintergründe zur 3.Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung

-Rechtliche Einbindung, Störfallszenarien, Annahmen, Abläufe, Auswirkungen-

von Hans-Joachim Uth, Umweltbundesamt, Berlin

Übersicht

- 1 Allgemeines
- 2 Betriebliche Alarm und Gefahrenabwehrpläne
- 3 Auswirkungsbetrachtung in der Sicherheitsanalyse
- 4 Störfallablaufszenarien
- 5 Quellterme nach der 3. StörfallVwV
- 6 Das Konzept der Störfallkommission (AK „Dennoch-Störfälle“)
- 7 Beiträge zur Unschärfe von Störfallablaufszenarien

Anhang: Beispiele von Störfallszenarien für die Gefahrenabwehrplanung

1 Allgemeines

Für als besonders gefährlich eingestuften Industrieanlagen nach § 1 Abs.2 Störfall-Verordnung sind Alarm- und Gefahrenabwehrpläne vorgeschrieben. Zum bundeseinheitlichen Vollzug wurde dafür die 3. StörfallVwV erlassen. Die 3.StörfallVwV regelt die Gefahrenabwehrplanung bei Anlagen, die den erweiterten Pflichten der Störfall-Verordnung unterliegen. Als Folgewirkung der betrieblichen Gefahrenabwehrplanung löst sie eine entsprechenden Planung auf der Seite der Kommunen aus. Betriebliche- und kommunale Maßnahmen zur Gefahrenabwehr müssen aufeinander abgestimmt sein.

Durch Umsetzung der SEVESO II Richtlinie (82/96/EG) mit der neuen Störfall-Verordnung vom Dezember 1999 ändert sich die Rechtslage wie folgt:

- die Störfall-Verordnung v. 1.09.1991 wird aufgehoben und durch die Fassung vom Dezember 1999 ersetzt.
- die Störfall-Verwaltungsvorschriften werden durch die Aufhebung gegenstandslos

Es bleibt aber festzustellen, dass die materiellen Anforderungen an die Gestaltung von Notfallmassnahmen (Gefahrenabwehr) durch die neue Störfall-Verordnung für Betriebsbereiche erhalten bleiben. In der Stellungnahme des LAI UA „Anlagensicherheit“ „Hinweise und Materialien zur Umsetzung des Artikel 11 "Notfallpläne" der RL 96/82/EG (SEVESO II)“ von August 1999 heisst es:

„Die Notfallplanung ist ein integrativer Bestandteil des Sicherheitskonzepts der Seveso-II-RL. Die RL nimmt in ihren Anforderungen wiederholt Bezug auf die Notfallplanung. Diese Anforderungen bedürfen in Ergänzung der gesetzlichen Umsetzung der Interpretation und Konkretisierung, vorzugsweise in Verwaltungsvorschriften.

Materiell sind die Anforderungen in der geltenden StörfallV und insbesondere in der 3. StörfallVwV anlagen- und teilweise auch betriebsbezogen bereits ausreichend konkretisiert. Mithin folgen aus den Anforderungen der RL für die Betreiber bestehender Anlagen, die den erweiterten Pflichten der StörfallV unterliegen, keine neuen Belastungen...“.

Es ist zu erwarten, dass eine aktuelle Anpassung der 3. Störfall-VwV erfolgen wird. Die Rolle der szenarischen Betrachtung wurde durch die Vorgaben der EU-Richtlinie noch verstärkt.

2 Betriebliche Alarm und Gefahrenabwehrpläne (BAGAP)

2.1 Inhalt von BAGAP

Im einzelnen werden folgende Teile des Alarm- und Gefahrenabwehrplans in der VwV behandelt:

- Alarmmeldung (Anhang 1)
- Alarmierungsabläufe (Anhang 3)
- Meldestufen (Anhang 2)
- Störfallszenarien /Quellterme (Anhang 5)
- Abstimmung der Planungen mit der Behörde (Anhang 8)
- Dokumentation und Fortschreibung

Anhang 7 u. 8 enthalten eine Checkliste für den Alarm- und Gefahrenabwehrplan.

2.2 Rechtliche Einbindung

Gefahrenabwehrpläne(GAP) sind unabhängig davon durchzuführen, aus welchen Gründen oder Ursachen ein Störfall eintreten kann. Sie sind Vorkehrungen i.S.d. § 3 Abs.3 Störfall-Verordnung und gehen über die Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen nach § 3 Abs.1 Störfall-Verordnung hinaus. Für die anlagenbezogene Gefahrenabwehrplanung ist die Sicherheitsanalyse als Grundlage zu nutzen.

3 *Auswirkungsbetrachtung in der Sicherheitsanalyse*

Bei der Betrachtung der Auswirkungen im Störfall sind zwei Ebenen zu unterscheiden:

1. Mit Hilfe der Auswirkungsbetrachtung soll die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen, vor allem die zur Begrenzung der Auswirkungen nachgewiesen werden. (§3 Abs.1, Störfall-VO)
2. Aus den Auswirkungsbetrachtungen im Störfall sollen Anhaltspunkte für eine effektive Gefahrenabwehrplanung entwickelt werden. (§3 Abs.3, Störfall-VO)

Zu Nr. 1:

Der geforderten Betrachtung sollte ein Ereignis ("Auslegungsstörfall") zugrunde gelegt werden, welches vernünftigerweise nicht ausgeschlossen werden kann. In einem iterativem Prozeß wird die Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen zur Beherrschung dieses Ereignisses analysiert und dokumentiert. Dieser analytische Prozeß muß in der Sicherheitsanalyse nachvollziehbar sein.

Zu Nr.2:

Die Auswirkungsbetrachtungen auf der 2. Ebene, jene welche Anhaltspunkte für die Gefahrenabwehrplanung liefern sollen, sind in der Praxis der Sicherheitsanalyse noch eher eine Ausnahme. Diese Angaben zur Störfallauswirkung, setzen im allgemeinen das Bestehen einer ernststen Gefahr voraus. Innerhalb des Aufbaus der Störfallverordnung bedeutet dies, daß die Störfallstoffe in der Größenordnung eines Zehntels der Menge Spalte 1 Anhang II in Brand geraten, explodieren oder freigesetzt werden.

4 *Störfallablaufszenarien*

4.1 Grundsätze

Der betriebliche GAP ist aufgrund konkreter Gefahrenanalysen anlagenbezogen zu erstellen. Dabei sind Auswirkungen durch einen Störfall in sog. Szenarien zu betrachten. Bei der Bildung von Szenarien als Grundlage der Gefahrenabwehrplanung ist zu beachten, daß Störfallabläufe angenommen werden, die vernünftigerweise ausgeschlossen werden können, es geht um "hypothetische Dennoch-Störfälle". Bezüglich ihrer möglichen Ursachen werden keine Betrachtungen angestellt, weil diese vom Zweck des Szenarios ablenken: sie würden in den Kreislauf der Betrachtung zur Verhinderung der Ursachen durch weitere Sicherheitsmaßnahmen münden. Deshalb wurden feste Annahmen zur Bildung der Szenarien vorgeschrieben. (Vergl. Nr.2.3 und Anhang 5 der 3. StörfallVwV). Das Ergebnis der Szenarien ist die Beschreibung des räumlichen und zeitlichen Verlaufs der gefährlichen Auswirkungen. Aus diesen Informationen sollen Betreiber und Kommunen die für ihre Gefahrenabwehrplanung relevanten Gefahrenbereiche ableiten.

4.2 Verhältnis "Auslegungs-Störfall" und "Dennoch-Störfall"

Die Rechtsvorschrift des § 3 Abs. 1 StörfallVO verpflichtet den Betreiber einer Anlage zur Durchführung aller technischen- und organisatorischen Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen. Maßstab ist dabei die "praktische Vernunft", d.h. es wird ein Wahrscheinlichkeitsmaßstab zugrunde gelegt. (Vergl. Bild 1)

Denkbaren Ereignissen, deren Wahrscheinlichkeit so gering eingeschätzt wird, daß sie "praktisch" nicht berücksichtigt werden müssen (und können), ist nicht vorzubeugen, diese müssen nicht verhindert werden. Um mögliche Auswirkungen dieser denkbaren, aber jenseits des "vernünftigen Ausschlusses" (Wahrscheinlichkeit P_a i.S. des § 3 Abs. 2 StörfallVO) liegenden Störfälle zu begrenzen, sind Maßnahmen nach §3 Abs.3 vorgesehen. Diese Maßnahmen mindern lediglich die Folgen von Störfällen, verhindern sie aber nicht. Mit dieser abgestuften Vorgehensweise wird im Sinne des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes die zu treffenden Maßnahmen der Wahrscheinlichkeit P des Eintritts des Ereignisses angepaßt. Je weniger wahrscheinlich, desto weniger Aufwand für Sicherheits- und Schutzmaßnahmen. Maßnahmen im Bereich $1 > P > P_a$ sind Maßnahmen zur Verhinderung des "Auslegungs-Störfalls", Ereignisse im Bereich $P_a > P > 0$ können als "Hypothetische Dennoch-Störfälle" bezeichnet werden.

Die Gefahrenabwehr ist eine Maßnahme zur Begrenzung der Auswirkungen i.S. des § 3 Abs. 3 StöVO. Da sie sich auf den weiten Wahrscheinlichkeitsbereich ($P_a > P > 0$) jenseits des "vernünftigen Ausschlusses" bezieht, ist es aus praktischen Erwägungen notwendig, diesen Bereich durch einzelne Punkte zu strukturieren und handhabbar zu machen. Deshalb werden Szenarien abgeleitet, die als Hilfestellung für die Planung der Gefahrenabwehr dienen. Anhang 1 enthält ein Beispiele für die Ableitung von Daten aus szenarischen Betrachtungen bei realen Anlagen zur Abschätzung von Gefährdungsbereichen.

4.3 Genehmigungsfähigkeit und "Dennoch-Störfall"

Für die Betrachtung der Genehmigungsfähigkeit einer Anlage ist der von BVerfG gesetzte Maßstab der "praktischen Vernunft" maßgeblich, d.h. wenn allen vernünftigerweise nicht auszuschließenden Störfällen ($P > P_a$) vorgebeugt wurde, steht einer Genehmigung der Anlage nichts entgegen. Dies schließt aber die Existenz von Maßnahmen nach § 3 Abs. 3, insbesondere einer Gefahrenabwehrplanung einschließlich ihrer materiellen und personellen Vorbereitung ein.

5 Quellterme nach der 3. StörfallVwV

Bei der Anfertigung von Störfallszenarien nach der 3. StörfallVwV ist von einer emissionsbezogenen Betrachtungsweise auszugehen. Ergebnisse der szenarischen Betrachtungen sind stets Angaben über die toxischen, thermischen und mechanischen Belastungen durch den angenommenen Störfall. Die Analyse der durch diese Belastungen ausgelösten Wirkungen obliegt der für die externe Gefahrenabwehr zuständigen Behörde. Sie legt unter Berücksichtigung der konkreten Verletzlichkeit der Schutzobjekte die Gefährdungsbereiche fest¹.

Anhang 5 der 3.StörfallVwV enthält "Beispiele für Mindestannahmen von Abläufen und Auswirkungen im Rahmen von Störfallszenarien nach Nr. 2.3" . Diese Annahmen sind als Hilfestellung bei der Auswahl der spezifischen anlagenbezogenen Szenarien zu verstehen. Der Anhang enthält insbesondere:

¹Dies bedeutet, daß der Betreiber keine immissionsseitige Betrachtung möglicher Schäden vornehmen muß. Insofern ist er entlastet von der Angabe kritischer Immissionswerte (Störfallbeurteilungswerte). Es ist aber die Nr. 3.2.2.2 c der 2. StörfallVwV zu beachten, wonach der Betreiber gehalten ist Wirkungsdaten über die verwendeten Stoffe in der Anlage zu ermitteln und anzugeben. Diese werden sich auch auf - soweit vorhanden- Störfallbeurteilungswerte z.B. ERPG-Werte beziehen.

1. Aussagen zu den an einem zu betrachtenden Störfall zu beteiligenden Mengen,
2. Aussagen zu Quelltermen,
3. Aussagen zu Emissionskategorien.

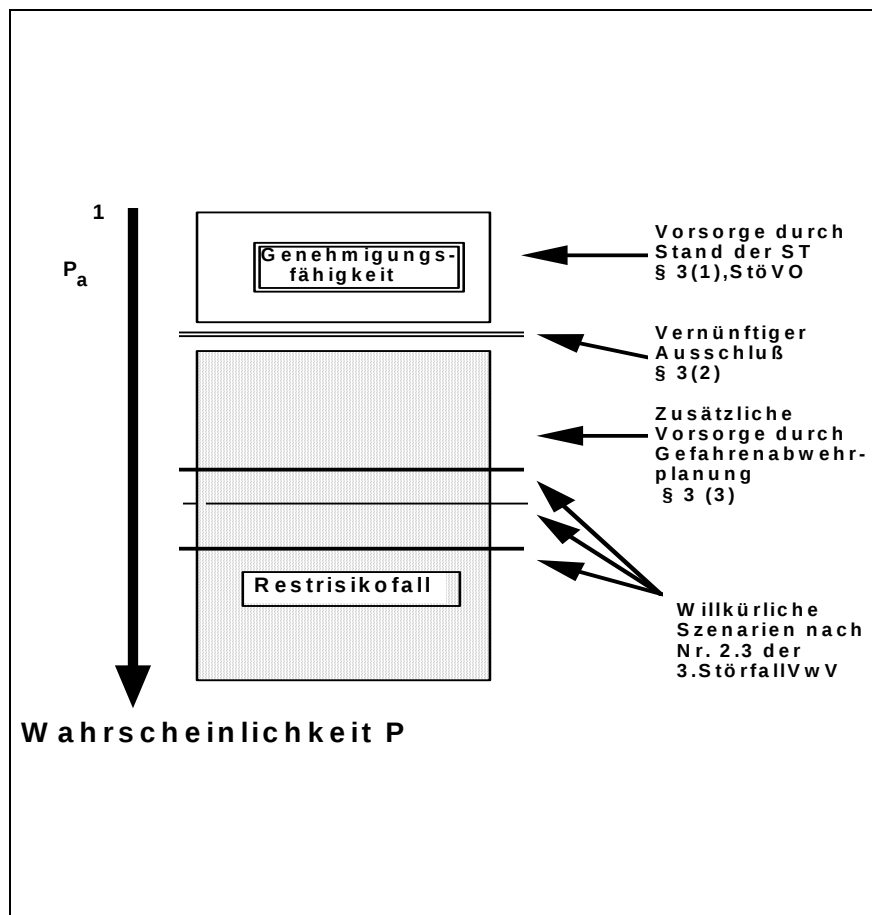


Bild 1 Bereiche der Gefahrenabwehr

In der Tabelle 1 ist eine Zuordnung der Emissionskategorien zu den Quelltermen vorgenommen. Dabei wurde stets die wesentliche Auswirkung zugrunde gelegt.

Tabelle 1 Zuordnung von Emissionskategorien zu Quelltermen

Emission/ Quellterm	Wärmestrahlung	Druckwelle	Toxische Belastung	Trümmer- wurf
Freisetzung			X	
Lachenverdampfung			X	
Brand (feste Stoffe)	X		(X)*	
jet fire	X			
pool fire	X		(X)*	
Feuerball	X		(X)*	
BLEVE	X	X	(X)*	
UCVE	(X)**	X		
CVE	(X)**	X		X
Staubexp.	(X)**	X		X
Massenex.		X		X

Emission/ Quellterm	Wärmestrahlung	Druckwelle	Toxische Belastung	Trümmer- wurf
Deposition			X	

- * toxische Wirkung bei Beteiligung toxischer Brandmasse zu erwarten.
- ** kurzfristige Wärmestrahlung durch Flammenbildung (flash) möglich.

Zu 1:

Die VwV spricht von der Menge im gestörten Anlagenteil als Mindestannahme. Die Menge der Stoffe von benachbarten Anlagenteilen, die einen betriebstechnischen Zusammenhang haben z.B. durch Rohrleitungen, Förderbänder verbunden sind, sind nur dann nicht zu berücksichtigen, wenn diese Verbindungen wirksam unterbrochen werden können. Die VwV läßt ausdrücklich die „aktiven Abspermaßnahmen“² zu. Für die szenarische Modellierung kann die Zeit, die bis zur wirksamen Absperrung/Unterbrechung vergeht eine wichtige Größe sein. Hinweise auf die Abgrenzung von Anlagenteilen finden sich in der Sicherheitsanalyse, insbesondere kommen die "Anlagenteile mit besonderem Stoffinhalt" nach Nr. 3.2.3.1 der 2. StörfallVwV³ in Betracht.

Bei der Betrachtung der an einem Brand bzw. einer Explosion beteiligten Stoffmengen dürfen die passiven (baulichen) Sicherheitsvorkehrungen berücksichtigt werden. So darf beispielsweise das Brandgeschehen auf den Brandabschnitt begrenzt bleiben, eine Ausbreitung des Feuers auf benachbarte Abschnitte, also die Betrachtung etwaige Domino-Effekte ist nicht gefordert.

Bei Massenexplosionen wird keine Betrachtung der Möglichkeit von Sekundärexplosionen gefordert.

Zu 2:

Bei der Festlegung der Quellterme sind neben der Charakteristik der beteiligten Stoffe auch die energetische Situation mitzuberechnen. Letztere beeinflusst wesentlich das Ausbreitungsverhalten, z.B. Menge, Impuls und Aggregatzustand der an der Ausbreitung teilnehmenden Stoffe.

Die VwV enthält auch komplexe Quellterme, etwa das Behälterbersten durch Wärmeeintrag. Bei der Betrachtung dieser Quellterme sei an die Vorgabe der Nr.2.3 der 3. StörfallVwV erinnert: man darf nicht nach möglichen Ursachen suchen! Maßgebend für die Auswahl dieses Szenarios könnte z.B. die Verletzlichkeit eines Behälters mit druckverflüssigten brennbaren Gasen aufgrund fehlender Wärmeschutzisolierung, ungeschützter Aufstellung, etc. sein.

Bei Raumexplosionen (Gase, Dämpfe) müssen die spezifischen Anlagenbedingungen, ggf. auch die nähere Umgebung hinsichtlich ihres Verdämmungsbeitrags berücksichtigt werden. Bei Staub- und Massenexplosionen können die Wirksamkeit konstruktiver (passiver) Bergrenzungsmaßnahmen, wie z.B. Ausblasbauweise, Explosionsdruckentlastung Berücksichtigung finden.

Die VwV schließlich berücksichtigt auch "gekoppelte Quellterme", d.h. den Niederschlag von toxischen Stoffen auf z.B. Oberflächengewässer mit anschließender Ausbreitung in dem Gewässer.

Die Betrachtung von Bränden mit z.B. Stückgutlagern, auch unter Beteiligung von Gefahrstoffen ist schwierig, da die Branddynamik von einer Fülle von Parametern beeinflusst

² Aktive Absperreinrichtungen sind mit Fremdenergie betriebene Absperr- und Regelarmaturen sowie handbetätigbare Armaturen.

³ Zur Problematik der Abgrenzung der „Anlagenteile mit besonderem Stoffinhalt“ s. Uth, H.J. Sicherheitsanalysen in verfahrenstechnischen Produktions- und Lageranlagen -Erfahrungen und Zielrichtungen- Teil 1+2, Arbeitsschutz Aktuell 1+2/95 S.17-22

wird, die anlagen- und stoffspezifisch festgelegt werden müssen. Ein Beispiel für szenarische Annahmen beim Brand eines Pflanzenschutzmittels ist in der Reihe UBA-Texte veröffentlicht⁴.

Für die Berechnung der Massenströme bei der Freisetzung aus druckführenden Systemen⁵, bei der Lachenverdampfung⁶, den Sonderformen (jet-, pool-, flashfire, BLEVE) und den Explosionen (verdämmte- und unverdämmte Gaswolkenexplosion⁷, Staubexplosion⁸ und Massenexplosion⁹) sind eine Fülle von Modellen veröffentlicht. Gleichwohl stehen in Deutschland verbindliche Konventionen für alle Spezialfällen noch nicht zur Verfügung.

Zu 3:

Für die Ausbreitung von Gasen und Aerosolen stehen in der Praxis bewährte und kodifizierte Ausbreitungsmodelle¹⁰ zur Verfügung.

Die Ausbreitung in Oberflächengewässern (Fließgewässer) kann nach dem Rheinalarmmodell Ver 2.1 simuliert werden¹¹.

Zu 4:

Für die zu ermittelnden Gefährdungsbereiche sollten -ggf. nach Absprache mit den für die öffentlichen Gefahrenabwehr zuständigen Behörden- die Ergebnisse der szenarischen Betrachtungen wie folgt dargestellt werden:

Wärmestrahlung

Angaben zur Reichweite der durch Wärmestrahlung ausgelösten Belastung in [KJ'sec/m²]. Sinnvolle Stufungen sind z.B. bei

- Verbrennungen 1.,2. und 3.Grades von Menschen (unbedeckt),
- Entzündung von Kleidung
- Entzündung von Baumaterialien (z.B. Holz, Kunststoffe)
- Schädigung von Umgebung (z.B. Pflanzen, Bäume)

Druckwelle

Angaben zur räumlichen Ausbreitung von Druckwellen, Darstellung der Verläufe (ISO-Kurven) der Spitzenüberdrücke in [hPa/m²], Sinnvolle Stufungen sind z.B. bei

- Zersplittern von Fensterscheiben
- Tödliche Wirkung auf Menschen
- Zerstörung von Wohnbebauung

Toxische Belastung

Die Belastung durch Gefahrstoffe ist je nach Wirkart in Form von ISO-Kurven anzugeben.

Bei

⁴ Sicherheitsanalyse eines Pflanzenschutzmittellagers, TÜVe.V. Bayern, UBA-Texte 39/90

⁵ Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material (Yellow Book), Directorate General of Labour, Ministry of Social Affairs, Voorberg NL, 1979, Part I, Kap.1-4

⁶ Yellow Book, aaO. Part II, Kap.5

⁷ Yellow Book, aaO. Part II, Kap.6,8-10

⁸ Vergl. VDI 2263, VDI 3673

⁹ Vergl. SprengG v. 17.4.1986, 2.SprengV v.5.9.1989

¹⁰ VDI 3783, Blatt 1+2

¹¹ Informationen über das Rheinalarmmodell können bezogen werden über: KHR-Sekretariat, Postfach 17, NL-8200 AA Lelystad, Tel. +31 3200 70432

- inhalativer Wirkung Angabe der Spitzenkonzentrationen in $[mg/m^3]$ und/oder der Dosis in $[mg \cdot min/m^3]$,
- Depositionen auf Oberflächengewässer, Böden, Gebäuden, etc. in $[mg/m^2]$,
- Kontamination von Gewässern in $[mg/l]$ oder der kontaminierten Menge¹².

Es sind geeignete Stufungen in Abhängigkeit von den Wirkkonzentrationen für z.B.

- schwere(tödliche)- und leichte Gesundheitsgefährdung, Belästigung von Menschen, Tieren,
- Gefährdung der Umweltmedien,
- Schädigung von Kulturgütern.

Die ISO-Kurven sind bei Ausbreitung über den Luftpfad für die ungünstigste und mittlere Wetterlage (incl. Hauptvorzugsrichtung des Windes) in Form von „Ausbreitungskeulen“ anzugeben.

Trümmerwurf

Neben der Emission von Druckwellen und Erschütterungen durch CVE, Staub- und Massenexplosionen sind die Möglichkeit des Trümmerwurfes zu beachten. Der Bericht des TAA¹³ zu "Explosionsfähige Staub-Luftgemische und Störfall-Verordnung" gibt hierzu Hinweise.

Ebenso sind die einschlägigen Vorgaben der 2.SprengV¹⁴ zu beachten.

6 Das Konzept der Störfallkommission (AK „Dennoch-Störfälle“)

Die Planungen erfolgen grundsätzlich auf der Grundlage angenommener Störfallverläufe (Störfallablaufszenarien). Dabei hat sich in der Praxis die Festlegung dieser konkreten Ereignisse als schwierig herausgestellt. Um in der großen Variationsbreite zwischen katastrophalen- und Bagatel-Ereignissen zu vernünftige Annahmen zu kommen wurde von der Störfallkommission¹⁵ folgende Vorgehensweise vorgeschlagen. Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

1. Vernünftigerweise nicht auszuschließende Störfälle (**Typ SA**), die im Rahmen der Sicherheitsanalyse beschrieben werden.
2. Vernünftigerweise auszuschließende Störfälle, zu deren Auswirkungsbegrenzung anlagenbezogene Vorkehrungen und spezielle Gefahrenabwehrmaßnahmen getroffen werden („Dennoch-Störfälle“, **Typ DS**).
3. „Vernünftigerweise auszuschließende Störfälle“ zu deren Begrenzung nur allgemeine Gefahrenabwehrmaßnahmen getroffen werden („Worst-Case-Störfälle“).

Grundsätzlich sind die Übergänge zwischen den Fällen fließend, aus pragmatischen Gründen werden Kernbereiche festgelegt. Die verschiedenen Störfalltypen können innerhalb eines allgemein gültigen Schemas¹⁶ (Bild 2) dargestellt werden.

Für jeden Fall kann eine untere und obere Grenze zugeordnet werden:

1. **Typ SA** hat seine *untere Grenze* in der Menge, die zu einer unzulässigen Überschreitung von Belastungswerten des Arbeitsschutzes führen, z.B. MAK-

¹² Bestimmung der kontaminierten Menge (m_k) nach EU-Vorschlag einer Störfallschwereskala: $m_k = m/LC_{50}$ mit m der Menge des ausgelaufenen Stoffes, LC_{50} der toxischen Konzentration für ausgewählte Wasserorganismen.

¹³ TAA-Bericht "Leitfaden Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische und Störfall-Verordnung", Teil II, TAA 1995

¹⁴ aaO

¹⁵ Störfallkommission, AK „Dennoch-Störfälle“, Abschlußbericht Oktober 1999

¹⁶ Die Auswirkungsbetrachtungen sind hier für den Luft-Pfad dargelegt, analoge Betrachtungen können für den Wasser- und Bodenpfad angestellt werden.

- Wert¹⁷. Der *obere Grenze* wird durch die Menge M_{SA} festgelegt, die zur Überschreitung z.B. des AEGL-2¹⁸ Wertes an der Betriebsgrenze führt.
2. **Typ DS** hat seine *untere Grenze* in der kritische Menge M_K , die zu einer unzulässigen Überschreitung von Belastungswerten¹⁹ (z.B. AEGL-2 Wert) am kritischen Aufpunkt, z.B. der nächstgelegenen Wohnbebauung führt²⁰. Die *obere Grenze* wird durch die „größte zusammenhängende Menge“²¹ M_{GZM} bestimmt.
 3. Der „Worst-Case-Störfall“ hat seine *untere Grenze* in der M_{GZM} , er schließt an den oberen Grenzbereich von Typ DS an. Der *obere Grenzbereich* wird durch das gesamte Inventar der Anlage M_i , ggf des Betriebs (mögliche Domino-Effekte sind hierbei zu berücksichtigen) festgelegt. Dieser Störfalltyp wird für die Gefahrenabwehrplanung i.a. nicht weiter betrachtet.

Die Bereiche werden durch das Erreichen bestimmter Immissionskonzentrationen einerseits und der Festlegung von bestimmten Mengen in der Anlage andererseits festgelegt (s. Bild 2) und in Form einer Quellrate (QR) ausgedrückt. Der Massenfluß der Quellrate wird durch anlagenbezogene störfallbegrenzende Maßnahmen abgemildert zu einem korrespondierenden Quellterm (QT). Mit diesem Quellterm wird die Ausbreitungsrechnung unter Berücksichtigung der spezifischen Umgebung durchgeführt. Es ergibt sich die korrespondierende Immissionskonzentration.

Bestimmung der Quellrate / Menge

Die kritische Quellrate QR_K wird durch Rückrechnung aus der zulässigen Immissionskonzentration AEGL-2 vom kritischen Aufpunkt bestimmt (Bild 3). Dabei ergibt sich zunächst die Quellrate QR_K' und daraus unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der anlagenbezogenen Maßnahmen zur Begrenzung der Störfallauswirkungen der Quellterm QT_K' . Die kritische Quellrate QR_K , die unter Berücksichtigung der störfallbegrenzenden Maßnahmen am kritischen Aufpunkt zur Immissionskonzentration AEGL-2 führt, wird durch graphische Parallelverschiebung bestimmt. Das Verfahren zeigt Bild 3. Es wird davon ausgegangen, daß der Beitrag der störfallbegrenzenden Maßnahmen zur Abschwächung im Bereich $QR_K > QR > QR_K'$ linear ist. Der kritischen Quellrate QR_K wird nach Bild 2 die kritische Menge M_K zugeordnet.

¹⁷ MAK Maximale Arbeitsplatzkonzentration, die über 8 h ohne negative Auswirkungen ertragen werden kann.

¹⁸ Acute Exposure Guideline Limit, AEGL-2 ist die luftgetragene Stoffkonzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindliche, aber exklusiv hyperempfindliche Individuen, irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeit erleiden können. Luftgetragene Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-2-Wertes, aber oberhalb des AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionsschwellen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

¹⁹ Bei Nichtverfügbarkeit von AEGL-Werten sind auch andere Toleranzwerte wie IDLH, ERPG, LD/LC, etc. in dem Modell anwendbar.

²⁰ „Störfallsschwelle“ i.S. des § 2 Abs. 1 Störfall-Verordnung, d.h. eine „ernste Gefahr“ liegt vor.

²¹ Vergl. Anhang 5, 3. StörfallVwV

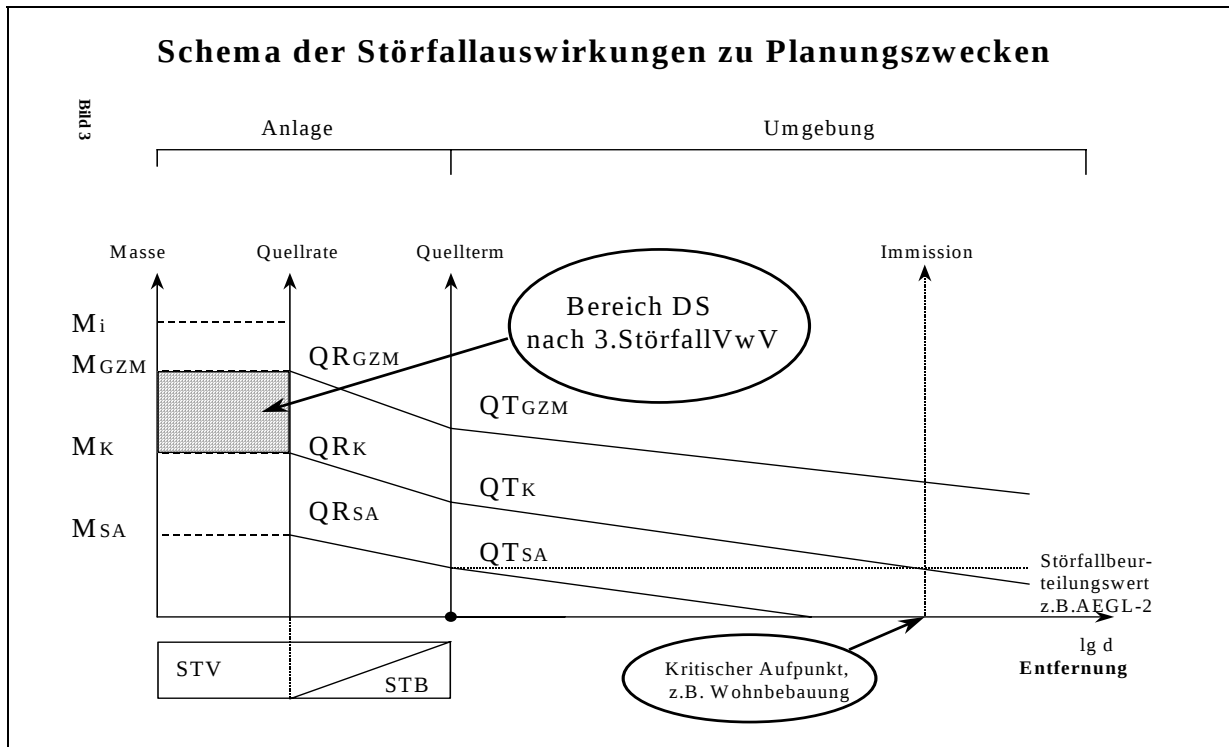


Bild 2 Schematische Darstellung der Quellterme bei Störfallablaufszenarien

M_i = Masse des Inventars, M_{GZM} = größte zusammenhängende Menge, M_K = Kritische Masse M_{SA} = Masse aus SA, QR = Quellrate, QT = Quellterm, DS = "Dennoch-Störfall", SA = "Sicherheitsanalyse", AEGL = Acute Exposure Guideline Limit, STV = Störfallverhindernde Maßnahmen, STB = Störfallbegrenzende Maßnahmen

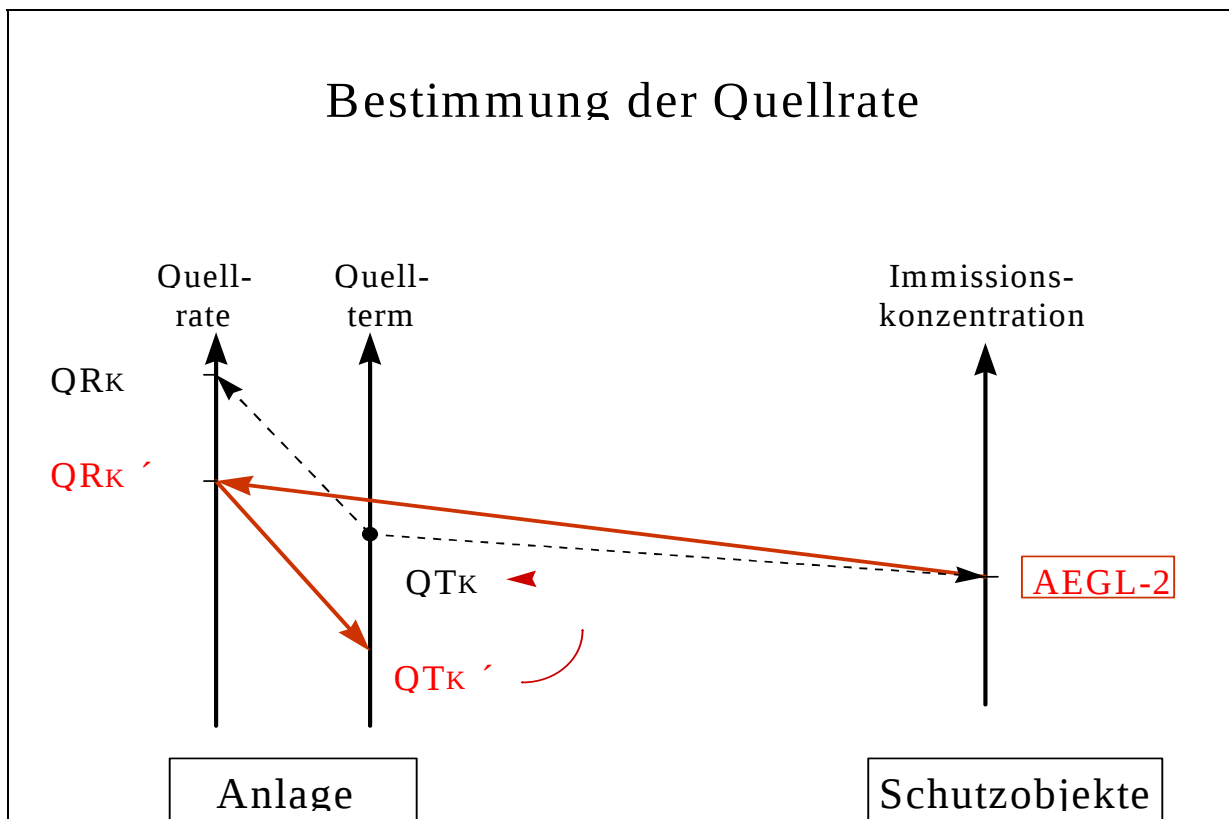


Bild 3 Bestimmung der kritischen Quellrate QR_K durch Rückrechnung der Immissionskonzentration AEGL-2
QR = Quellrate, QT = Quellterm, K = "Dennoch-Störfall", AEGL = Acute Exposure Guideline Limit

Fazit für die Gefahrenabwehrplanung

Der Bereich der Gefahrenabwehrplanung erstreckt sich grundsätzlich von der Anlage bis zu dem Aufpunkt, an dem der AEGL-2-Wert für den oberen Grenzbereich des Störfalls Typ DS gerade unterschritten wird. Abhängig von den durch Ausbreitungsrechnung zu ermittelnden Konzentrationsverläufen zwischen dem Aufpunkt des unteren Grenzbereiches z.B. Beginn der Wohnbebauung und dem Aufpunkt des oberen Grenzbereichs werden abgestufte Gefahrenabwehrmaßnahmen vorgesehen.

7 Beiträge zur Unschärfe von Störfallablaufszenarien

Die rechnerische Ermittlung der Gefährdungsbereiche ist von vielen Annahmen und Voraussetzungen abhängig. Die Beiträge zur Unschärfe des Rechenergebnisses werden am Beispiel der spontanen Freisetzung von verflüssigtem Chlor aufgezeigt.

Beispielannahmen:

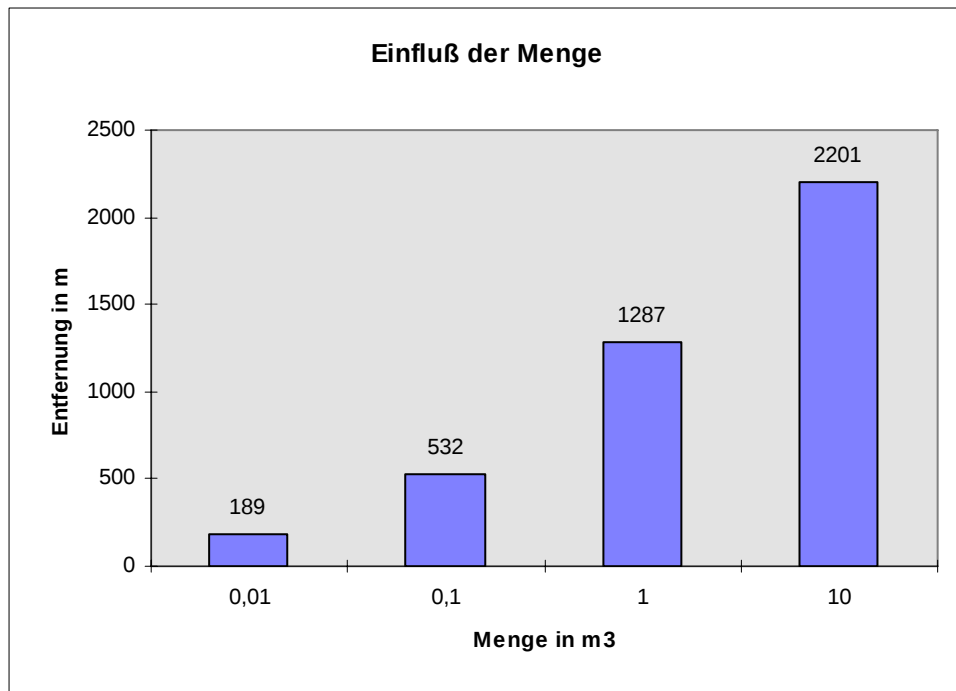
Parameter	Werte
Spontan freigesetzte Menge an druckverflüssigtem Chlor	1 m ³
Betontassenlänge	5 m
Betontassenbreite	4 m
Betontemperatur	15 C
Bildung einer Schwergaswolke	ebenes Gelände, ohne Hindernisse
Stabilitätsklasse nach Pasquill ²²	D
Mittlere Windgeschwindigkeit bzgl. Ausbreitungsgebiet und Dauer	3 m/s
Lufttemperatur	15 C
Toxische Wirkungen als gewichtetes Zeitintegral	0,5 ppm
Schwellenkonzentration (MAK - Wert)	
Referenzkonzentration (ERPG2-Wert) über 60 min	3,0 ppm
Maximale Verdunstungsdauer	30 min

7.1 Einfluß der freigesetzten Menge

Im folgenden Bild erkennt man den erwarteten starken Einfluß der freigesetzten Menge.

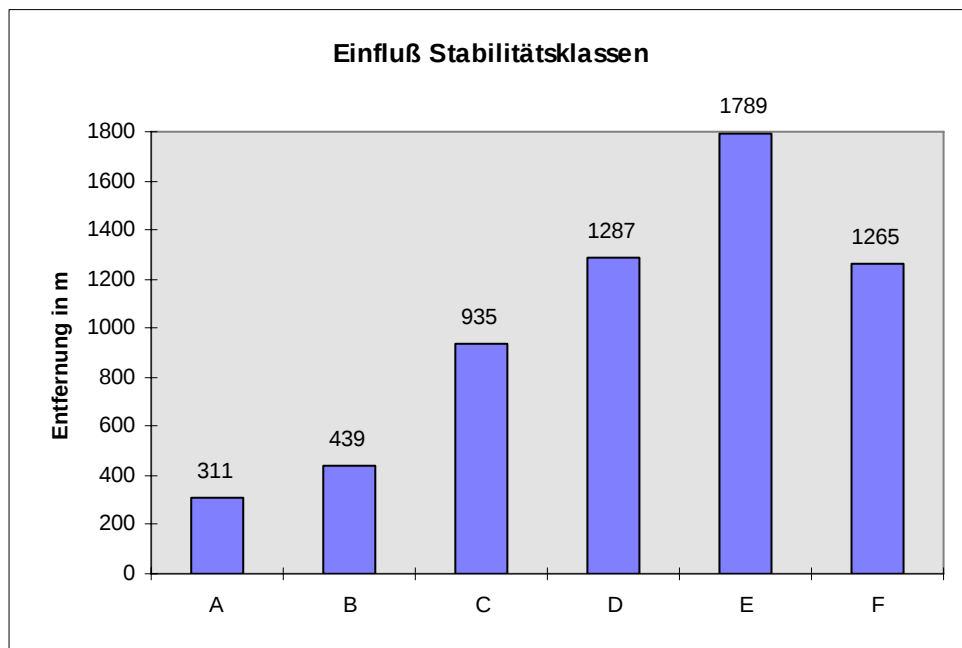
Im Bereich um den mittleren Wert von 1 m³ führt die Änderung der freigesetzten Menge um das Zehnfache in diesem Beispiel annähernd zu einer Halbierung bzw. Verdoppelung der Entfernung. Änderungen der freigesetzten Menge im Bereich einiger zehn Prozent wirken sich nur wenig auf die Entfernung aus.

²² Entspricht der Ausbreitungsklasse III/1 der TA-Luft



7.2 Einfluß der Stabilitätsklasse

Von der hier zugrunde gelegten mittleren Stabilitätsklasse D mit einer Entfernung von 1287 m ausgehend, kann die Entfernung bei anderen Stabilitätsklassen und sonst gleichen Bedingungen in diesem Beispiel von 25 % bis 220 % schwanken. Dabei ist zu beachten, daß die extremen Stabilitätsklassen nicht so häufig, wie die mittleren auftreten. Die Schwankungen infolge der Stabilitätsklasse sind groß.



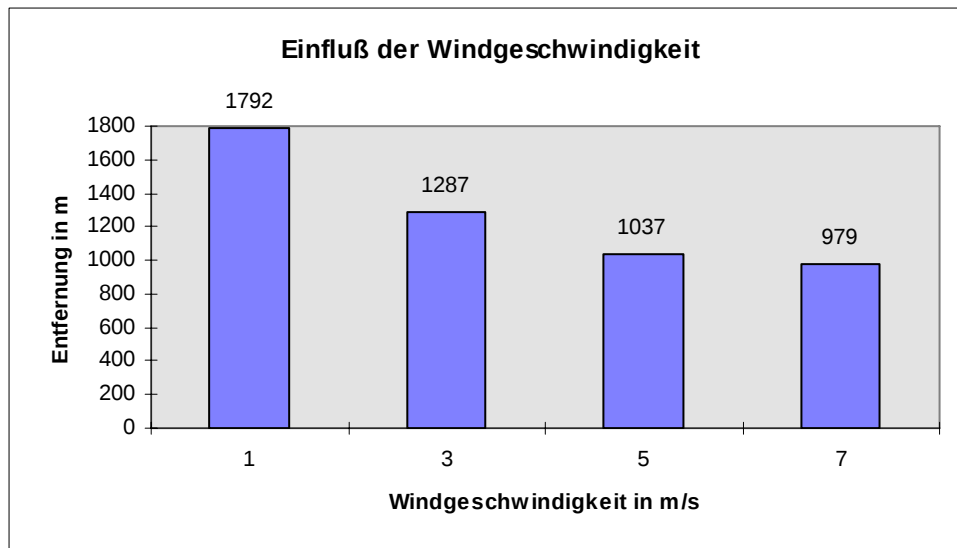
7.3 Einfluß der Windgeschwindigkeit

Im betrachteten Beispiel ist der Einfluß der Windgeschwindigkeit verhältnismäßig gering, weil ein Anteil der Entfernung von etwa 200 m aus der Phase der

Schwergasausbreitung resultiert und dieser Anteil nur wenig mit der Windgeschwindigkeit schwankt.

Das verringert insbesondere die Schwankungen in Richtung höherer Windgeschwindigkeiten.

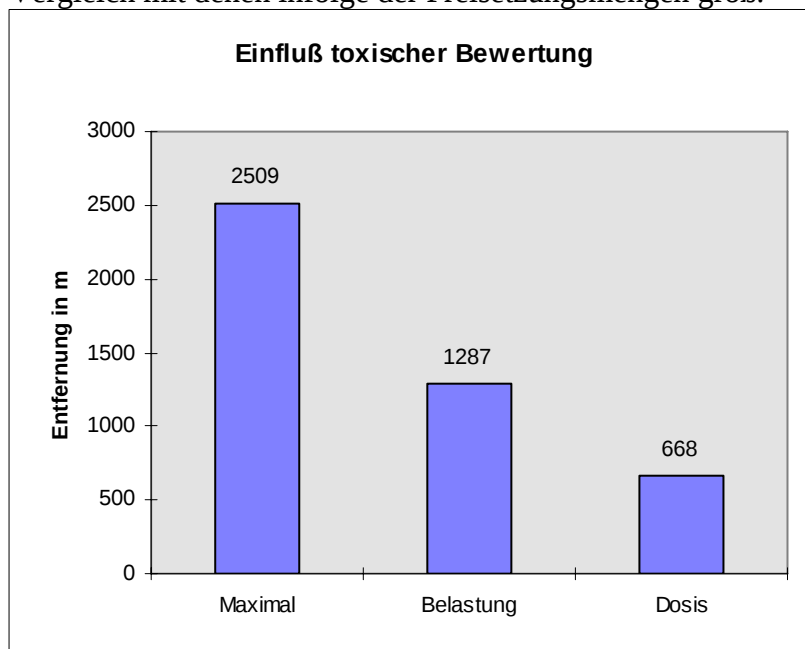
Dennoch können im Vergleich zu der Entfernung von 1287 m bei der mittleren Windgeschwindigkeit von 3 m/s Änderungen zwischen ca. 75 % bis 140 % auftreten.



7.4 Einfluß der Annahmen zu toxischen Wirkungen

Die Annahmen zur toxischen Wirkung können die Entfernung bei sonst gleichen Annahmen im Vergleich zur Entfernung bei der mittleren Annahme von 1287 m in diesem Beispiel zwischen ca. 52 % und 195 % schwanken lassen.

Die Schwankungen infolge der Annahmen zu den toxischen Wirkungen sind auch im Vergleich mit denen infolge der Freisetzungsmengen groß.



Annahmen zur toxischen Wirkung

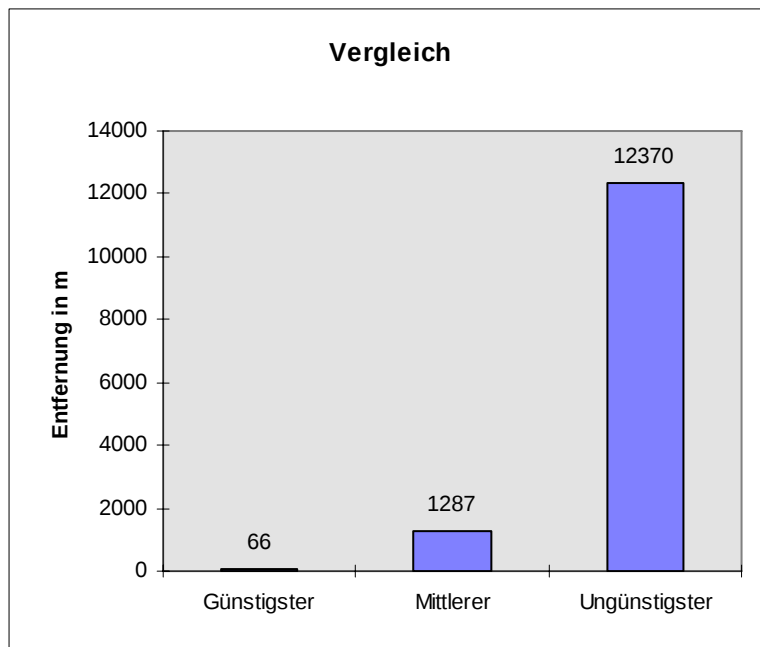
Die Abkürzung „Maximalwert“ bedeutet, daß der Maximalwert der Konzentration zu keinem Zeitpunkt die Referenzkonzentration von 3 ppm überschreitet.

Die Abkürzung „Belastung“ bedeutet, daß das gewichtete Zeitintegral der Konzentration gleich der Referenzbelastung ist. Die Referenzbelastung ist gleich dem Produkt aus der Referenzkonzentration von 3 ppm und der zugehörigen Dauer von 60 min weil der konzentrationsabhängige Wichtungsfaktor bei der Referenzkonzentration den Wert 1 annimmt.

Die Abkürzung „Dosis“ bedeutet, daß das ungewichtete Zeitintegral der Konzentration gleich der Referenzdosis ist. Die Referenzdosis ist gleich dem Produkt aus der Referenzkonzentration von 3 ppm und der zugehörigen Dauer von 60 min.

7.5 Zusammenfassende Betrachtung

Aus den vier untersuchten Einflüssen können durch Kombination der jeweiligen Extrempositionen der „günstigste“ und „ungünstigste“ Fall ermittelt werden. das Bild zeigt die extreme Schwankungsbreite mit den getroffenen Annahmen. Für die Erstellung von Störfallablaufszenarien folgt daraus die Forderung der genauen Dokumentation der im jeweiligen fall getroffenen Annahmen.



Gefahr durch eine Freisetzung von Brom aus einer Polyproduktionsanlage

I. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (untere Grenze)

I.1. Schritt: Auswahl des Störfallbeurteilungswertes

In einer Polyproduktionsanlage für anorganische Präparate wird u.a. Brom in größeren Mengen verwendet. Als Grenzwert wird der VCI-Störfallbeurteilungswert

$C_{s(\text{Brom})} = 3.56 \text{ mg/m}^3$ oder 0,5 ppm verwendet.

I.2. Schritt: Auswahl des Immissionsaufpunktes

Die Anlage liegt in einem Industriegebiet am Rande einer Kleinstadt. Die nächste Wohnbebauung ist 2000 m von der Anlage entfernt, in 1000 m Entfernung verläuft eine öffentliche Straße.

I.3. Schritt: Ermittlung des Quellterms

Ermittlung des Quellterms durch Rückrechnung unter Verwendung der VCI-Nomogramme für Brom. Es wird die ungünstigste Wetterlage mit:

- Ausbreitungsklasse 1, stabile Schichtung mit Inversion in 20 m Höhe
- Windgeschwindigkeit von $v = 1 \text{ m/sec}$
- Bezugsdosis für Brom ist 30 [ppm x min] (VCI- Störfallbeurteilungswert x 60 Minuten)

gewählt.

Die Abschätzung ergibt folgende Größenordnung für die Mengen, die zur Ausbreitung zur Verfügung stehen müssen um den Störfallbeurteilungswert am kritischen Aufpunkt gerade zu erreichen:

Entfernung zum kritischen Aufpunkt	1000 m	2000 m
Menge für die Ausbreitungsrechnung (Quelltermrelevante Menge)	90 kg	150 kg

I.4. und I.5. Schritt: Ermittlung der Quellrate und der kritischen Menge

Die Quellrate ermittelt sich aus dem Quellterm und den angenommenen Freisetzungsbedingungen. Das stoffspezifische Nomogramm ermöglichen Abschätzungen zur Freisetzung von Brom (in flüssiger Phase) mit anschließender Verdampfung bei 20 °C und unterschiedlichen Zeiten. Es ergeben sich folgende Mengen für die Quellrate, die bei der Verdunstungsdauer t die quelltermrelevanten Mengen liefern:

Verdunstungsdauer t	Entfernung = 1000 m	Entfernung = 2000 m
Verdunstungsdauer von 1 h	200 kg	450 kg
Verdunstungsdauer von 15 min	2000 kg	4000 kg

Die kritische Menge Brom in der Anlage, die am kritischen Aufpunkt gerade zu einer Überschreitung des Störfallbeurteilungswertes führen kann, beträgt bei einer Verdunstungsdauer von 1 h: $M_k = 450 \text{ kg}$.

II. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (obere Grenze)

II.1. Schritt: Ermittlung der größten zusammenhängenden Menge GZM in der Anlage
Es wurde ein Destillationsapparat mit 250 kg Brom (Angabe aus der Sicherheitsanalyse) identifiziert.

II.2. Schritt: Berechnung des Quellterms aus der GZM

Durch eine Explosion wird das gesamte Brom im Produktionsraum (258 m³, 25 °C) fein verteilt und verdampft. Der Austritt erfolgt durch das von der Explosion aufgesprengte Eingangstor (5,4 m², Luftwechselfaktor 5/h).

- 1) Bei Verdampfen von 250 kg Brom in 258 m³ ergibt sich bei 25 °C ein Sättigungspartialdruck von 0,13 bar.
- 2) Die Verdunstung von Brom aerosolen bewirkt einen Wärmeentzug. Die ermittelte Temperatur liegt bei -8 °C. Dadurch sinkt der Sättigungspartialdruck auf 0,05 bar, im Gasraum sind lediglich 80 kg Brom enthalten.
- 3) Das kalte Brom/Luftgemisch (Dichte ca. 1,6 kg/m³) fließt innerhalb von 10 Sekunden aus der Türöffnung. Die Emissionszeit unter Zugrundelegung des Luftwechselfaktors 5/h ergäbe 720 s.

II.3. Schritt: Rechnung der Ausbreitung anhand spezifischer Bedingungen in der Anlage und der Umgebung

Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783 mit der:

- ungünstigste Wetterlage (Ausbreitungsklasse 1, stabile Schichtung mit Inversion in 20 m Höhe, Windgeschwindigkeit $v = 1$ m/sec)
- mittlere Wetterlage (Ausbreitungsklasse 2 indifferente Schichtung ohne Inversion, Windgeschwindigkeit 3 m/sec)
- Zur Berücksichtigung der Umgebung des Freisetzungsortes (von Produktionsgebäuden eingeschlossene Werksstraße in Ausbreitungsrichtung) Umgebungsmodellierungen durch hohe Windparallele Schlucht (3,7m hoch, 4,2m breit) nach Ergänzungsblatt III zu VDI 3783-2

Ermittlung der Gefährdungsbereiche:

Ergebnis s. Bild 1 und 2. Bei den Planungen zur Gefahrenabwehr (Ermittlung der Gefährdungsbereiche) muß mit einer Überschreitung des Störfallbeurteilungswertes in Abständen bis ca. 4000 m bei ungünstigster Wetterlage bzw. mit ca. 1000 m bei mittlerer Wetterlage gerechnet werden.

Hinweis:

Die Ergebnisse der spezifischen Ausbreitungsrechnung ergeben weitere Abstände im Vergleich mit den unter Punkt I.3 verwendeten Nomogrammen. Dies liegt im wesentlichen an der unterschiedlichen Normierung auf die Bezugsdosis von 30 [ppm x min] (bei den Nomogrammen) und auf die Spitzenkonzentration von 0,5 ppm (bei den Ausbreitungsrechnungen). Ein weiterer Beitrag liefert die unterschiedliche Ausbreitungsart: Den Nomogrammen liegt ein dichteneutrales Ausbreitungsmodell zugrunde, die spezifische Betrachtung des o.g. Störfallablaufszenarios legt eine Schwergasausbreitung zugrunde. Dies hat insbesondere Auswirkung auf das Ausbreitungsverhalten im Nahbereich.

Freisetzung von Brom, ungünstigste Wetterlage

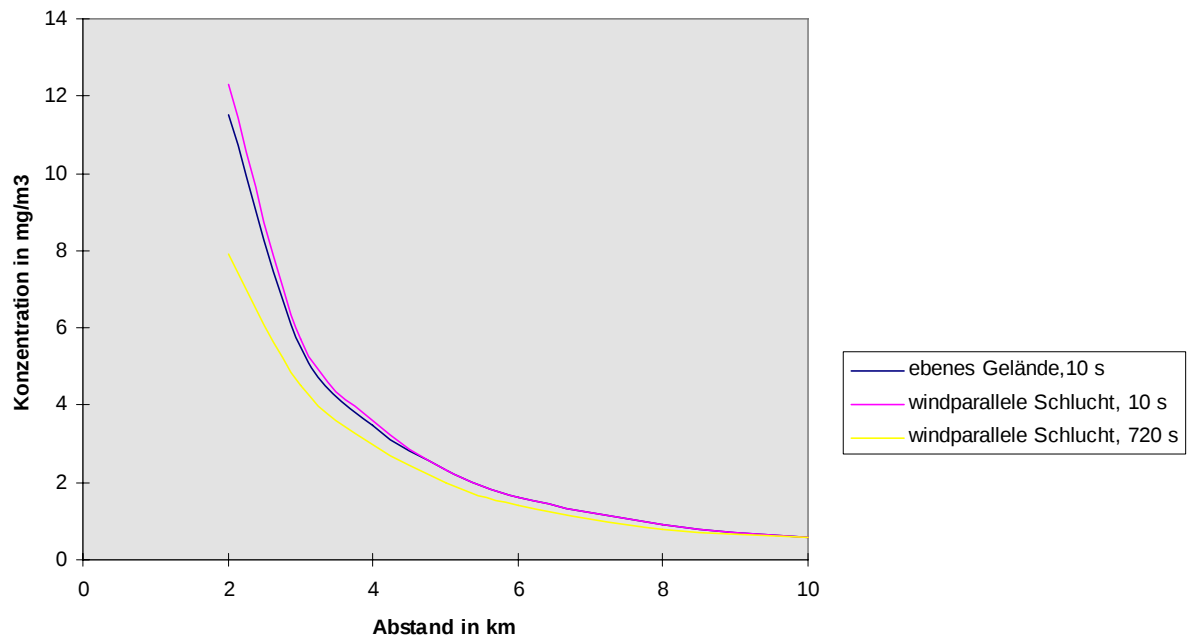


Bild 1

Freisetzung von Brom, mittlere Wetterlage

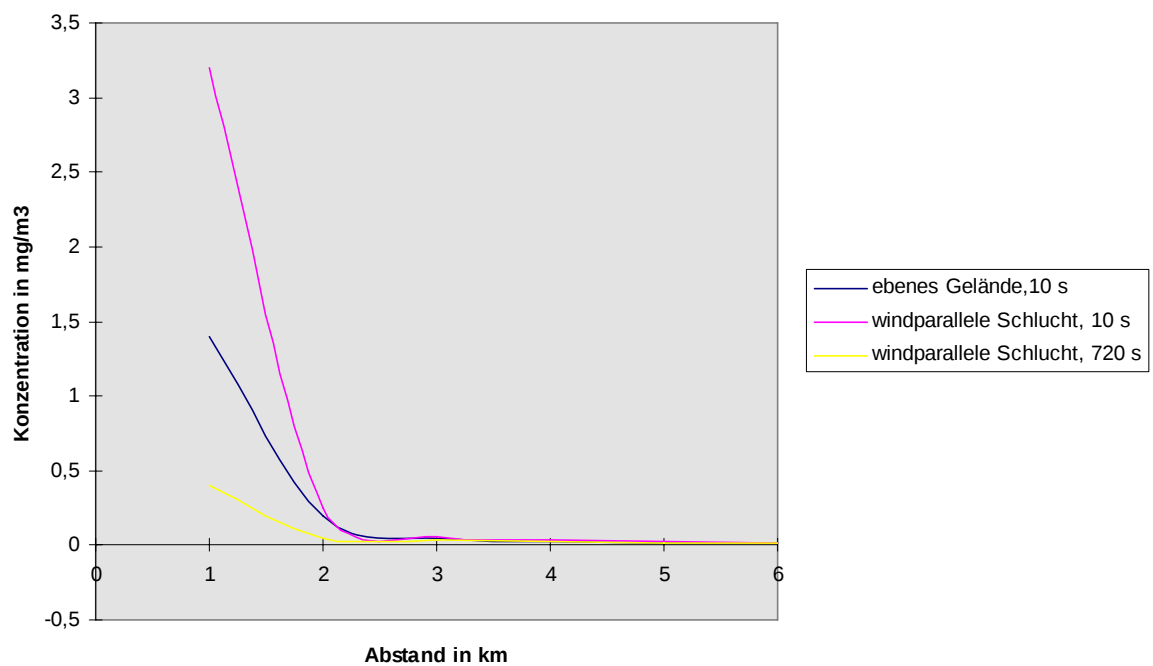


Bild 2