

# **STÖRFALL-KOMMISSION**

**beim  
Bundesminister für  
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**

**SFK - GS - 26**

---

## **Abschlußbericht**

**Schadensbegrenzung bei Dennoch-Störfällen  
Empfehlungen für Kriterien zur Abgrenzung von  
Dennoch-Störfällen und für Vorkehrungen  
zur Begrenzung ihrer Auswirkungen**

Die Störfall-Kommission (SFK) ist eine nach § 51a Bundes-Immissionsschutzgesetz beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildete Kommission.

Ihre Geschäftsstelle ist bei der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH eingerichtet.

---

Anmerkung:

Dieses Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen der Verfasser und der Auftraggeber keine Haftung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können daher keine Ansprüche gegenüber dem Verfasser und/oder dem Auftraggeber gemacht werden.

Dieses Werk darf für nichtkommerzielle Zwecke vervielfältigt werden. Der Auftraggeber und der Verfasser übernehmen keine Haftung für Schäden im Zusammenhang mit der Vervielfältigung oder mit Reproduktionsexemplaren.

## **Abschlußbericht**

### **Schadensbegrenzung bei Dennoch-Störfällen**

**Empfehlungen für Kriterien zur Abgrenzung von  
Dennoch-Störfällen und für Vorkehrungen zur  
Begrenzung ihrer Auswirkungen**

**des Arbeitskreises DENNOCH-STÖRFÄLLE der SFK**

verabschiedet auf der 31. Sitzung der SFK am 12. Oktober 1999

## **Inhalt:**

<b>1</b>	<b>Aufgabe und Vorgehensweise</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Rechtsgrundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Konzept einer ursachenunabhängigen Betrachtung von Störfallablaufszenarien</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Anwendung des ursachenunabhängigen Störfallablaufszenarien-Konzepts</b>	<b>8</b>
4.1	Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (Untere Grenze)	8
4.2	Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (Obere Grenze)	10
4.3	Abgrenzungskriterien für Dennoch-Störfälle	11
4.4	Detailaspekte bei der Betrachtung von Dennoch-Störfallablaufszenarien	11
<b>5.</b>	<b>Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Dennoch-Störfällen</b>	<b>12</b>
<b>6.</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>13</b>
	<b>Abbildung 1:</b> Auswirkungsbegrenzung von Dennoch-Störfällen	15
	<b>Abbildung 2:</b> Struktur eines Störfallablaufszenarios	16
	<b>Abbildung 3:</b> Schema der Störfallauswirkungen zu Planungszwecken	17
	<b>Anhang 1:</b> Literatur	18
	<b>Anhang 2:</b> Beispiele von Störfallablaufszenarien nach dem Konzept des Arbeitskreises DENNOCH-STÖRFÄLLE der SFK	20
	<b>Anhang 3:</b> Mitgliederverzeichnis und Sitzungstermine	34

## **1 Aufgabe und Vorgehensweise**

Die Störfall-Kommission hat auf ihrer 26. Sitzung am 26. Februar 1998 in Köln einen Arbeitskreis DENNOCH-STÖRFÄLLE (AK-DS) eingesetzt und ihm den Auftrag erteilt, im Rahmen des Themas Auswirkungsbegrenzung von Störfällen (§ 3 Abs. 3 StörfallV [1]) sich mit sogenannten Dennoch-Störfällen zu befassen. Die Untersuchung sollte im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen zur Begrenzung von Störfallauswirkungen (§ 5 StörfallV) und hier insbesondere auf die Ausrüstung der Anlagen mit den erforderlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen sowie technischen und organisatorischen Schutzvorkehrungen zur Begrenzung von Störfallauswirkungen (§ 5 Abs. 1 Nr. 2 StörfallV) erfolgen.

Unter Dennoch-Störfällen (Definition siehe Kapitel 3) werden Störfälle verstanden, die von vernünftigerweise auszuschließenden Gefahrenquellen ausgehen und deren Eintritt daher durch störfallverhindernde Maßnahmen nach § 3 Abs. 1 StörfallV in der Regel nicht verhindert werden kann (Abbildung 1).

Der Beratungsauftrag bestand aus drei Teilaufgaben:

1. Prüfung, ob und auf welchem Wege praxistaugliche allgemeine Kriterien für Dennoch-Störfälle aufgestellt werden können, und zwar:
  - Zur Abgrenzung der Ablaufszenarien von Dennoch-Störfällen zu den Ablaufszenarien der zu verhindernden Störfälle (untere Grenze).
  - Zur Feststellung, für welche Dennoch-Störfälle noch Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV zu treffen sind (obere Grenze).
2. Erarbeitung von Kriterien zu 1, falls diese Prüfung zu einem positiven Ergebnis kommt.
3. Erarbeitung von Kriterien für die Anwendung von technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen (§ 5 Abs. 1 Nr. 2 StörfallV) zur Begrenzung von Störfallauswirkungen.

Anlaß der Beauftragung war aus Kreisen der Genehmigungs- und Überwachungsbehörden bekanntgewordene Kritik an Sicherheitsanalysen wegen unsystematischer

Darstellungen von Dennoch-Störfällen und der dafür maßgeblichen Störfallablaufszenerarien vom Eintritt eines Dennoch-Störfalls bis zu seinen Auswirkungen auf die Schutzgüter in der Umgebung. Da gemäß der 3. StörfallVwV [2] die interne und externe Gefahrenabwehrplanung u. a. auf diesen in den Sicherheitsanalysen enthaltenen Darlegungen, insbesondere den maßgeblichen Störfallablaufszenerarien, basieren soll, bestehen des weiteren bei den für die Gefahrenabwehr zuständigen Behörden bisher nicht voll erfüllte Erwartungen, praktikable Störfallablaufszenerarien für die Gefahrenabwehr bei Anlagen, die den erweiterten Pflichten der StörfallV unterliegen, zu erhalten.

In Erfüllung seines Auftrages hat der AK-DS in einem ersten Schritt ein Konzept zur ursachenunabhängigen, bei der Anwendung aber anlagen- und umgebungsspezifischen Betrachtung von Störfallablaufszenerarien erarbeitet, aus dem mit Hilfe von materiellen Kriterien eine Abgrenzung der Szenarien von Dennoch-Störfällen nach unten (zu den zu verhindernden Störfällen) und nach oben (zu den exzeptionellen Störfällen) abgeleitet werden kann (Abbildung 1). Zusätzlich hat der AK-DS die Nebenbedingung gesetzt, daß diese Kriterien allgemeingültig sein sollen und das Konzept auf alle Arten von Störfällen (Stofffreisetzung, Brand, Explosion) in möglichst allen Anlagen anwendbar ist, die der StörfallV unterliegen.

In einem zweiten Schritt hat der AK-DS die Elemente eines Störfallablaufszenerarios definiert (Abbildung 2) und Gesichtspunkte zusammengestellt, nach denen störfallauswirkungsbegrenzende Maßnahmen für die verschiedenen Phasen eines Störfallablaufs ausgewählt und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet werden sollten.

Es war nicht Aufgabe des AK-DS, bestimmte Störfallablaufszenerarien als eine Art von Standardszenarien zu erarbeiten, die eventuell sogar grundsätzlich anzuwenden wären. Dies wäre auch wenig sinnvoll, da mögliche Störfallablaufszenerarien stark von den anlagen- und umgebungsspezifischen Gegebenheiten geprägt werden und deshalb nicht nur von Anlagenart zu Anlagenart, sondern auch innerhalb einer Anlagenart von Anlage zu Anlage verschieden sein können. Es war vielmehr das Ziel, durch die Kriterien das Vorgehen bei der Ermittlung maßgeblicher Dennoch-Störfallablaufszenerarien für verschiedene Anlagen so zu systematisieren und zu vereinheitlichen, daß sich zwar von Anlage zu Anlage möglicherweise erheblich unterschiedliche, aber im übrigen auf einem gleich hohen Niveau der Systematik, der Vollständigkeit und der Erfassung wesentlicher Störfallaspekte befindliche Störfallablaufszenerarien ergeben.

Der AK-DS hat sich bemüht, das Konzept so zu gestalten und die zugehörigen Kriterien so abzufassen, daß das Ganze direkt als Hilfestellung für Anlagenbetreiber, Behörden und Sachverständige z. B. bei der Erstellung und Darlegung der störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen bei Dennoch-Störfällen und bei deren Bewertung Anwendung finden kann.

Zur Unterstützung der Prüfung dieses Konzeptes auf seine praktische Anwendbarkeit hatte der AK-DS außerdem eine kurze Stoffsammlung mit Daten zu konkreten Störfallablaufszszenarien aus Sicherheitsanalysen bzw. Modelluntersuchungen (Projektion möglicher Störfälle) [17] und aus Störfallberichten (tatsächlich abgelaufene Störfälle) zusammengestellt.

## **2            Rechtsgrundlagen**

Maßgebliche Rechtsgrundlagen sind die StörfallV und die dazugehörigen Verwaltungsvorschriften. Für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen, die der StörfallV unterliegen<sup>1</sup>, sind bestimmte Gefahrenquellen zu betrachten (Abbildung 1). Der Verordnungsgeber unterscheidet vernünftigerweise auszuschließende und vernünftigerweise nicht auszuschließende Gefahrenquellen (§ 3 Abs. 2 StörfallV [1]; Rn 21 ff [4])

Vernünftigerweise nicht auszuschließende Gefahrenquellen können zu Störfällen führen, die zu verhindern sind, indem Vorkehrungen nach § 3 Abs. 1 StörfallV getroffen werden müssen. Vernünftigerweise auszuschließende Gefahrenquellen können zu sog. Dennoch-Störfällen führen, deren Eintreten zwar nicht zu verhindern ist, gegen deren Auswirkungen jedoch unabhängig von den störfallverhindernden Vorkehrungen nach § 3 Abs. 1 StörfallV störfallauswirkungsbegrenzende Vorkehrungen zu treffen sind (§ 3 Abs. 3). Das Versagen von Vorkehrungen nach § 3 Abs. 1 stellt beispielsweise eine vernünftigerweise auszuschließende Gefahrenquelle dar, die zu einem Dennoch-Störfall führen kann.

Das Wirksamwerden von vernünftigerweise auszuschließenden Gefahrenquellen kann jedoch auch so unwahrscheinlich sein, daß es jenseits der Erfahrung und Berechen-

---

<sup>1</sup> im folgenden als Anlagen bezeichnet

barkeit liegt. Gegen diese exzeptionellen Störfälle sind keine anlagenbezogenen Vorkehrungen zu treffen (siehe auch [5]).

Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfällen (§ 3 Abs. 1 StörfallV) müssen Anforderungen erfüllen, die in den §§ 4 und 6 der StörfallV in Form einer offenen Aufzählung („insbesondere“) dargelegt sind. Vorkehrungen zur Begrenzung von Störfallauswirkungen (§ 3 Abs. 3 StörfallV) müssen Anforderungen erfüllen, die in den §§ 5 und 6 StörfallV ebenfalls in einer offenen Aufzählung („insbesondere“) dargelegt sind.

Die 3. StörfallVwV erläutert näher die Anforderungen hinsichtlich § 5 Abs. 1 Nr. 3 StörfallV (betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrpläne, darin sind Anforderungen zur Erstellung von Störfallablaufszenarien enthalten), § 5 Abs. 1 Nr. 4 StörfallV (Einrichtung einer geschützten Verbindung), § 5 Abs. 2 StörfallV (Beauftragung einer Person oder Stelle), § 5 Abs. 3 StörfallV (Beratung der Gefahrenabwehrkräfte), § 6 Abs. 1 Nr. 4 StörfallV (Vorbeugung gegen Fehlverhalten) und Nr. 5 (Unterweisung der Beschäftigten).

Somit sind über die 3. StörfallVwV nur Teilaspekte des § 3 Abs. 3 StörfallV abgedeckt.

Insbesondere hinsichtlich des § 5 Abs. 1 Nr. 2 StörfallV, der Anforderungen zur Begrenzung von Störfallauswirkungen an die Ausrüstung der Anlagen mit den erforderlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen sowie den erforderlichen technischen und organisatorischen Schutzvorkehrungen benennt, liegen keine näheren Erläuterungen vor, sondern lediglich eine beispielhafte Aufzählung im Anhang Nr. 2.2 der 2. StörfallVwV [6].

In der Praxis hat sich die Abgrenzung von Störfallkategorien hinsichtlich deren Herleitung über die unterschiedlichen Gefahrenquellen als schwierig erwiesen. Problematisch ist auch die zum Teil unscharfe Abgrenzung bei Vorkehrungen nach § 3 Abs. 1 StörfallV und § 3 Abs. 3 StörfallV [7]. Insbesondere die offene Auflistung und die teilweise nicht erläuterten Anforderungen an störfallauswirkungsbegrenzende Vorkehrungen (§§ 4 und 5 StörfallV) führen beim Vollzug der Verordnung zu Irritationen auf Betreiber- und Behördenseite.

Zu den Begriffen „Störfallablaufszenarien“, „Quellterm“ und „Größte zusammenhängende Menge“, die in den weiteren Kapiteln des Abschlußberichts verwendet werden,



finden sich in der 3. StörfallVwV Festlegungen bzw. Darstellungen, die bei Störfallbetrachtungen der vom AK-DS vorgenommenen Art zum Tragen kommen.

Bei der betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplanung, wie sie sich als Anforderung zur Begrenzung von Störfallauswirkungen aus § 5 Abs. 1 Nr. 3 StörfallV ergibt, sind auch Art und Ausmaß der Auswirkungen von vernünftigerweise nicht auszuschließenden Störfällen zu berücksichtigen. Dabei sind qualitative und quantitative Annahmen über die möglichen Ereignisabläufe (Störfallablaufszenarien) zugrunde zu legen (Nr 2.3 der 3. StörfallVwV).

Störfallablaufszenarien sind auf der Grundlage von in der Sicherheitsanalyse dargelegten Quelltermen zu erstellen. Unter Quelltermen sind Massenströme von freigesetzten Störfallstoffen<sup>2</sup> und in Brand geratenen oder explodierten Stoffmassen nach Betriebsstörungen<sup>3</sup> zu verstehen (Nr. 2.3 der 3. StörfallVwV). Sie werden durch Angabe des Störfallstoffes, der freigesetzten Stoffmenge und der Freisetzungparameter (Geometrie, zeitlicher Ablauf, Aggregatzustand, Druck, Temperatur usw.) konkretisiert.

Im Anhang 5 der 3. StörfallVwV sind Beispiele für Annahmen<sup>4</sup> von Abläufen und Auswirkungen im Rahmen von Störfallablaufszenarien angegeben. Danach sind z. B. der Brand der Masse eines gesamten Brandabschnitts bzw. eines Gebäudes oder die Explosion der in Betracht kommenden größten zusammenhängenden Stoffmenge in Betracht zu ziehen. Bauliche (passive) Maßnahmen können dabei berücksichtigt werden.

---

<sup>2</sup> Stoffe nach Anhang II, III, oder IV der StörfallV, im folgenden Störfallstoffe genannt

<sup>3</sup> Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs, im folgenden Betriebsstörungen genannt

<sup>4</sup> Bei diesen Annahmen handelt es sich nicht um Mindestannahmen, wie in der Überschrift zu Anhang 5 der 3. StörfallVwV bezeichnet, sondern nahezu durchweg um Maximalannahmen, wie aus der Bundesrats-Drucksache 110/95 (Beschluß) Nr. 24 zu entnehmen ist.

### 3 Konzept einer ursachenunabhängigen Betrachtung von Störfallablaufszenarien

Der AK-DS schlägt für die Abgrenzung von Dennoch-Störfallablaufszenarien ein Konzept vor, das umgebungsbezogene Störfallbeurteilungswerte, deren Überschreitung das Vorhandensein einer ernststen Gefahr signalisiert, mit anlagenbezogenen Daten, und zwar mit den bei einer Betriebsstörung in der Anlage freigesetzten Massenströmen bzw. der freisetzbaren Menge der Störfallstoffe, verknüpft (Abbildung 3).

Die für das Konzept maßgeblichen Begriffe sind wie folgt definiert:

1. **Zu verhindernde Störfälle** beruhen auf Betriebsstörungen, die sich aufgrund von vernünftigerweise nicht auszuschließenden Gefahrenquellen zu einem Störfall ausweiten würden, wenn ihr Ablauf nicht durch störfallverhindernde Maßnahmen nach § 3 Abs. 1 StörfallV unterbrochen oder so eingegrenzt werden würde, daß sie keine ernste Gefahr mehr hervorrufen. Störfälle dieser Art und die störfallverhindernden Maßnahmen werden in der Sicherheitsanalyse (SA) dargelegt.
2. **Dennoch-Störfälle** stellen die Ausweitung von Betriebsstörungen dar, die trotz störfallverhindernder Maßnahmen, aber aufgrund des Wirksamwerdens einer vernünftigerweise auszuschließenden Gefahrenquelle oder des zeitgleichen Wirksamwerdens mehrerer voneinander unabhängiger Gefahrenquellen (Nr. 3.2.4 der 2. Störfall-VwV) eine ernste Gefahr hervorrufen. Zur Begrenzung der Auswirkung von Störfällen dieser Art sind anlagenbezogene Vorkehrungen und spezielle Gefahrenabwehrmaßnahmen nach § 3 Abs. 3 in Verbindung mit § 5 StörfallV zu treffen.
3. **Exzeptionelle Störfälle** entstehen aus Gefahrenquellen, die sich jeder Erfahrung und Berechenbarkeit entziehen und daher auch außerhalb der durch § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG gezogenen Grenzen liegen. Gegen das Eintreten solcher Störfälle sind keine zusätzlichen anlagenbezogenen Vorkehrungen zu treffen. Hierzu gehören z. B. Störfälle, die durch kriegerische oder bürgerkriegsähnliche Zustände und Ereignisse hervorgerufen werden können.
4. **Störfallbeurteilungswerte** sind die für den jeweiligen Störfallstoff ermittelten Konzentrationen oder Dosen, bei deren Überschreitung eine ernste Gefahr ausgelöst werden kann. Als Störfallbeurteilungswerte für luftgetragene Störfallstoffe kommen derzeit insbesondere in Betracht: Konzentrations- oder Dosisleitwerte für die Notfallplanung im Störfall nach ERPG [8], AEGL [9] oder IDLH [10] sowie VCI-

Störfallbeurteilungswerte [11, 12]. Zu berücksichtigen sind die den Beurteilungswerten zugrunde liegenden Einwirkzeiten. Bei der Ermittlung von Dosis-Werten ist die Gültigkeit der Haber'schen Regel [13] zu prüfen.

Zur Beurteilung der Auswirkungen auf Böden und Gewässer können bedeutsam sein: kritische Bodenbelastungswerte [14], Bundes-Bodenschutz- und Altlasten-Verordnung [15], Interventionswerte für Gewässerbelastung (IKSR/IKSE Warn und Alarmplan [16]), s. auch SFK-Bericht „Schadstoffe Wasser“ [17]. Für Störfälle, bei denen eine ernste Gefahr durch Brand- oder Explosionsauswirkungen hervorgerufen wird, kommen als Störfallbeurteilungswerte kritische Wärmestromdichten bzw. der kritische Spitzendruck in einer sich ausbreitenden Druckwelle in Betracht (z. B. nach TNO [18, 3]). Für die Auswirkungen durch Trümmerwurf sind keine Störfallbeurteilungswerte bekannt.

5. **Kritischer Aufpunkt** ist derjenige einer Anlage nächstgelegene Ort, an welchem eine ernste Gefahr eintreten kann. Dies gilt insbesondere für einen Ort, an welchem sich dauernd oder zeitweilig eine große Zahl von Menschen aufhält (Wohnbebauung, Krankenhaus, Schule usw.).
6. **Größte zusammenhängende Menge (GZM)** ist die Menge eines Störfallstoffes, die sich in einem zusammenhängenden Volumen innerhalb einer im bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage abgesperrten oder absperrbaren Umschließung (Behälter, Rohrleitung) maximal befinden kann. Bei der Ermittlung der GZM nach der 3. StörfallVwV können aktive Absperrrichtungen außerhalb des gestörten Anlageteils berücksichtigt werden.
7. **Quellrate (QR)** ist der bei einer Betriebsstörung aus einer Umschließung austretende Gesamtmassenstrom eines Störfallstoffes. Sie ist abhängig von den Stoffeigenschaften und den anlagenspezifischen Freisetzungsparemtern (Druck, Temperatur, Geometrie).
8. **Quellterm (QT)** ist der nach Freisetzung aus der Umschließung sich tatsächlich in die Umgebung ausbreitende Anteil des Gesamtmassenstroms.

Um die Verknüpfung zwischen anlagenbezogenen und umgebungsbezogenen Kenngrößen im Ablauf eines Störfalls herzustellen, bedarf es bei diesem Konzept nur einer Berechnung des Quellterms aus der Quellrate unter Berücksichtigung der physikalischen, chemischen, zeitlichen und räumlichen Gegebenheiten der Freisetzung sowie

einer Ausbreitungsrechnung zur Bestimmung der Auswirkungen in der Umgebung aus dem maßgeblichen Quellterm.

Bei der Freisetzung von Stoffgemischen ist die Betrachtung der Störfallablaufszenarien sinnvollerweise auf den gefährlichsten Stoff abzustellen bzw. ein Stoff als Leitsubstanz heranzuziehen [19]. Bei Bränden könnten ggf. auch die Auswirkungen von emittierten Brandprodukten in die Betrachtung der Störfallablaufszenarien einzubeziehen sein [20].

Als Beispiel für die Anwendung dieses Konzeptes wird im folgenden Kapitel 4 die Abgrenzung von Dennoch-Störfällen beschrieben.

## **4 Anwendung des ursachenunabhängigen Störfallablaufszenarien-Konzepts**

### **4.1 Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (Untere Grenze)**

Bei der Anwendung des Konzepts zur Abgrenzung von Dennoch-Störfällen nach unten wird in 5 Schritten vorgegangen. Hierbei wird beispielhaft nur die Ausbreitung von Störfallstoffen über den Luftpfad angenommen. Analoge Betrachtungen sind auch für andere Störfallarten möglich.

#### **1. Schritt**

Festlegung des Störfallbeurteilungswertes für den zu betrachtenden Stoff.

#### **2. Schritt**

Definition des kritischen Aufpunktes und Ermittlung seiner Entfernung von dem potentiellen Emissionsort in der Anlage.

#### **3. Schritt**

Ermittlung desjenigen Quellterms für Dennoch-Störfälle ( $QT_k$ ), der bei Störfallstoffausbreitung unter ungünstigsten Ausbreitungsbedingungen am kritischen Aufpunkt gerade zu einem Immissionswert in Höhe des Störfallbeurteilungswertes führt.

Da keine Rechenprogramme für eine direkte Rückrechnung von der Immissionskonzentration am Aufpunkt zum zugehörigen Quellterm existieren, müssen Ausbreitungsrechnungen in umgekehrter Richtung mit variierendem Quellterm als Eingangsparameter durchgeführt werden.

Die Ermittlung von  $QT_k$  kann auch mit Hilfe der Nomogrammtechnik erfolgen, da inzwischen für zahlreiche Störfallstoffe entsprechende Diagramme zur Verfügung stehen [12], aus denen für einen vorgegebenen Störfallbeurteilungswert der Quellterm  $QT_k$  (parametriert z. B. für verschiedene Ausbreitungskategorien, Freisetzungsdauern und Verdampfungsdauern) abgelesen werden kann.

#### 4. Schritt

Ermittlung der Gesamtquellrate  $QR_k$  aus dem Quellterm  $QT_k$  durch Rückrechnung unter Freisetzungsbedingungen bei dem zugrundegelegten StörfallablaufszENARIO (Ereignisart, Freisetzungsart, Emissionsart nach (Abbildung 2)).

Auch für diesen Schritt kann grundsätzlich auf geeignete Nomogramme (siehe 3. Schritt) zurückgegriffen werden.

#### 5. Schritt

Berechnung der kritischen Menge  $M_k$  durch Integration der Quellrate über die Freisetzungsdauer. Die Freisetzungsdauer ist die Zeitspanne für  $QR_k$ , die erforderlich ist, um den Störfallbeurteilungswert am kritischen Aufpunkt gerade zu erreichen.

Übersteigt in einer Anlage die GZM eines bestimmten Störfallstoffes die so ermittelte Menge  $M_k$ , so sind in der Anlage grundsätzlich entsprechende Dennoch-Störfälle in Betracht zu ziehen und erforderliche und geeignete Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV vorzusehen.

Ist dagegen die GZM des bestimmten Störfallstoffes kleiner als  $M_k$ , so entfällt aus der Sicht der **Auswirkungen** eines Dennoch-Störfalles **am kritischen Aufpunkt** die Notwendigkeit solcher störfallauswirkungsbegrenzender Maßnahmen. In diesem Fall ist jedoch noch eine Auswirkungsbetrachtung unter Annahme der Freisetzung der GZM - unabhängig von deren Ursache - anzustellen, um zu ermitteln, ob auch bei deren **Auswirkungen im Entfernungsbereich bis zu dem kritischen Aufpunkt** für Schutzgüter

nach der StörfallV eine ernste Gefahr ausgeschlossen ist. Ggf. sind störfallauswirkungsbegrenzende Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV zu treffen.

## **4.2 Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (Obere Grenze)**

Für die Abgrenzung des Bereichs der Dennoch-Störfälle nach oben hin wird vom AK-DS in Übereinstimmung mit der 3. StörfallVwV als Kriterium die größte zusammenhängende Menge des betreffenden Störfallstoffes in der Anlage vorgeschlagen. Bei der Abgrenzung wird in diesem Fall in drei Schritten vorgegangen:

### **1. Schritt**

Ermittlung der größten zusammenhängenden Menge des Störfallstoffes (GZM), innerhalb einer Umschließung, die im bestimmungsgemäßen Betrieb gegenüber anderen Anlagenteilen abgesperrt ist oder abgesperrt werden kann. Aktive Absperreinrichtungen außerhalb des gestörten Anlageteils sind dabei zu berücksichtigen.

### **2. Schritt**

Berechnung des Quellterms  $QT_{GZM}$  aus der GZM unter Berücksichtigung der selben physikalischen, chemischen, zeitlichen und räumlichen Freisetzungsgegebenheiten wie in Kapitel 4.1, 3. und 4. Schritt.

### **3. Schritt**

Ausbreitungsrechnung unter Berücksichtigung der umgebungsspezifischen Bedingungen mit dem ermittelten Quellterm  $QT_{GZM}$  zur Ermittlung derjenigen Entfernung vom Emissionsort, in der der Störfallbeurteilungswert gerade nicht mehr überschritten wird. Damit liegt auch der Gefährdungsbereich fest, auf den sich nach Nr. 2.3 der 3. StörfallVwV die betriebliche und die außerbetriebliche Gefahrenabwehrplanung erstreckt.

Die gleichzeitige Freisetzung oder Explosion bzw. gleichzeitiger Brand mehrerer Störfallstoffteilmengen  $GZM_1$ ,  $GZM_2$  usw. in voneinander getrennten Umschließungen braucht als Dennoch-Störfall nicht unterstellt zu werden. Die Betrachtung möglicher Wechselwirkungen zwischen Anlagen kann aber im Zusammenhang mit der Berücksichtigung eines Domino-Effekts nach Nr. 2.3 der 3. StörfallVwV bedeutsam sein. Für

die Gefahrenabwehrplanung nach der 3. StörfallVwV ist die GZM maßgebend, die zur größten Ausdehnung des Gefährdungsbereichs führt.

### **4.3 Abgrenzungskriterien für Dennoch-Störfälle**

Aus Abbildung 3 und den vorstehenden Darlegungen in den Kapiteln 3, 4.1 und 4.2 ergeben sich Abgrenzungskriterien wie folgt :

#### **Kriterium 1 (Untere Grenze)**

Mögliche Ereignisabläufe in einer Anlage mit Störfallstofffreisetzung, Brand oder Explosion bei unterstelltem Versagen störfallverhindernder Maßnahmen sind als Dennoch-Störfälle einzustufen, wenn die GZM eines toxischen, brennbaren oder explosionsfähigen Störfallstoffes in der Anlage eine kritische Menge  $M_k$  überschreitet.  $M_k$  ist diejenige Menge, bei deren Freisetzung, Inbrandgeraten oder Explosion der einschlägige Störfallbeurteilungswert am kritischen Aufpunkt gerade erreicht wird.

#### **Kriterium 2 (Obere Grenze)**

Als größtmöglicher Dennoch-Störfall sind in einer Anlage Ereignisabläufe mit Störfallstofffreisetzung, Brand oder Explosion, bei denen gerade die GZM des maßgeblichen Störfallstoffes als freigesetzt unterstellt wird, in Betracht zu ziehen.

### **4.4 Detailspekte bei der Betrachtung von Dennoch-Störfallablaufszenarien**

Die Bestimmung der oberen Grenze von Dennoch-Störfällen in Form einer GZM beruht auf der Überlegung, daß das gleichzeitige und unabhängig voneinander von statten gehende Auftreten einer Freisetzung, eines Brandes oder einer Explosion in zwei unterschiedlichen Anlageteilen eine äußerst niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit hat und deshalb nicht unterstellt werden muß.

Ein Domino-Effekt zwischen dem gestörten Anlageteil und einem anderen Anlageteil infolge von Brand oder Explosion kann bei der Betrachtung von Dennoch-Störfällen im Regelfall außer Betracht bleiben, wenn entsprechend wirksame bauliche (passive) Maßnahmen vorhanden sind (Nrn. 2 und 3, Anhang 5 der 3. StörfallVwV).

Bei der Ermittlung des Quellterms aus der Quellrate sind physikalische Effekte, wie z. B. die Lachenverdampfung, in jedem Fall wirksam und können als emissionsmindernd oder -verzögernd gewertet werden. Ebenso können passive Schutzeinrichtungen, wie Auffangwannen oder Schutzmauern, als ständig verfügbar angesehen werden. Aktive Absperreinrichtungen können, soweit sie nicht Teile des gestörten Anlageteils sind, als bestimmungsgemäß arbeitend angesehen werden.

Für den Fall, daß  $GZM < M_k$  ist, wäre nach dem ursachenunabhängigen Störfallablauf-szenarienkonzept (Kapitel 4.1) in einer Anlage die Auslösung eines Dennoch-Störfalls unter keinen Umständen gegeben. Unbeschadet dessen, daß in diesem Fall an dem kritischen Aufpunkt keine ernste Gefahr ausgelöst werden kann, bleibt für einen Betreiber die Verpflichtung zur Minimierung von Störfallauswirkungen auch aus Arbeitsschutzgründen bestehen. Dies schließt auch Maßnahmen zur Begrenzung der Störfallauswirkungen nach § 3 Abs. 3 StörfallV ein.

## **5 Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Dennoch-Störfällen**

Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Dennoch-Störfällen (§ 5 Abs. 1 Nr. 2 StörfallV) können in verschiedenen Phasen eines Störfallablaufszenarios wirksam werden. Es liegt daher nahe, Gesichtspunkte für die Anwendung unter deren Zielsetzung:

- Aufgabenerfüllung
- Eignung
- Wirksamkeit
- Verhältnismäßigkeit

an den für eine Anlage maßgeblichen Dennoch-Störfallablaufszenarios zu orientieren. Bezugnehmend auf die generelle Struktur von Störfallablaufszenarios (Abbildung 2) schlägt der AK-DS daher die folgenden Gesichtspunkte für eine systematische und einheitliche Handhabung der Auswahl störfallauswirkungsbegrenzender Maßnahmen nach § 3 Abs. 3 StörfallV, die in der Anlage gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 2 StörfallV zu treffen sind, vor:



1. Auswirkungen des größtmöglichen anzunehmenden Dennoch-Störfalles (unterstellte Freisetzung der GZM),
2. Begrenzung der Freisetzung von Störfallstoffen aus ihrer Umschließung,
3. Begrenzung der Verdampfung der in flüssiger Form freigesetzten Störfallstoffe,
4. Verhinderung der Zündfähigkeit oder Zündung freigesetzter brennbarer oder explosionsfähiger Störfallstoffe,
5. Verhinderung bzw. Behinderung der Ausbreitung freigesetzter gasförmiger und flüssiger Störfallstoffe,
6. Wirksamkeit der im einzelnen infragekommenden technischen und organisatorischen Maßnahmen im Hinblick auf das Schutzziel,
7. Aufwand für die infragekommenden Maßnahmen in Relation zu ihrer Wirksamkeit.

Gängige und erprobte Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Dennoch-Störfällen sind z. B. im Anhang zu einem SFK-Bericht [21] aufgelistet. Bei der Auswahl der störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen ist passiven Maßnahmen der Vorzug zu geben.

Bei den begrenzenden Maßnahmen muß in jedem Fall erkennbar sein, daß sie für den vorgesehenen Zweck wirksam sind. Da im Dennoch-Störfall die Störfallauswirkungen begrenzt sind, der Störfall selbst jedoch nicht verhindert werden muß, müssen auch die vorgesehenen Begrenzungsmaßnahmen die Auswirkungen nicht soweit reduzieren, daß eine ernste Gefahr dann ausgeschlossen ist.

Eine eindeutige Zuordnung von Sicherheitsvorkehrungen zu den Kategorien der störfallverhindernden bzw. störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen ist nicht immer möglich (s. Rn 46 [4]). Dies schränkt jedoch die Anwendung der hier vorgeschlagenen Auswahl-Gesichtspunkte für Schutzmaßnahmen zur Auswirkungsbegrenzung von Dennoch-Störfällen nicht ein.

## **6 Empfehlungen**

Der AK-DS empfiehlt, diesen Abschlußbericht als Dokument der SFK zu veröffentlichen. Das in diesem Abschlußbericht dargestellte Konzept wurde als Hilfestellung für

eine einheitliche und systematische Berücksichtigung von Dennoch-Störfällen bei der Sicherheitsbetrachtung und Gefahrenabwehrplanung von Anlagen, die der Störfall-Verordnung bzw. der Seveso-II-Richtlinie unterliegen, erstellt.

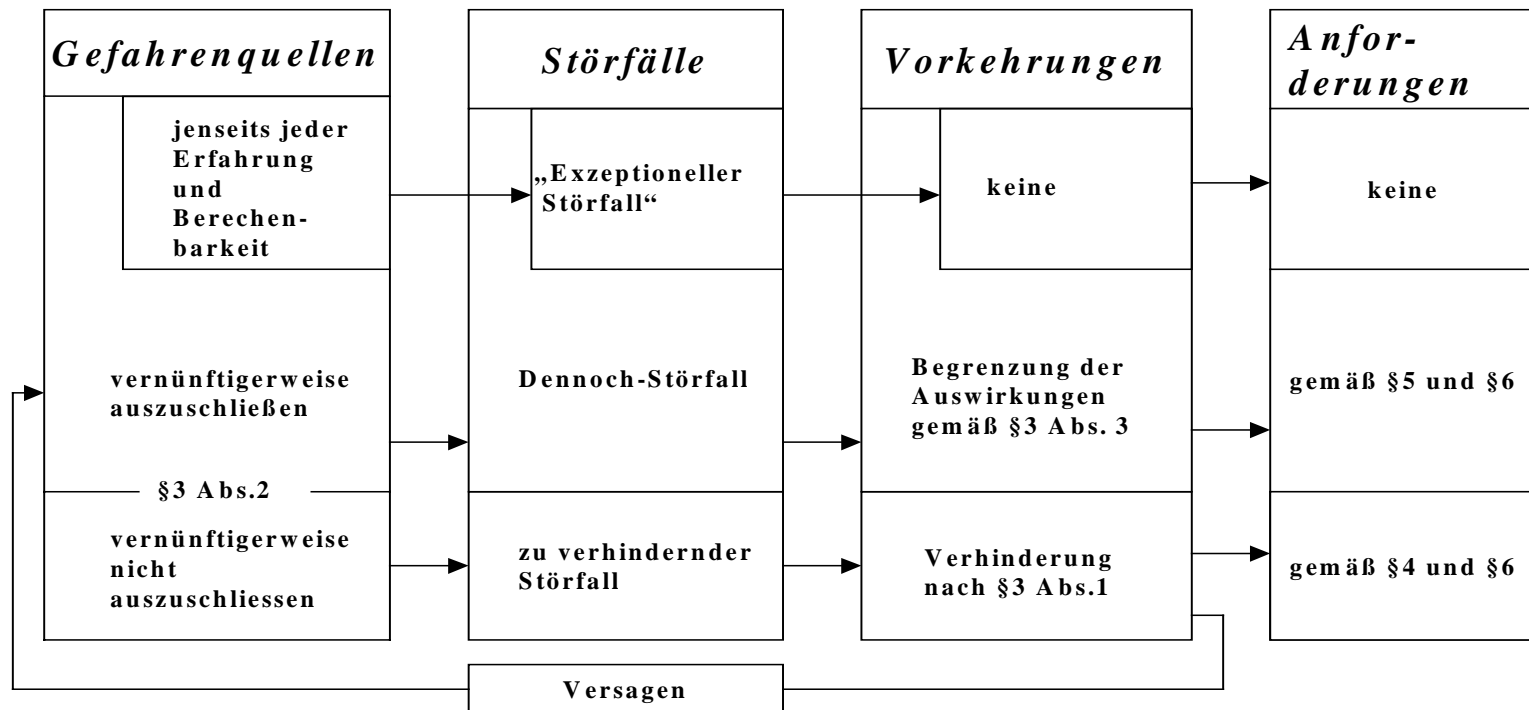
Mit dem Konzept empfiehlt der Arbeitskreis DENNOCH-STÖRFÄLLE eine Vorgehensweise, zur Identifizierung der in Sicherheitsbetrachtungen für eine Anlage zu berücksichtigenden Dennoch-Störfälle, der dazugehörigen Störfallablaufszenarien und zur Auswahl der erforderlichen Maßnahmen zur Störfallauswirkungsbegrenzung.

Das Konzept strebt zwar eine Vereinheitlichung hinsichtlich der anzuwendenden Methoden an, läßt aber grundsätzlich offen, daß bei der Anwendung im konkreten Einzelfall auch andere als hier im Abschlußbericht verwendete Rechenmethoden, Ausbreitungsmodelle, Stoffmodelle usw. benutzt werden, sofern sie sachlich zutreffen.

# Auswirkungsbegrenzung von Dennoch-Störfällen

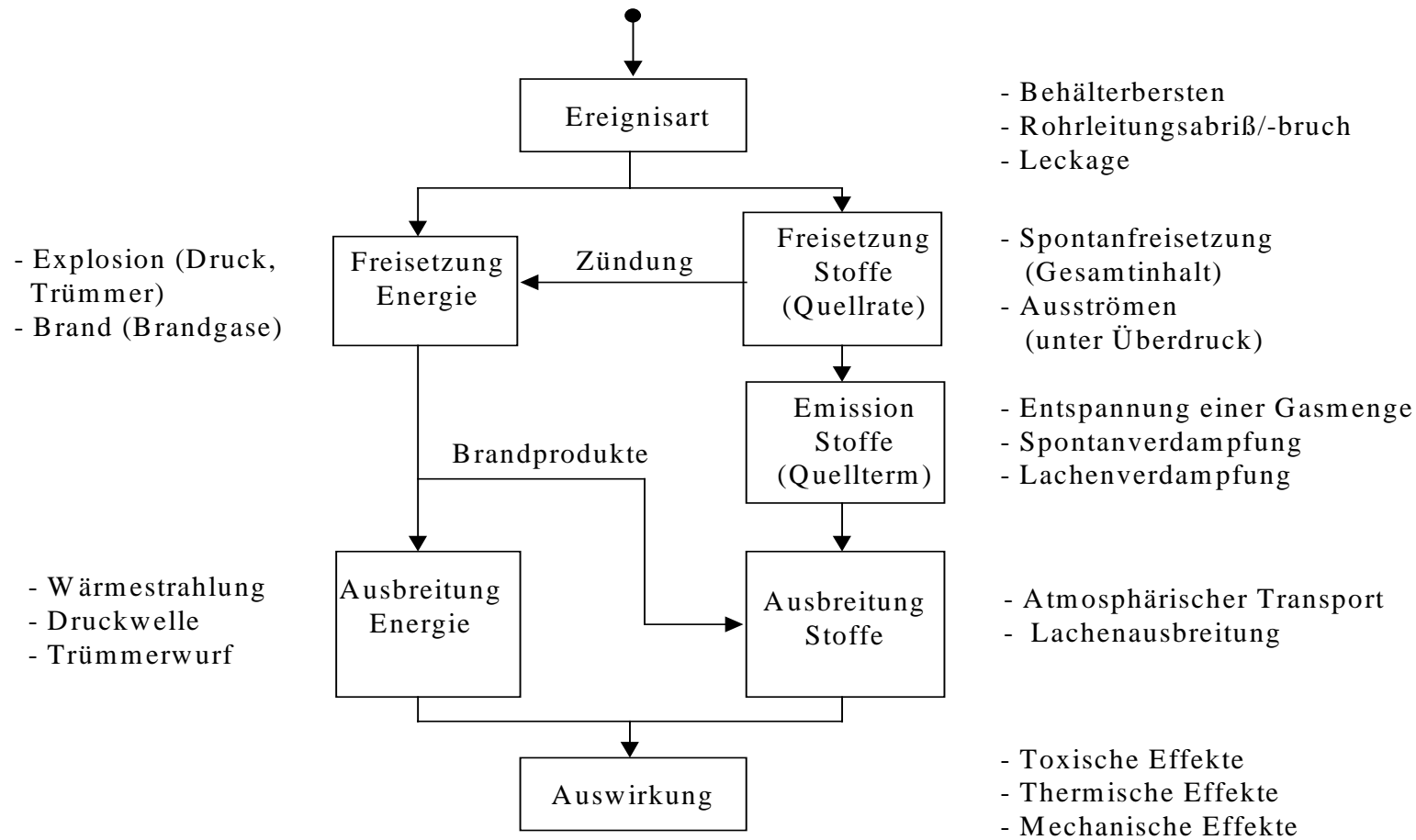
(nach Störfallverordnung)

Abbildung 1: Auswirkungsbegrenzung von Dennoch-Störfällen



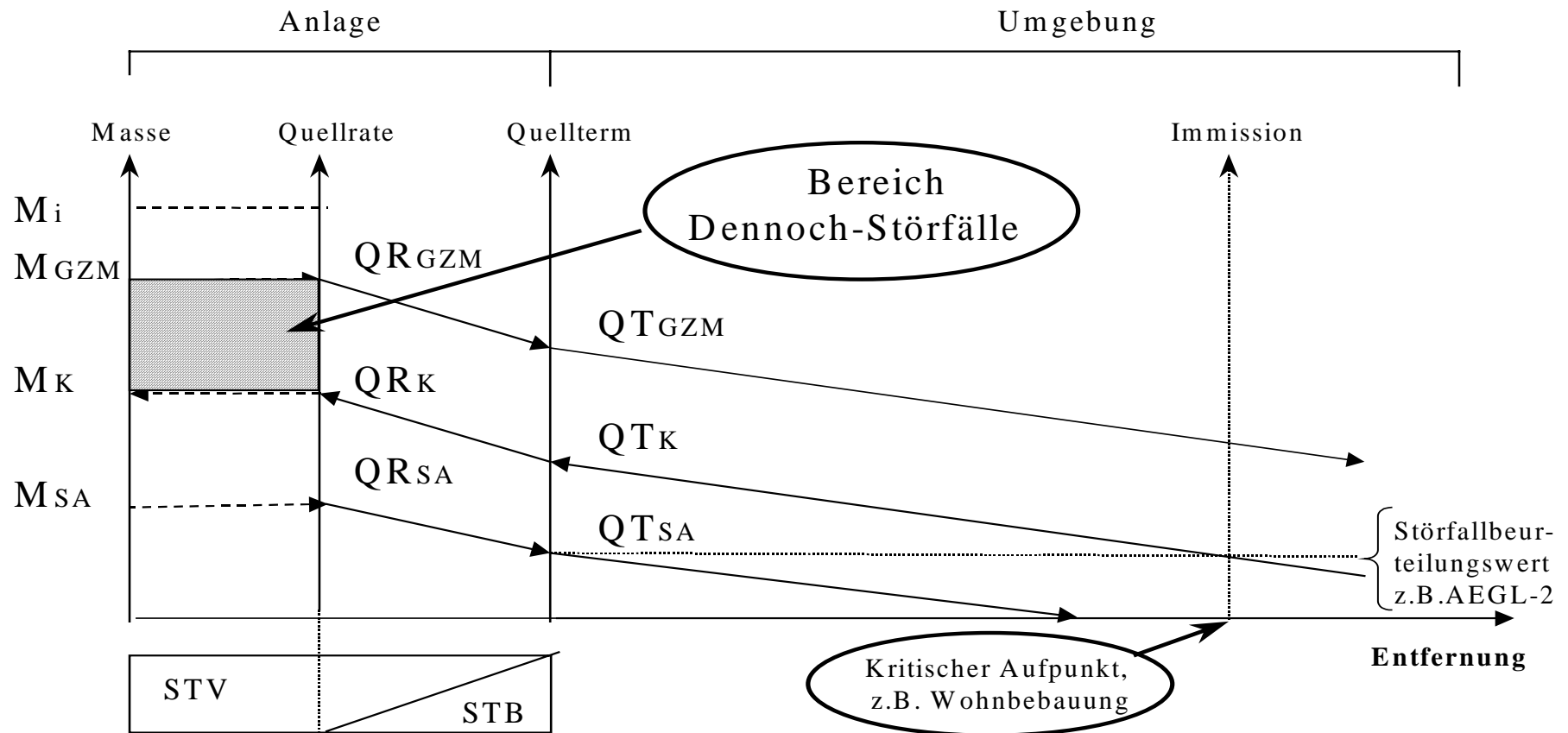
# Struktur eines Störfallablaufszenarios

Abbildung 2: Struktur eines Störfallablaufszenarios



# Schema der Störfallauswirkungen zu Planungszwecken

Abbildung 3: Schema der Störfallauswirkungen zu Planungszwecken



Legende:

STV - Bereich der Wirksamkeit störfallverhindernder Maßnahmen  
 STB - Bereich der Wirksamkeit störfallauswirkungsbegrenzender Maßnahmen

Indizes:

i - Inventar  
 GZM - größte zusammenhängende Menge  
 K - Kritisch  
 SA - Sicherheitsanalyse

## ANHANG 1

### Literatur

- [1] Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (12. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. September 1991 (BGBl. I Nr. 54 vom 28.09.1991 S. 1891)
- [2] Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (3. Störfall-VwV) vom 23. Oktober 1995 (GMBI. Nr. 38, S. 782)
- [3] FE 10409428 „Ermittlung und Berechnung von Störfallszenarien nach der 3. Störfall-Verwaltungsvorschrift, UBA 1999“
- [4] Feldhaus, Bundesimmissionsschutzrecht, 2. Aufl., Stand: März 1999, C.F. Müller Verlag, Heidelberg
- [5] Bundesverfassungsgericht, Beschluß vom 8. August 1978, 2BvL8/77 (sog. „Kalkar-Urteil“)
- [6] Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (2. Störfall-VwV) vom 27. April 1982 (GMBI. Nr. 14 vom 06.05.1982 S. 205)
- [7] VDI-ATZ AG 4.4.2, Sicherheitsanalysen in verfahrenstechnischen Produktions- und Lageranlagen, Zwischenbericht, Düsseldorf, 1994
- [8] Emergency Response Planning Guidelines (ERPG), Draft Copy, Sept. 28, 1989
- [9] Acute Exposure Guideline Levels (AEGL), Draft of Standing Operating Procedure, National Advisory Committee, April, 30<sup>th</sup> 1999
- [10] Problems Associated with the Use of Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH) Values for Estimating Hazards of Chemical Releases, AIHA, 1989
- [11] Konzept zur Festlegung von Störfallbeurteilungswerten, VCI 1991

- [12] Ballast H., Knopf, P.: Auswirkungsbetrachtungen störfallbedingter Stofffreisetzungen, Explosionen und Brände, BAYER AG, 16.07. 1998
  
- [13] Forth, Henschler, Rummel (Hrsg.): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, B.I. Verlag, Mannheim, Wien, Zürich, 1996 (Beschreibung der Haber'schen Regel)
  
- [14] Belastungswerte der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zum Bodenschutz
  
- [15] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV)
  
- [16] Empfehlung der internationalen Arbeitsgruppe "Störfallvorsorge" der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSE)
  
- [17] Abschlußbericht: "Orientierende Beurteilung von Gewässerunfällen", SFK-GS-18, 10. 06.1999
  
- [18] Veröffentlichung über das Holländische Konzept für Störfallvorsorgewerte: Consequences of exposure to toxic gases following industrial disasters, von Weyer et al., TNO
  
- [19] Forschungsvorhaben: „Entwicklung von Verfahren zur Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden“, Bundesamt für Zivilschutz
  
- [20] Sicherheitsanalyse eines Pflanzenschutzmittellagers, TÜV e.V. Bayern, UBA-Texte 39/90
  
- [21] Abschlußbericht: "Sicherheitsabstände als Schadensvorsorge", SFK-GS-06, 02.05.1994

## Beispiele von Störfallablaufszenarien nach dem Konzept des SFK-AK „Dennoch-Störfälle“

Quelle: UBA- III.1.519/08/99

Dr. Uth HR: 3457

### Beispiel 1: 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  $C_{s(Brom)} = 3.56 \text{ mg/m}^3$  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 ermöglicht 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 zur einer Überschreitung des Störfallbeurteilungswertes führen kann, beträgt bei einer Verdunstungsdauer von 1 h:  $M_k = 450$  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 ( $258 \text{ m}^3$ ,  $25 \text{ °C}$ ) fein verteilt und verdampft. Der Austritt erfolgt durch das von der Explosion aufgesprengte Eingangstor ( $5,4 \text{ m}^2$ , Luftwechselfaktor 5/h).

- 1) Bei Verdampfen von 250 kg Brom in  $258 \text{ m}^3$  ergibt sich bei  $25 \text{ °C}$  ein Sättigungspartialdruck von 0,13 bar.
- 2) Die Verdunstung von Brom aerosolen bewirkt einen Wärmeentzug. Die ermittelte Temperatur liegt bei  $-8 \text{ °C}$ . Dadurch sinkt der Sättigungspartialdruck auf 0,05 bar, im Gasraum sind lediglich 80 kg Brom enthalten.
- 3) Das kalte Brom/Luftgemisch (Dichte ca.  $1,6 \text{ kg/m}^3$ ) 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  $v = 1 \text{ m/sec}$ ),
- mittlere Wetterlage (Ausbreitungsklasse 2 indifferente Schichtung ohne Inversion, Windgeschwindigkeit  $3 \text{ m/sec}$ ),
- Zur Berücksichtigung der Umgebung des Freisetzungsortes (von Produktionsgebäuden eingeschlossene Werksstraße in Ausbreitungsrichtung) Umgebungsmodellierungen durch hohe Windparallele Schlucht ( $3,7 \text{ m}$  hoch,  $4,2 \text{ m}$  breit) nach Ergänzungsbild 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 Ab-

ständen bis ca. 4000 m bei ungünstigster Wetterlage bzw. mit ca. 1000 m bei mittlerer Wetterlage gerechnet werden.

Unter den getroffenen Annahmen könnte(n) bei der ungünstigsten Ausbreitungssituation

- der Störfallbeurteilungswert von 0,5 ppm kurzzeitig bis in Entfernungen von ca. 4000 m überschritten werden. Dabei werden in 4 km Entfernung aber nur über einen Zeitraum vom ca. 6 - 7 Minuten Konzentrationen > 90% des Beurteilungswertes erreicht.
- in 4 km Entfernung eine Inhalationsdosis-Belastung von 8,3 ppm x min auftreten. Der aus dem Störfallbeurteilungswert und der hierfür zulässigen Expositionsdauer abgeleitete Dosis-Beurteilungswert beträgt 30 ppm x min.
- Dosisbelastungen > 30 ppm x min bis in eine Entfernung von ca. 1 km auftreten.

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). Einen weiteren Beitrag liefert die unterschiedliche Ausbreitungsart: Den Nomogrammen liegt ein dichteneutrales Ausbreitungsmodell zugrunde, die spezifische Betrachtung des o.g. Störfallablauf szenariums liegt eine Schwergasausbreitung zugrunde. Dies hat insbesondere Auswirkung auf das Ausbreitungsverhalten im Nahbereich.

Ein Vergleich mit der in Abschnitt I.3 aus den VCI-Nomogrammen ermittelten Menge, die bei der ungünstigsten Ausbreitungssituation zu einer Überschreitung des Dosis-Beurteilungswertes führt (90 kg für eine Aufpunktentfernung von 1000 m), zeigt eine gute Übereinstimmung, wenn bei beiden Methoden gleiche Bewertungskriterien angewandt werden. Die Ableitung einer ernststen Gefahr bei einem kurzfristigen Erreichen (über einen Zeitraum von wenigen Minuten) eines für eine 60-minütige Einwirkdauer festgelegten Konzentrations-Beurteilungswertes ist nicht zu unterstellen.

### Freisetzung von Brom, ungünstigste Wetterlage

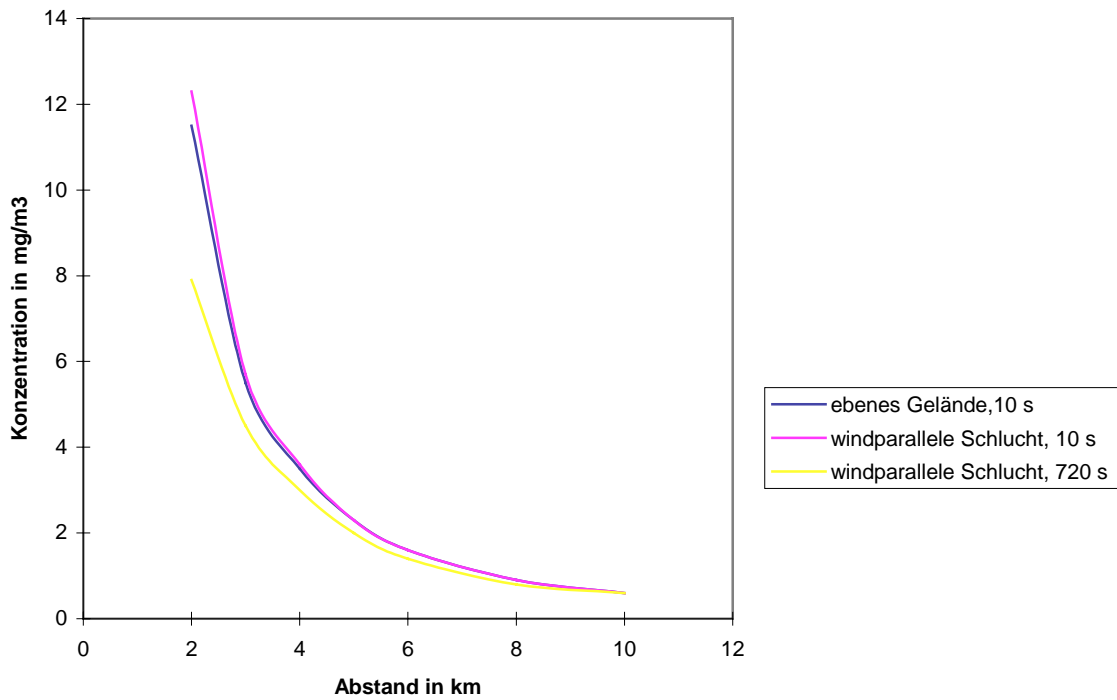


Bild 1

### Freisetzung von Brom, mittlere Wetterlage

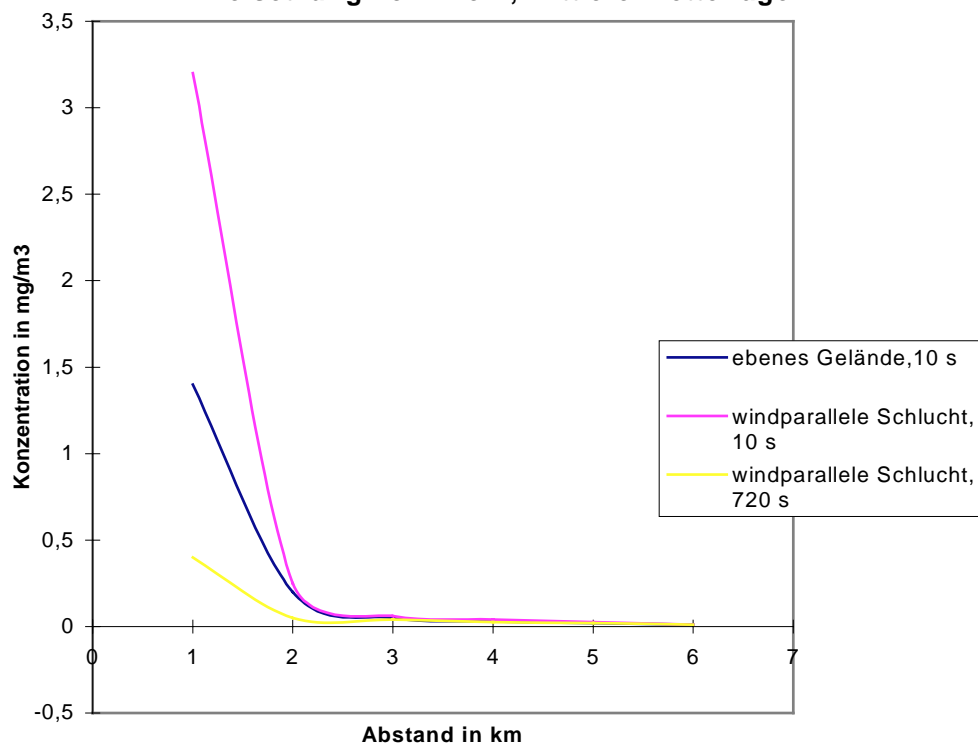


Bild 2

## Beispiel 2: Anlage zur Herstellung von Schwefelsäure

### I. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (untere Grenze)

#### I.1. Schritt: Auswahl des Störfallbeurteilungswertes

In einer Schwefelsäureproduktionsanlage in einem Standort der Großchemie werden große Mengen an Schwefeldioxid, Schwefeltrioxid und Schwefelsäure gehandhabt. Als Grenzwert wird der VCI-Störfallbeurteilungswert verwendet ( $C_s(\text{SO}_2) = 80 \text{ mg/m}^3$  oder 30 ppm).

#### I.2. Schritt: Auswahl des Immissionsaufpunktes

Die nächste Wohnbebauung beginnt in 700 m gemessen von der Anlage.

#### I.3. Schritt: Ermittlung des Quellterms

Ermittlung des Quellterms durch Rückrechnung unter Verwendung der VCI - Nomogramme für  $\text{SO}_2$ . Es wird die ungünstigste Wetterlage mit:

- Ausbreitungsklasse 1, stabile Schichtung mit Inversion in 20 m Höhe,
- Windgeschwindigkeit  $v = 1 \text{ m / sec}$ ,
- Bezugsdosis für  $\text{SO}_2$  ist 1800 [ppm x min] (VCI-Wert 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	700 m
Menge für die Ausbreitungsrechnung (Quelltermrelevante Menge)	1800 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 SO<sub>2</sub> (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 = 700 m
Verdunstungsdauer von 1 h	2200 kg
Verdunstungsdauer von 15 min	5000 kg

Die kritische Menge SO<sub>2</sub> in der Anlage, die am kritischen Aufpunkt gerade zur einer Überschreitung des Störfallbeurteilungswertes führen kann, beträgt bei einer Verdunstungsdauer von 1 h:  $M_k = 2200 \text{ kg}$ .

#### **II. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (obere Grenze)**

##### **II.1. Schritt: Ermittlung der größten zusammenhängenden Menge GZM in der Anlage**

Es wurde anhand der Sicherheitsanalyse die Leitung für flüssiges SO<sub>2</sub> mit dem Leckquerschnitt:  $A(\text{SO}_2) = 19,6 \text{ cm}^2$  für den vollständigen Abriß identifiziert.

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

1. Durch das Auslaufen auf Beton werden nur Teile der Leckagemenge verdampft.

Durch betriebliche Reaktion (Nachweis in der Sicherheitsanalyse) wird die Reaktionszeit der innerbetrieblichen Gefahrenabwehr, z. B. Einblocken des gestörten Anlage-teils, Abdeckung der ausgelaufenen Flüssigkeiten mit Planen, Wasserschleier, zu 30 Minuten abgeschätzt. Die Entsorgung (Aufnahme) der ausgetretenen Flüssigkeiten nimmt weitere 20 Minuten in Anspruch (Gesamtzeit bis zur Beendigung der Emission ist 50 Minuten).

2. Daraus ermitteln sich die folgenden Quellterme:

	<b>Schwefeldioxid-Lagerung</b> (SO <sub>2</sub> - Freisetzung)
Leckagemenge in 30 Minuten	15,2 t bei 20 °C
Emittierte (verdampfte) Menge in 50 Minuten bei Windgeschwindigkeit v = 2 m/s	6,8 t

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

Ausbreitungsrechnung nach VDI 3783 für die:

- ungünstigste Wetterlage (stabile Schichtung, Windgeschwindigkeit v = 2 m/s)<sup>5</sup>
- mittlere Wetterlage (indifferente Schichtung, Windgeschwindigkeit v = 2 m/s)

Ermittlung der Gefährdungsbereiche:

Bei den Planungen zur Gefahrenabwehr (Ermittlung der Gefährdungsbereiche) muß mit Überschreitungen des Störfallbeurteilungswertes bei dem Wert von 80 mg/m<sup>3</sup> in den Ausbreitungsdarstellungen Bild 1 gerechnet werden.

Tabelle 1: Immissions-Konzentrationen von SO<sub>2</sub> in Abhängigkeit von der Entfernung

Entfernung	SO <sub>2</sub> -Konzentration Ungünstigste Wetterlage	SO <sub>2</sub> -Konzentration Mittlere Wetterlage
250 m	5780 mg/m <sup>3</sup>	156 mg/m <sup>3</sup>
450 m	858 mg/m <sup>3</sup>	56 mg/m <sup>3</sup>
700 m	205 mg/m <sup>3</sup>	26 mg/m <sup>3</sup>

---

<sup>5</sup> Die Abweichung zur im Schritt I.3 angegebenen Windgeschwindigkeit ergibt sich aus den umgebungsspezifisch festgestellten meteorologischen Bedingungen.

### Freisetzung von Schwefeldioxid

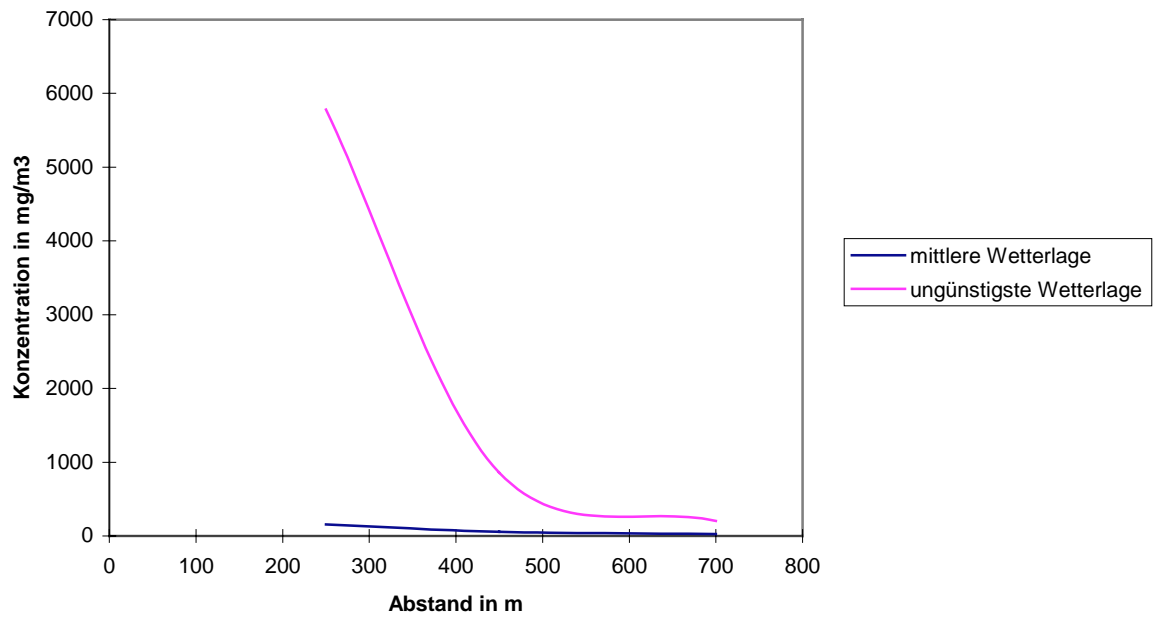


Bild 1



## Beispiel 3: Auslaufen von 32-prozentiger Salzsäure<sup>6</sup>

### I. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (untere Grenze)

#### I.1. Schritt: Auswahl des Störfallbeurteilungswertes

Eine Gefahrenanalyse in einer Chemiefabrik hat ergeben, daß die größte mögliche Gefahr entstehen würde, wenn Salzsäure ausläuft und aus der entstehenden Lache Chlorwasserstoff durch Verdunsten in die Atmosphäre gelangt. Als Referenzkonzentrationen werden die Werte für HCl ERPG-2 (60 Minuten) von 20 ppm, sowie der MAK-Wert von 5,27 ppm im Verfahren der gewichteten Dosis<sup>7</sup> verwendet.

#### I.2. Schritt: Auswahl des Immissionsaufpunktes

Die Aufpunkte in 22 m Entfernung von der Mitte der Auffangtasse (Bahnhofstraße) und in 45 m Entfernung von der Mitte der Auffangtasse (Bahnhof) werden als Immissionspunkte, an denen keine unzulässigen Konzentrationen vorhanden sein dürfen, besonders betrachtet.

#### I.3. Schritt: Ermittlung des Quellterms

Ermittlung des Quellterms durch Rückrechnung unter Verwendung der VCI - Nomogramme für HCl. 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 HCl ist 1200 [ppm x min] (ERPG-2-Wert x 60 Minuten)

---

<sup>6</sup> Das Verfahren ist universell anwendbar auch für Emissionen von Schadstoffen, die nicht formell der Störfall-Verordnung unterliegen, z.B. Salzsäure.

<sup>7</sup> Vergl. [17]

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	100 m <sup>8</sup>
Menge für die Ausbreitungsrechnung (Quelltermrelevante Menge)	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. Chlorwasserstoff entwickelt sich aus der freigesetzten Salzsäure.  $M_{k(gas)} = 150$  kg.<sup>9</sup>

## **II. Abgrenzung von Dennoch-Störfällen (obere Grenze)**

### **II.1. Schritt: Ermittlung der größten zusammenhängenden Menge GZM in der Anlage**

32-prozentige Salzsäure wird mit Eisenbahnkesselwagen mit einem Volumen von 30 m<sup>3</sup> angeliefert. Die GZM beträgt 30 m<sup>3</sup>.

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

Aus dem Eisenbahnkesselwagen laufen 30 m<sup>3</sup> 32-prozentige Salzsäure in eine Auffangtasse mit einer Fläche von 90 m<sup>2</sup>.

Die Salzsäure enthält 32 Masse-% Chlorwasserstoff und 68 Masse-% Wasser. Der Partialdruck von Wasserdampf bei 25 °C beträgt 0,05181 bar. Der Partialdruck des Chlor-

---

<sup>8</sup> 100m ist die untere Grenze des Anwendungsbereichs der VDI-Richtlinie 3783.

wasserstoffes über der Verdunstungsfläche macht ca. 83,8 % des Gesamtdruckes aus.

Es wird davon ausgegangen, daß der Verdunstungsmassenstrom aus entstandenen Lachen spätestens nach 15 min durch das Fachpersonal unterbunden wird (Störfallbegrenzung).

Die Temperaturen des Tassenbodens aus Beton, der Salzsäure und der Umgebungsluft betragen 25 °C. Es wird eine plötzliche Freisetzung angenommen, d. h., die Zeit des Auslaufens bis zur vollständigen Benetzung des Tassenbodens ist gegenüber der Zeitspanne von 15 min, nach der Verdunstungsmassenstrom unterbunden wird, vernachlässigbar. Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über der Lache:  $v = 3 \text{ m/s}^{10}$ . Der berechnete Gesamtmassenstrom beträgt über 15 min:  $m = 0,0249 \text{ kg/s}$ , dies entspricht einer freigesetzten Gesamtmasse von 22,41 kg.

Der Anteil des Dampfgemisches aus der Lachenverdunstung kann selbst direkt über der Lachenoberfläche wegen des Dampfdruckes von 0,052 bar die Sättigungskonzentration von 5,2 % nicht überschreiten. Bei der Molmasse des Gemischs von ca. 33,5 g/mol gegenüber 28,9 g/mol der Luft, kann die Bildung einer Schwergaswolke ausgeschlossen werden.

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

Es werden mittlere Ausbreitungsbedingungen zugrunde gelegt. Als mittlere Stabilitätsklasse wird die Klasse D gewählt (neutral in Richtung stabil). Das entspricht der Ausbreitungs-kategorie III/2 nach TA-Luft.

Ermittlung der Gefährdungsbereiche:

Als Belastungsfaktoren und Maximalkonzentrationen an Chlorwasserstoff in Windrichtung ergeben sich in einer Höhe von 1 m über dem Boden die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Werte:

---

<sup>10</sup> Siehe Fußnote 5

Entfernung in [m]	Belastungsfaktor nach dem Verfahren der gewichteten Dosis <sup>11</sup>	Maximal- konzentration in [ppm]	Gesundheits- schäden	Bemerkungen
10	103,221	351,4		
15	20,877	159,5		
20	6,819	92,4		
22	4,725	77,4	irreversibel	Straße
25	2,893	61,1		
30	1,438	43,9		
35	0,792	33,3		
40	0,469	26,3		
45	0,292	21,4		
50	0,189	17,8	reversibel	Bahnhof ERPG2-Wert: 20 ppm
55	0,125	15,1		
60	0,084	13,0		
65	0,058	11,3		
70	0,039	10,0		
75	0,027	8,8		
80	0,018	7,9		
85	0,011	7,1		
90	0,007	6,5		
95	0,003	5,9		
100	0,001	5,4		
105	0,000	5,0	keine	MAK-Wert: 5,27 ppm

**Belastungsfaktor**

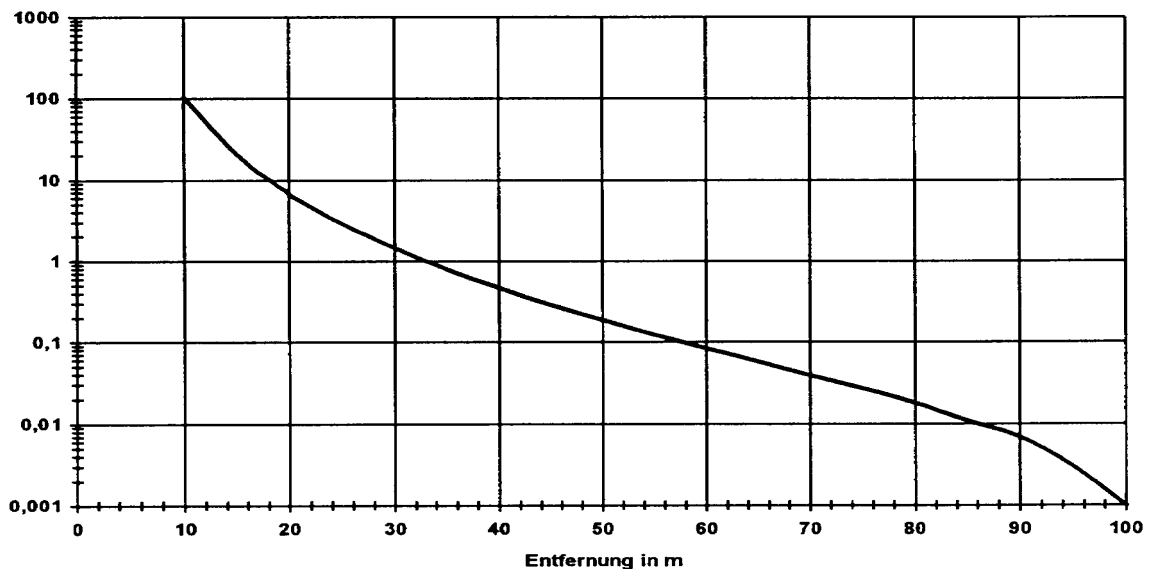


Bild 1

<sup>11</sup> vergl [17]

Wenn der Wind direkt in Richtung Bahnhofstraße wehen würde und wenn sich zur Zeit der Freisetzung Personen über die gesamte Zeitdauer erhöhter Chlorwasserstoffkonzentration (ca. 16 min) auf der Bahnhofstraße aufhalten würden, wären irreversible Gesundheitsschäden nicht ausgeschlossen, weil sich ein Belastungsfaktor  $b = 4,725$  (größer 1) ergeben würde.

Wenn sich die Personen innerhalb von 3 min aus dem relativ schmalen Achsenbereich der Gefahrstofffahne bewegen würden, könnten sie irreversible Gesundheitsschäden vermeiden. Der Belastungsfaktor wäre  $b = 0,896$ .

Als Geruchsschwelle werden für Chlorwasserstoff Konzentrationen von 0,8 bis 5,1 ppm angegeben. Wenn man einen Wert von 1,2 ppm zugrundelegt, könnte es bis zu einer Entfernung von 304 m zu einer Geruchsbelästigung kommen.

**Mitglieder des Arbeitskreises:**

Herr Dr. Balke	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Herr Dr. Darimont	Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten
Herr Dr. Knopf	Bayer AG
Frau Dipl.-Ing. Lafrenz	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Herr Dipl.-Phys. Mayer	InfraServ GmbH, Gendorf
Frau Dr. Parensen	Staatliches Umweltamt Schleswig-Holstein
Herr Dr. Roßmann	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Herr Dr. Uth	Umweltbundesamt
Herr Dr. Wiese	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Herr Dr. Wiesner (Vorsitz)	ehem.: CUBIS AG

**Geschäftsstelle SFK:**

Herr Dr. Otto	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
---------------	---

### **Sitzungstermine:**

1. Sitzung am 25. März 1998 bei der GRS in Köln
2. Sitzung am 24. Juni 1998 bei der GRS in Köln
3. Sitzung am 31. August 1998 bei der GRS in Köln
4. Sitzung am 17. November 1998 bei der GRS in Köln
5. Sitzung am 14. Januar 1999 bei der GRS in Köln
6. Sitzung am 03. Mai 1999 bei der GRS in Köln
7. Sitzung am 02. Juni 1999 bei der GRS in Köln
8. Sitzung am 21. Juli 1999 bei der GRS in Köln

---

**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

Geschäftsstelle  
Störfall-Kommission und  
Technischer Ausschuß für Anlagensicherheit

Schwertnergasse 1

**50667 Köln**

Telefon (0221) 20 68 7 15

Telefax (0221) 20 68 8 90

---