

# **TECHNISCHER AUSSCHUSS FÜR ANLAGENSICHERHEIT**

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

**TAA - GS - 06**

---

## **Leitfaden**

**Rückhaltung von gefährlichen Stoffen aus  
Druckentlastungseinrichtungen**

Stand: April 1994

Verabschiedet auf der 6. TAA-Sitzung am 12. April 1994

Der Technische Ausschuß für Anlagensicherheit (TAA) ist ein nach § 31a Bundes-Immissionsschutzgesetz beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebildeter Ausschuß.

Seine 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.

Der Technische Ausschuß für Anlagensicherheit hat auf seiner Sondersitzung am 18.03.1993 beschlossen, einen Leitfaden mit Kriterienkatalog für die sichere Rückhaltung von gefährlichen Stoffen aus Druckentlastungseinrichtungen in Abhängigkeit vom Gefährdungspotential der Stoffe zu erstellen.

Dieser Leitfaden wurde vom Arbeitskreis "Rückhaltung gefährlicher Stoffe aus Druckentlastungseinrichtungen" im Auftrage des Technischen Ausschusses für Anlagensicherheit (TAA) beim BMU erstellt.

Mitarbeiter:	Frau	Dr. Rössner	Umweltministerium Hessen
	Herren:	Braun	BG-Chemie
		Burgdorf	
		(Vors. bis 15.12.93)	Linde AG
		Eichendorf	Hoechst AG
		Prof. Dr. Friedel	TU Hamburg-Harburg
		Müller	
		(Vors. ab 16.12.93)	BASF AG
		Neufeldt	Umweltministerium Niedersachsen
		Schoft	Bayer AG
		Winkelmann	Umweltbundesamt
		Dr. Brenig	Geschäftsstelle TAA bei der GRS
Gäste:		Dr. Olschewski	Bundesumweltministerium

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Geltungsbereich</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Begriffsbestimmungen</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Gesamtkonzept/Allgemeine Grundsätze</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Vorgehen beim Einzelnachweis</b>	<b>11</b>
5.1	Bestimmung der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Stoffe	11
5.2	Bestimmung des im Ansprechfall abgeblasenen Massenstromes und der austretenden Gesamtmenge	11
5.2.1	Ermittlung des für den Auslegungsfall maximal abzuführenden Massenstromes	11
5.2.2	Dimensionierung des Entlastungsquerschnittes mit Berücksichtigung vor- und nachgeschalteter Anlagenteile (Rohrleitungen)	13
5.2.3	Bestimmung der im Ansprechfall austretenden Gesamtmenge	14
5.3	Festlegung der Randbedingungen für den Abblasevorgang aus Druckentlastungseinrichtungen	15
5.4	Bestimmung der Konzentration und Dauer der Einwirkung an charakteristischen Orten	16
5.5	Beurteilungswerte	18
<b>6</b>	<b>Gefahrlose Ableitung bzw. sichere Rückhaltung von Stoffen aus Druckentlastungseinrichtungen</b>	<b>19</b>
6.1	Rückhaltung durch geschlossene Auffangsysteme	19
6.1.1	Geschlossenes Auffangvolumen	19
6.1.2	Geschlossenes Auffangsystem mit Tauchvorlage	19
6.2	Rückhaltung durch Behandlungssysteme	20
6.2.1	Abscheider (Filter) / Auffangbehälter (Catchtank)	21
6.2.2	Wäscher und Tauchvorlagen	21

6.2.3 Fackel / Thermische Abgasreinigung (TAR)	21
6.2.4 Aktivkohle-Systeme	22
6.3 Unmittelbare Ableitung in die Umgebung	22

## **1 Einführung**

Der vorliegende Leitfaden "Rückhaltung von gefährlichen Stoffen aus Druckentlastungseinrichtungen" berücksichtigt immissionsschutzrechtliche Anforderungen im Sinne des BImSchG und steht in engem Zusammenhang mit dem Leitfaden "Erkennen und Beherrschen exothermer Reaktionen".

Ist für eine exotherme Reaktion die Druckentlastung Bestandteil des Sicherheitskonzeptes, so muß Sorge dafür getragen werden, daß die bei der Druckentlastung aus dem Reaktordrucksystem abzuführenden gefährlichen Stoffe keine Gefährdung für Menschen oder Umwelt herbeiführen.

Gefährliche Stoffe mit den ausschließlichen Eigenschaftsmerkmalen:

1. explosionsgefährlich
2. brandfördernd
3. hochentzündlich
4. leichtentzündlich
5. entzündlich

werden hier nicht mitbetrachtet, da von diesen Stoffen keine unmittelbare Einwirkung auf Menschen und Umwelt ausgeht.

Der Leitfaden faßt das einschlägige Wissen und die bewährten Praktiken der Chemieunternehmen und der anderen mit der Sicherheit von chemischen Reaktionen befaßten Einrichtungen und Institutionen zusammen.

Er zeigt auf, welche Maßnahmen zur Rückhaltung von gefährlichen Stoffen zu treffen sind und unter welchen Bedingungen eine direkte gefahrlose Ableitung dieser Stoffe in die Umwelt unbedenklich ist.

Hingewiesen wird auch auf die TRB 600 "Aufstellung von Druckbehältern", Abschnitt 3.4, in ihrer neuesten Fassung.

## **2 Geltungsbereich**

Der Leitfaden gilt für genehmigungsbedürftige Anlagen nach dem Anhang zur 4. BImSchV, in denen Druckbehälter mit Druckentlastungseinrichtungen, in denen chemische Reaktionen stattfinden, integriert sind.

### **3           Begriffsbestimmungen**

Im Sinne dieses Leitfadens ist zu verstehen unter:

Maßnahmen zur Rückhaltung:

- das Auffangen, Sammeln, Abscheiden, Speichern, Kondensieren in geschlossenen Auffangsystemen,
- das Umwandeln in ungefährliche Stoffe, z.B. durch Verbrennen in Fackeln

Gefährlichen Stoffen - Stoffe oder Stoffgemische (Zubereitungen) nach § 3a ChemG und den Anhängen II, III und IV der StörfallV, die eine oder mehrere der folgenden Eigenschaftsmerkmale aufweisen:

6. sehr giftig
7. giftig
8. gesundheitsschädlich
9. ätzend
10. reizend
11. sensibilisierend
12. krebserzeugend
13. fortpflanzungsgefährdend (reproduktionstoxisch)
14. erbgutverändernd
15. sonstige chronisch schädigende Eigenschaften
16. umweltgefährlich

Druckentlastungseinrichtung - Einrichtung, die ein Überschreiten des zulässigen Betriebsüberdruckes durch Abführung von Stoffen selbsttätig verhindert.

### **4           Gesamtkonzept/Allgemeine Grundsätze**

Druckentlastungseinrichtungen sind das letzte Glied in einer Kette von Maßnahmen, mit denen das Überschreiten des für einen Druckbehälter zulässigen Betriebsüberdruckes verhindert wird. Nach dem geltenden Regelwerk dürfen Druckentlastungseinrichtungen keine Regelaufgaben übernehmen. Das Ansprechen von Druckent-

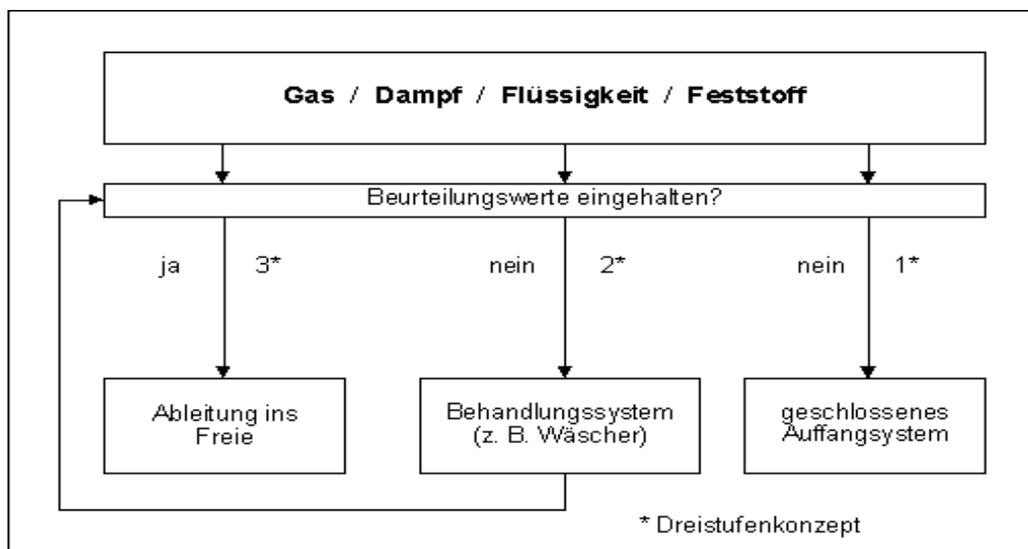
lastungseinrichtungen muß nach Möglichkeit vermieden werden und ist ein sehr seltenes Ereignis.

Ist eine Druckentlastung erforderlich, so sollte der Entscheidung darüber, wie die Forderung nach Rückhaltung gefährlicher Stoffe erfüllt werden kann, eine Einzelfallbetrachtung vorausgehen.

Im Rahmen der Einzelfallbetrachtung sind die anlagenspezifischen Freisetzungsbedingungen und die standortbezogenen Ausbreitungsbedingungen zu berücksichtigen.

Abhängig von dem Ergebnis bzw. der Bewertung der Einzelfallbetrachtung soll sich die gefahrlose Ableitung/Rückhaltung an folgendem 3-Stufen-Konzept orientieren:

1. Rückhaltung durch geschlossene Auffangsysteme
2. Rückhaltung durch Behandlungssysteme (z.B. Abscheider, Fackel)
3. Unmittelbare Ableitung in die Umgebung



zu 1) Sind betriebliche Behandlungssysteme (z.B. Abscheider, Fackel) aufgrund der begrenzten Kapazität oder ähnlicher technischer Grenzen ungeeignet, so können geschlossene Auffangsysteme eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um aufwendige speziell für die Rückhaltung von gefährlichen Stoffen aus Druckentlastungseinrichtungen konzipierte Anlagen.

- zu 2) In betrieblichen, teilweise bereits für den laufenden Betrieb der Anlage vorhandene Einrichtungen, können Stoffe, abhängig von ihren Eigenschaften, durch Lösen, Kondensieren, Verbrennen oder chemische Umsetzung behandelt werden. Hierbei muß geprüft werden, ob die von nicht zurückgehaltenen Reststoffen ausgehende Immissionsbelastung tolerierbar ist.
- zu 3) Die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Mengenschwellen sind als Orientierungshilfe bei der Entscheidung über die Notwendigkeit eines Behandlungs- bzw. Rückhaltesystems zu sehen. Die Mengenschwellen sind so gewählt, daß beim Überschreiten in der Regel ein Behandlungs- bzw. Rückhaltesystem erforderlich ist. Führt die Einzelfallbetrachtung zum Nachweis, daß das Hervorrufen einer ernsten Gefahr im Sinne der Störfallverordnung durch Unterschreiten von anerkannten Beurteilungswerten für den Boden-, Wasser- und Luftpfad (z.B. ERPG-2-Wert) ausgeschlossen ist, so kann die unmittelbare Ableitung der abgeblasenen Stoffe in die Umgebung toleriert werden.

Bei Vorgaben für die behördliche Überwachung wird empfohlen, die Vorlage der Einzelfallbetrachtung dann zu verlangen, wenn die Mengenschwellen der nachfolgenden Tabelle überschritten werden, sofern kein Behandlungs- bzw. Rückhaltesystem vorgesehen ist.

Beim Unterschreiten der in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Mengenschwellen wird empfohlen, die Vorlage einer Einzelfallbetrachtung in der Regel nicht zu fordern.

Kennzeichnung nach GefahrstoffVO	Mengenschwelle* [kg]
sehr giftig (T+)	200
giftig (T) <sup>1</sup>	2.000
gesundheitsschädlich (Xn)	2.000
ätzend (C)	750
reizend (Xi)	750
umweltgefährlich (N)	2.000
<sup>1</sup> ausgenommen kanzerogene Stoffe, werden	die wie folgt berücksichtigt
nach GefStoffV	Mengenschwelle (kg)
§ 15a (1)	0
Anhang I Nr. 1, 1.4.2.1. Kat.1	20
Anhang I Nr. 1, 1.4.2.1. Kat.2	200

\* Bezugsgröße für die Mengenschwelle ist der Inhalt des von der Druckentlastungseinrichtung abgesicherten Behälters unter Berücksichtigung der freisetzbaren Stoffart und Stoffmenge.

Für Einzelstoffe, die im Anhang II zur Störfall-Verordnung benannt sind, gilt als Mengenschwelle der zehnte Teil der in Spalte 1 dieses Anhangs bezeichneten Mengen.

## **5 Vorgehen beim Einzelnachweis**

Das Vorgehen beim Einzelnachweis lässt sich in folgende Bearbeitungsschritte gliedern:

### **5.1 Bestimmung der sicherheitstechnischen Kenngrößen der Stoffe**

Die Kenngrößen zur Charakterisierung des Gefährdungspotentials chemischer Umsetzungen beschreibt der Leitfaden "Erkennen und Beherrschen exothermer Reaktionen".

### **5.2 Bestimmung des im Ansprechfall abgeblasenen Massenstromes und der austretenden Gesamtmenge**

Grundlage für die Bestimmung der möglichen austretenden Menge bildet die Analyse des störungsbedingten Zusammenwirkens von Eigenschaften der Einzelstoffe und Gemische, der Verfahrensparameter und der Betriebsparameter von Anlageteilen.

#### **5.2.1 Ermittlung des für den Auslegungsfall maximal abzuführenden Massenstromes**

Zur Ermittlung des Auslegungsfalles wird für den Druckbehälter ein bestimmungsgemäß oder störungsbedingt abgeschlossenes Volumen unterstellt und analysiert, ob durch Zufuhr von Masse und/oder Zufuhr von Wärmeenergie ein unzulässig hoher Druck auftreten kann. Hierbei sind seitens der Stoffe die begrenzte Kompressibilität und die mit der Temperatur ansteigenden Dampfdrücke von Bedeutung.

Abhängig von den Randbedingungen des Einzelfalles können die Auslegungsfälle grundsätzlich in vier Gruppen unterteilt werden.

##### **5.2.1.1 Druckerhöhung durch Pumpe oder Verdichter**

Der Massenstrom lässt sich anhand der Förderkennlinie bestimmen.

### **5.2.1.2 Überströmen aus einem höheren Druckniveau**

Hier ist das Überströmen durch offene Energieanschlüsse, das Versagen von Reduzier- und Druckhalteventilen oder die durch unzulässige Werkstoffbeanspruchung hervorgerufene interne Leckage angesprochen. Der Massenstrom wird in diesen Fällen aus der Druckdifferenz und dem Strömungsquerschnitt gewonnen.

### **5.2.1.3 Erwärmung aus einem höheren Temperaturniveau**

In diesen Fällen wird das Behältervolumen durch einen direkten, in Form von Masse einströmenden oder einen indirekten, mittels Wärmeaustauschfläche übertragenen Wärmestrom beheizt.

Zur Ermittlung des abzuführenden Massenstromes wird also die Menge an einströmendem Heizmedium und die Energiebilanz herangezogen.

### **5.2.1.4 Druckerhöhung infolge von Stoffumsetzung**

Die Behandlung des Auslegungsfalles bei chemischen Reaktionen erfordert in der Regel eine besonders aufwendige Analyse, die sich auf umfangreiche Untersuchungen in Laborapparaturen stützt. Der Leitfaden "Erkennen und Beherrschen exothermer Reaktionen" gibt hierzu die notwendigen Hinweise und beschreibt das Vorgehen zur Festlegung des Sicherheitskonzeptes.

Ist die Druckentlastung mit sicherer Rückhaltung bzw. gefahrloser Ableitung in das Sicherheitskonzept als auswirkungsbegrenzende Maßnahme nach Versagen der vorgelagerten ereignisverhindernden Maßnahmen eingebunden, so muß der Auslegungsfall eindeutig charakterisiert sein.

Beispiel: Kühlungsausfall an einem Batch-Reaktor, in den die bestimmungsgemäßen Mengen, durch organisatorische und technische Maßnahmen abgesichert, vorgelegt sind.

Für die Auslegung der Druckentlastung sind z.B. folgende Voraussetzungen zu erfüllen bzw. Daten erforderlich:

- eindeutige Zuordnung von Temperatur und Druck (Ansprechdruck),
- ausreichend hoher Dampfdruck (Ansprechdruck größer Normaldruck),
- ausreichende Menge an verdampfenden Stoffen zum Zwecke der Siedekühlung,
- Stoffeigenschaften, wie Neigung zum Aufschäumen und höhere Viskosität, können ein zweiphasiges Ausströmen zur Folge haben,
- Wärmeproduktionsgeschwindigkeit  $dQ_R / dt$  und/oder Gasentwicklungsrate  $dM / dt$  bei der dem Ansprechdruck entsprechenden Temperatur,
- keine Beeinträchtigung der Funktion der Druckentlastungseinrichtung durch Zupolymerisieren, Verkleben oder Korrodieren.

Zur Entlastung eines Reaktors muß entsprechend der Wärmeproduktionsrate ein ausreichend großer Dampf-Massenstrom aus dem Reaktor abgeblasen werden. Zusätzlich muß entsprechend der Gasentwicklungsrate ein Gasmassenstrom abgeleitet werden. Bei der Dimensionierung des Entlastungsquerschnittes sind beide Massenströme zu berücksichtigen.

### **5.2.2 Dimensionierung des Entlastungsquerschnittes mit Berücksichtigung vor- und nachgeschalteter Anlagenteile (Rohrleitungen)**

Abhängig von den Aggregatzuständen der Stoffe innerhalb des Massenstroms bzw. den Aufteilungen in gasförmige und flüssige Anteile erfolgt die Berechnung des Entlastungsquerschnittes auf der Basis unterschiedlicher Berechnungsmethoden:

- einphasige Gas-/Dampf- oder Flüssigkeitsströmung mittels der Gesetze der Fluidodynamik,
- Abschätzung, ob zweiphasiges Ausströmen auftritt, anhand der Stoffeigenschaften (Oberflächenspannung, Viskosität) und der Phasenseparationsbedingungen (auf den Behälterquerschnitt bezogene Gasgeschwindigkeit, Füllgrad im Behälter) mittels Phasenseparationsmodell (z.B. DIERS-Diagramm),
- mehrphasiges Ausströmen mittels Massenstrom- und Druckverlustmodellen (empirische Ansätze, deren Ergebnisse durch Versuche bestätigt sind). Für besonders schwierige Einzelfälle stehen Druckentlastungsprüfstände zur Verfügung.

Im Folgenden sind einige Einflüsse vor- und nachgeschalteter Anlagenteile (Rohrleitungen), die die Abblaseleistung der Druckentlastungseinrichtung reduzieren können und folglich im Rahmen der Dimensionierung des Entlastungsquerschnittes berücksichtigt werden müssen, aufgelistet.

- Druckverlust der Zufuhrleitung,
- Druckverlust der Abblaseleitung,
- Druckverluste in Flüssigkeitsabscheidern und Rückhaltesystemen, erhöhter Gegen-  
druck an der Druckentlastungseinrichtung infolge des erforderlichen Kondensationsdruckes im Rückhaltesystem.

An dieser Stelle muß auch auf die Ermittlung der Strömungskräfte in den Rohrleitungen (besonders bei Zweiphasenströmung) hingewiesen werden.

Zur Dimensionierung von Druckentlastungseinrichtungen wird auf den "Leitfaden zur Dimensionierung der Strömungsquerschnitte von Sicherheitsventilen und Berstscheiben", der z.Z. unter Leitung von Prof. Dr. Friedel, TU Hamburg-Harburg, durch Experten aus Industrie und Wissenschaft erstellt wird, verwiesen.

### **5.2.3 Bestimmung der im Ansprechfall austretenden Gesamtmenge**

Durch die Wahl der Druckentlastungseinrichtung (Berstscheibe oder Sicherheitsventil) und durch die Festlegung des Entlastungsquerschnittes ist der Abblasevorgang hinsichtlich des Massenstromes eindeutig charakterisiert.

Auf der Basis einer Energie- und Massenbilanz kann für chemische Reaktionen oder für Druckentlastungsvorgänge, die durch ein außerhalb des Behälters befindliches, begrenztes Energie- und Massereservoir gespeist werden, der abhängig von der Zeit abströmende Massenstrom und damit die abgeblasene Gesamtmenge bzw. die Abblasedauer bestimmt werden.

Bei Druckentlastungsvorgängen, die durch einen Druckerzeuger (z.B. Pumpe) oder durch eine Energiequelle (z.B. Heißdampf-Versorgung) hervorgerufen werden, wird die Gesamtmenge entscheidend dadurch beeinflusst, wann diese Quellen durch organisatorische oder technische Maßnahmen abgeschaltet werden.

### **5.3 Festlegung der Randbedingungen für den Abblasevorgang aus Druckentlastungseinrichtungen**

Nachdem der Verlauf des Massenstromes abhängig von der Zeit und damit die abgeblasene Gesamtmenge sowie die Eigenschaften der abgeblasenen Stoffe bekannt sind, erfolgt an dieser Stelle die Festlegung der Randbedingungen für den Abblasevorgang hinsichtlich:

- Aggregatzustand der Stoffe,
- Ort, Richtung und Höhe der Austrittsöffnung,
- Impuls der Austrittsströmung (Richtung, Geschwindigkeit),
- Umgebungssituation (Nachbarschaft, Gewässer, Bebauung etc.).

Der Aggregatzustand der Stoffe ist für die Beurteilung des Abblasevorganges in zweierlei Hinsicht von Bedeutung. Für den gasförmigen Anteil des Massenstromes muß die Vermischung mit der Umgebungsluft betrachtet und die Ausbreitung berechnet werden. Für den flüssigen Anteil ist die Frage zu klären, wohin die Flüssigkeit spritzt bzw. ausregnet (ggf. auf das Dach des Gebäudes) und welche Mengenströme aus der freigesetzten Flüssigkeit verdunsten oder verdampfen. Abhängig vom Gefährdungspotential kann an dieser Stelle bereits eine Entscheidung über das Abscheiden und das Auffangen der flüssigen Phase notwendig werden.

Der Abblaseort ist für die turbulente Vermischung der abgeblasenen Gasmengen und damit für die Verdünnung in die Atmosphäre von besonderer Bedeutung. Daher ist ein Abblaseort möglichst hoch über dem Anlagengebäude zu bevorzugen.

Im Nahbereich des Abblaseortes kann die Gefährdung durch die Wahl der Abblaserichtung in ungefährdete Bereiche (z.B. innerhalb der Werksgrenzen) minimiert werden.

Der Impuls der Austrittsströmung hat nur im Nahbereich einen merklichen Einfluß auf die Verdünnung der freigesetzten Stoffe. Ein turbulenter, ungestört sich ausbildender Freistrahlführt zu einer raschen Anfangsverdünnung, so daß auch beim Abblasen von gegenüber Luft spezifisch schwereren Gasen keine Schwergaseffekte auftreten.

Abgesehen von einer Erhöhung der effektiven Freisetzungshöhe bei vertikal nach oben gerichtetem Auslaß hat die Freistrahlausbreitung keinen wesentlichen Einfluß auf die Immissionsbelastung in Entfernungen über 100 m.

Wird im Nahbereich kein turbulenter Freistrahls ausgebildet oder tritt durch Verdunsten/

Verdampfen aus einer Flüssigkeitslache ein Ansammeln von schweren Gasen auf, so muß für diesen Fall eine Schwergasausbreitung unterstellt werden. Dies gilt um so mehr, je näher sich der Abblaseort in Bodennähe befindet.

Zur Festlegung des Ortes, an dem eine mögliche Gefährdung von Personen und der Umwelt auftreten kann, muß die Umgebung des Abblaseortes betrachtet werden. Hier sind ggf. die Umgebung der Anlage innerhalb der Werks Grenzen sowie die gefährdeten Bereiche (z.B. Gebäude, Gewässer, Boden) außerhalb der Werks Grenzen gemeint.

#### **5.4 Bestimmung der Konzentration und Dauer der Einwirkung an charakteristischen Orten**

Mit Hilfe anerkannter Ausbreitungsmodelle zur Beschreibung der Freistrahlausbreitung oder der atmosphärischen Ausbreitung (siehe VDI 3783) kann für den Luftpfad der zeitliche Verlauf der Konzentration der emittierten Stoffe abhängig von der Entfernung zur Druckentlastungseinrichtung berechnet werden.

Wesentlich für die Berechnung nach VDI 3783 sind folgende Daten:

- Massenstrom in Abhängigkeit von der Zeit bzw. bei spontaner Freisetzung die Gesamtmenge,
- Abblasehöhe, Höhe des Aufpunktes und Entfernung des Aufpunktes, Umgebung (Bebauung, Topographie) charakterisiert durch "Boden-Rauhigkeitsklassen",
- Wetterlage (Turbulenzgrad der Atmosphäre) charakterisiert durch Ausbreitungs-klassen (stabile, labile und indifferente Ausbreitungssituation) mit Berücksichtigung möglicher Inversionsschichten,
- Windgeschwindigkeit.

Auf der Basis des ermittelten zeitabhängigen Massenstroms wird eine punktförmige, kontinuierliche Freisetzung (ggf. mit Ausbildung eines Freistrahles) oder bei kurzer Emissionsdauer (deutlich kleiner als der Quotient aus Aufpunktentfernung und Windgeschwindigkeit) eine punktförmige, spontane Freisetzung der Gesamtmasse simuliert.

Erfolgt die Freisetzung hoch über der Anlage und sind Orte in einer Entfernung von  $> 100$  m zu betrachten, kann in der Regel von einer dichteneutralen Gas-Freisetzung (d.h. einer Neutralgasausbreitung) ausgegangen werden. Der Anwendungsbereich dieser Ausbreitungsmodelle ist auf Entfernungen  $> 100$  m beschränkt. Bei kürzeren Entfernungen treten modellbedingt größerer Unsicherheiten bei den Immissionsprognosen auf. Im Nahbereich der Abblasestelle kann im Einzelfall eine Freistrahlausbreitung oder eine Schwergasausbreitung zugrundegelegt werden.

Für die atmosphärische Ausbreitung nach VDI 3783 wird der Turbulenzgrad der Atmosphäre, der sich abhängig von den vertikalen Temperaturgradienten bei bestimmten Wetterlagen einstellt, durch drei Ausbreitungsklassen (stabil, labil, indifferent), definiert.

In der Regel wird eine Inversionsschicht in 20 m Höhe angenommen. In einem größeren Industriekomplex kann jedoch aufgrund der vorhandenen Thermik von einer deutlich höheren Inversionsschicht (bis zu 100 m) ausgegangen werden.

Für eine Abblasehöhe von  $> 20$  m wird angenommen, daß die Emission an einer Sperrschicht in der Höhe der Abblasestelle reflektiert wird.

Mit Berücksichtigung von Rauigkeitsklassen zur Modellierung der "Unebenheiten" der Umgebung, wie Bebauung oder Bewuchs, wird für die drei Ausbreitungsklassen bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s und Annahme einer Inversionsschicht die Immissionsbelastung am Aufpunkt berechnet. Das ungünstigste Ergebnis (größte Immissionsbelastung) dieser drei Rechnungen charakterisiert somit die nur sehr selten gleichzeitig mit dem Abblasen einer Druckentlastungseinrichtung auftretende, ungünstigste Ausbreitungssituation und wird für die Bewertung der Gefährdung herangezogen.

In begründbaren Ausnahmefällen wird eine mittlere Ausbreitungssituation mit indifferenter Wetterlage ohne Sperrschicht und 3 m/s Windgeschwindigkeit unterstellt und somit die Immissionsbelastung für häufig auftretende Ausbreitungsbedingungen ermittelt.

Wird im Abblasefall ein nennenswerter Flüssigkeitsanteil ausgetragen, so muß die in Form von Tropfen in die Atmosphäre verteilte, ggf. dort verdunstende oder verdampfende oder ausregnende Flüssigkeit für die Bestimmung der Immissionsbelastung berücksichtigt werden. Hierzu sind Annahmen über Tropfengröße, Tropfenverteilung sowie Verdunstungsrate oder Verdampfungsrate zu treffen.

Für die Bestimmung des Konzentrationsverlaufs in Oberflächengewässern können Fließzeitmodelle herangezogen werden (z.B. Rheinmodell).

## **5.5 Beurteilungswerte**

Zur Beantwortung der Frage, welche freigesetzte Stoffmenge am Aufpunkt für Personen und Umwelt eine gefahrdrohende Menge darstellt, sind stoffspezifische Beurteilungswerte erforderlich.

Da es sich beim Abblasen von Druckentlastungseinrichtungen im allgemeinen um kurzzeitige (wenige Minuten) Ereignisse handelt, müssen diese Beurteilungswerte in erster Linie auf die akute, kurzzeitige Gefährdung Bezug nehmen. Neben der Konzentration ist hierbei die Einwirkungsdauer von erheblicher Bedeutung.

Zur Zeit liegen noch keine einheitlichen und allgemein anerkannten Beurteilungswerte vor. Bezogen auf die Humantoxizität sollten aufgrund der Beratungsergebnisse der Störfall-Kommission, soweit vorhanden, die ERPG-2-Werte bei der Beurteilung der Ableitung gefährlicher Stoffe verwendet werden.

Sofern zur Beurteilung der Gefahren durch Langzeitwirkung infolge Kurzzeitexposition keine anerkannten Beurteilungswerte vorliegen, muß im Einzelfall die Bewertung in Abstimmung mit Experten erfolgen.

Für den Wasserpfad kann eine erste Einschätzung über eine mögliche Umweltgefährdung durch die Klassifizierungsmethode für Unfälle mit Gewässerschäden der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins gewonnen werden.

## **6 Gefahrlose Ableitung bzw. sichere Rückhaltung von Stoffen aus Druckentlastungseinrichtungen**

Um immissionsschutzrechtlichen Anforderungen und dem Stand der Sicherheitstechnik nach gefahrloser Ableitung gerecht zu werden, kann von folgendem Dreistufenkonzept ausgegangen werden:

- Rückhaltung durch geschlossene Auffangsysteme
- Rückhaltung durch Behandlungssysteme (z.B. Abscheider, Fackel)
- Unmittelbare Ableitung in die Umgebung

### **6.1 Rückhaltung durch geschlossene Auffangsysteme**

#### **6.1.1 Geschlossenes Auffangvolumen**

Einsetzbar für Flüssigkeiten, Feststoffe und Gase/Dämpfe

Randbedingungen - was muß beachtet werden:

- auffangbare Masse besonders bei Gasen/Dämpfen begrenzt (bzw. es werden große Volumina erforderlich)
- der sich einstellende Druck beeinflusst die Druckentlastungseinrichtung.

#### **6.1.2 Geschlossenes Auffangsystem mit Tauchvorlage**

(Rohrverteiler oder Strahlkondensatoren); einsetzbar für:

- kondensierbare Dämpfe,
- in der Flüssigkeit der Tauchvorlage als Gas gut lösliche Stoffe,
- in der Flüssigkeit der Tauchvorlage chemisch zu neutralisierende oder umzusetzende Stoffe (z.B.  $\text{Cl}_2$  in NaOH),
- ggf. auch für den geringeren, flüssigen Anteil einer zweiphasigen Strömung geeignet, wenn die Druckdifferenz für die Verteilung tolerierbar ist,

- ggf. sichere Entsorgung der nicht kondensierbaren/löslichen Anteile in einer nachgeschalteten Fackel/TAR (besonders bei größeren Inertgasmengen notwendig).

Randbedingungen - was muß beachtet werden:

- der Kondensationsgrad ("Wirkungsgrad") steigt mit der Qualität der Dampfverteilung, der Absenkung der Temperatur des vorgelegten Kühlmittels und der Verringerung der Inertgasmenge,
- der Druck zur Kondensation der Stoffe sollte ausreichend niedrig sein (beeinflusst die Druckfestigkeit der Apparate und den Gegendruck hinter der Druckentlastungseinrichtung),
- Druckverluste durch Verteilersystem, Zuleitung und Tauchungshöhe haben eine Rückwirkung auf die Druckentlastungseinrichtung,
- Maßnahmen der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik zur Gewährleistung der Auslegungsbedingungen: z.B. Füllstandüberwachung mit Alarm, Temperaturüberwachung mit Alarm,
- ggf. Beheizung bei Freianlage (Frostschutz) oder Kühlung der vorgelegten Flüssigkeit.

## **6.2 Rückhaltung durch Behandlungssysteme**

In betrieblichen, teilweise bereits für den laufenden Betrieb der Anlage vorhandenen Einrichtungen können Stoffe, abhängig von ihren Eigenschaften, durch Lösen, Kondensieren, Verbrennen oder chemisch Umsetzen "entsorgt" werden. Für die Eignung und die Wahl eines der alternativen Verfahren müssen u.a. folgende, allgemein gültige Kriterien berücksichtigt werden:

- Kapazität bezüglich des abgeblasenen Massenstromes und der abgeblasenen Gesamtmenge überprüfen,
- Rückwirkung auf die Druckentlastungseinrichtung durch Druckverluste in den Rohrleitungen und den Apparaten beachten,
- Unabsperrbarkeit des Weges kontrollieren,
- korrosive Beanspruchung der Werkstoffe prüfen.

Die Zweckdienlichkeit der alternativen Systeme bezüglich der Rückhaltung von Stoffen und deren Anwendungsgrenzen bzw. Kriterien werden nachstehend beschrieben.

### **6.2.1       Abscheider (Filter) / Auffangbehälter (Catchtank)**

Einsetzbar für:

- Flüssigkeiten
- zweiphasige (oder dreiphasige) Massenströme mit Abscheiden (bzw. Filtern) sowie Auffangen der Flüssigkeit (bzw. des Feststoffes) ggf. Gase/Dämpfe in nachgeschalteten betrieblichen Einrichtungen, wie Wäscher, Fackel/TAR oder A-Kohle-Turm, oder in geschlossenen Auffangsystemen mit Tauchvorlage zurückhalten.

### **6.2.2       Wäscher und Tauchvorlagen**

Einsetzbar für alle Arten von Gasen und Dämpfen, unabhängig ob brennbar, giftig, sehr giftig oder kanzerogen, die:

- löslich oder
- neutralisierbar oder
- durch die kalte Waschlösung kondensierbar oder
- chemisch absorbierbar sind.

Randbedingungen - was muß beachtet werden:

- Wie ändert sich das Abwasser der Wäscher; ist anschließend eine gesonderte Entsorgung notwendig?
- Ist die Waschflüssigkeit für die zurückzuhaltenden Stoffe geeignet?
- Kann es im Wäscher zu unerwünschten Reaktionen mit der Waschflüssigkeit kommen (Verträglichkeit der Stoffe)?

### **6.2.3       Fackel / Thermische Abgasreinigung (TAR)**

Einsetzbar für:

- brennbare Gase/Dämpfe
- giftige, sehr giftige, kanzerogene Stoffe soweit diese thermisch zersetzbar/brennbar und die entstehenden Brandgase ungefährlich sind.

Randbedingungen - was muß beachtet werden:

- Ist die Fackel/TAR für die kurzzeitige möglicherweise hohe Belastung ausgelegt, d.h. wird sie nicht ggf. ausgeblasen, bzw. wird nicht ggf. aufgrund der zu hohen Belastung über Dach geschaltet (Bypass)?
- Ändert sich durch Einleitung des brennbaren Stoffes die Explosionszoneneinteilung für die Abgase, die in der Fackel/TAR verbrannt werden sollen, d.h. sind Konsequenzen bzgl. Rückzündung etc. möglich? Sind andere Rückwirkungen auf die angeschlossenen Anlageteile auszuschließen?
- Da die Zuleitungen meistens lang sind, ist der Druckverlust hinter der Druckentlastungseinrichtung besonders zu prüfen.

#### **6.2.4 Aktivkohle-Systeme**

Einsetzbar für alle Arten von Gasen/Dämpfen, die adsorbtiv an A-Kohle gebunden werden können.

Randbedingungen - was muß beachtet werden:

- Gefahrenpotential bezüglich möglicher Oxidations-/Zersetzungsreaktionen abschätzen (Stichwort: A-Kohle-Brand),
- entsorgbarer Massenstrom bzw. Gesamtmasse ist sehr begrenzt.

#### **6.3 Unmittelbare Ableitung in die Umgebung**

Anhand des vorhandenen betrieblichen Sicherheitskonzeptes, der anlagenspezifischen Freisetzungsbedingungen und der standortbezogenen Ausbreitungsbedingungen

läßt sich die Gefährdung, die beim Abblasen einer Druckentlastungseinrichtung

außerhalb des Betriebes auftreten kann, als Ergebnis der Einzelfallbetrachtung bewerten.

Bei Unterschreitung anerkannter Beurteilungswerte im Rahmen der Einzelfallbetrachtung ist eine unmittelbare Ableitung der abgeblasenen Stoffe in die Umgebung tolerierbar.