

Störfall-Kommission

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

SFK - GS - 04

Abschlußbericht

Sicherheitsabstände als Schadensvorsorge

Stand: 02. Mai 1994

Verabschiedet auf der 11. SFK-Sitzung am 25.04.1994

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.

Mitglieder im Arbeitskreis:

Dipl.-Ing. Becker	Sozialministerium Niedersachsen
Dipl.-Ing. Burgbacher	Technischer Überwachungs-Verein Südwest e.V.
Dr.-Ing. Knies	BASF AG
Dipl.-Ing. Ludwig	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Dipl.-Ing. Mündel	Linde AG
Prof. Dr.-Ing. Pütz	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW
Prof. Dr. Schönbacher	Universität Duisburg
Dr.-Ing. Wiesner (Vorsitzender)	CUBIS AG

Gäste im Arbeitskreis:

Dr.-Ing. Balke	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Dipl.-Ing. Deuster	Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW
Dr.-Ing. Göck	Technischer Überwachungs-Verein Südwest e.V.
Dr.-Ing. Hochstein	BASF AG
Dr. Leiber	Bundesinstitut für chemisch-technische Untersuchungen beim Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung
Dipl.-Ing. Lorenz	Hessisches Ministerium für Umwelt und Bundesangelegenheiten
Dipl.-Ing. Nitsche	Umweltbundesamt
Dr. Oberhagemann	Verein Deutscher Ingenieure - Technolo- giezentrum Physikalische Technologien
Dr. Olschewski	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Dr. Pettelkau	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Hauptmann Schlesiger	Materialamt des Heeres
Dr.-Ing. Siegmund	Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz
Dipl.-Ing. Wietfeldt	Technischer Überwachungs-Verein Nord e.V.
Prof. Dr.-Ing. Ziegler	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Der Arbeitskreis trat an folgenden Tagen zusammen:

1. Sitzung am 28.10.1992 in Essen
2. Sitzung am 02.02.1993 in Köln
3. Sitzung am 03.05.1993 in Köln
4. Sitzung am 19.08.1993 in Köln
5. Sitzung am 05.11.1993 in Köln
6. Sitzung am 18.01.1994 in Köln
7. Sitzung am 02.03.1994 in Köln

Sicherheitsabstände als Schadensvorsorge

- Empfehlungen für Kriterien zur Festlegung von Sicherheitsabständen -

1 Aufgabe und Vorgehensweise

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK ist von der STÖRFALLKOMMISSION auf deren 4. Sitzung am 16.09.1992 eingesetzt und damit beauftragt worden, Grundsätze und Kriterien für die Bemessung von Sicherheitsabständen zu erarbeiten, welche zwischen Anlagen, die der Störfallverordnung unterliegen, und Schutzobjekten in deren Umgebung außerhalb der Werksgrenze vorhanden sein müssen.

Dabei ist der Beschluß des Bundesrates vom 05.07.1991 (Bundesratsdrucksache 213/91) Abschnitt B EntschlieÙung unter Nr. 3 zu beachten, in dem die Bundesregierung gebeten wird, baldmöglichst zu regeln,

- in welchen Fällen Anlagenbetreiber bei der Errichtung neuer oder wesentlichen Änderungen bestehender Anlagen Sicherheitsabstände zu besonders schutzwürdigen Objekten in deren Umgebung (Wohngebäude, öffentliche Verkehrswege usw.) einhalten müssen,
- welche Kriterien zur Bemessung der Sicherheitsabstände anzuwenden sind und
- ob und nach welchen Gesichtspunkten derartige Anforderungen auch an Altanlagen zu stellen sind.

Entsprechend dem Gleichheitsprinzip ist die Schadensvorsorge durch Sicherheitsabstände zu Schutzobjekten unabhängig davon, ob es sich um Neuanlagen, Neuanlagen an bestehenden Standorten (Altstandorte) oder bestehende Anlagen (Altanlagen) handelt. In allen Fällen sind daher die gleichen Grundsätze und Kriterien zur Bemessung der Sicherheitsabstände maßgeblich. Dementsprechend gelten die nachfolgenden Grundsätze und Kriterien für Neuanlagen, Altstandorte und Altanlagen in gleicher Weise.

Nach allen Erfahrungen muß aber damit gerechnet werden, daß bei den meisten Altanlagen und Altstandorten die vorhandenen Abstände zwischen der Anlage und Schutzobjekten in der Umgebung kleiner als die Sicherheitsabstände sind, die sich unter Anwendung der nachfolgenden Grundsätze und Bemessungskriterien voraus-

sichtlich ergeben werden. Das kann seine Ursache darin haben, daß das Störfallrisiko der Anlage im Hinblick auf das Schutzobjekt zum Zeitpunkt ihrer Genehmigung niedriger eingeschätzt wurde als heute, oder daß Schutzobjekte erst nach der Genehmigungserteilung - und das ohne Möglichkeit einer Einflußnahme des Anlagenbetreibers - in der Nähe der Anlage errichtet wurden.

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK sieht aber auch in diesen Fällen bei Anwendung der nachfolgenden Kriterien die Möglichkeit, eine vergleichbare Schadensvorsorge zu erreichen, wenn

- bei Altanlagen die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Störfalls durch zusätzliche technische und organisatorische Maßnahmen wesentlich verringert wird und
- an Altstandorten ein weiterentwickelter oder in einer bestimmten Frist weiter zu entwickelnder Stand der Sicherheitstechnik verwirklicht wird, als er den ermittelten Sicherheitsabständen zugrunde liegt.

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK hält diese Alternativen für Altanlagen und Altstandorte für angemessen im Sinne einer Gleichheit der Anforderungen an die Schadensvorsorge.

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK ist weiter der Auffassung, daß die von ihm erarbeiteten Kriterien sowohl bei der Planung und Errichtung von Einzelanlagen als auch bei Planungsmaßnahmen zur Flächennutzung anwendbar sind. Bei Einzelanlagen ist der Sicherheitsabstand von dem Anlagenteil auszumessen, der für die Auswirkungen des Störfalls bestimmend ist. Im Falle der Flächennutzungsplanung ist der Sicherheitsabstand vom Rand der Fläche auszumessen, die für die Errichtung von Anlagen, die der Störfallverordnung unterliegen, vorgesehen ist.

2 Grundsätze

Sicherheitsabstand ist der Abstand zwischen einer Anlage und einem Schutzobjekt außerhalb der Anlage, das vor den Auswirkungen der Anlage bei Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb geschützt werden soll.

Der Sicherheitsabstand soll die Auswirkungen von Störfällen "so gering wie möglich" halten und geht als Maßnahme im Sinne des § 3 Abs. 3 Störfall-Verordnung über die Vorkehrungen im Sinne des § 3 Abs. 1 hinaus.

Die nachfolgend dargestellten Kriterien, mit deren Hilfe die Sicherheitsabstände abgeleitet werden, beruhen auf charakteristischen Störfallszenarien. Bei der abschließenden Festlegung der Sicherheitsabstände ist der allgemeine rechtsstaatliche Grundsatz der Verhältnismäßigkeit von Mittel und Zweck zu beachten, somit kann eine absolute Sicherheit nicht erreicht werden.

Sicherheitsabstände sind eine wirksame Vorsorgemaßnahme zur Begrenzung der Auswirkungen eines Störfalls in genehmigungsbedürftigen Anlagen, in denen Stoffe nach den Anhängen II, III oder IV zur Störfall-Verordnung im bestimmungsgemäßen Betrieb vorhanden sein oder bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs entstehen können, und in denen die Sicherheitsvorkehrungen dem Stand der Sicherheitstechnik nach § 2 Abs. 3 Störfall-Verordnung sowohl im Hinblick auf die Verhinderung von Störfällen als auch auf die Begrenzung ihrer Auswirkungen voll entsprechen. Durch einen Sicherheitsabstand werden schädliche Auswirkungen eines Störfalls auf die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft der Anlage weiter verringert.

Sicherheitsabstände ersetzen weder Maßnahmen nach dem Stand der Sicherheitstechnik zur Verhinderung von Störfällen nach § 3 Abs. 1 Störfall-Verordnung noch andere Vorsorgemaßnahmen nach § 3 Abs. 3 Störfall-Verordnung, um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten.

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK ist einhellig der Meinung, daß alle Anlagen, die in den Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung fallen, grundsätzlich einen Sicherheitsabstand zu Schutzobjekten in ihrer Umgebung aufweisen müssen.

3 Kriterien zur Bemessung des Sicherheitsabstandes

Nach Sichtung der zugänglichen einschlägigen Literatur, von Berichten über abgelaufene Störfälle und der einschlägigen in- und ausländischen Vorschriften und Regelwerke, in denen Sicherheits- bzw. Schutzabstände als Maßnahme der Gefahrenabwehr bzw. der Schadensvorsorge verwendet werden, und nach intensiven Diskussionen der Verknüpfungen von Gefahren, Schutzmaßnahmen und Schadenskategorien ist der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK zu dem Schluß gekommen, daß die Bemessung von Sicherheitsabständen sich nach den störfallspezifischen Auswirkungen richten soll.

Als Kriterien für die Bemessung des Sicherheitsabstandes sind daher

- die Art der Auswirkung,
- das Ausmaß und die Dauer der Auswirkung unter Berücksichtigung von Art und Wirksamkeit der störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen,
- die Schutzziele für die jeweiligen Schutzobjekte und
- die Art der Schutzobjekte

heranzuziehen.

Als Schutzziele für die jeweiligen Schutzobjekte kommen unter Beachtung des § 2 Abs. 2 Störfall-Verordnung insbesondere die im Anhang 1 aufgeführten Ziele in Frage.

Als Schutzobjekte kommen unter Beachtung des § 2 Abs. 2 Störfall-Verordnung insbesondere die im Anhang 2 aufgeführten Objekte in Frage.

Wegen der Verschiedenartigkeit der zu berücksichtigenden Schadenskategorien

- Brand,
- Explosion,
- Freisetzung und Entstehen toxischer Stoffe,
- Freisetzung und Entstehen brennbarer und brandfördernder Stoffe,
- Freisetzung inerter Gase infolge eines Störfalls,
- Überdruckversagen (ohne Explosion)

und der verschiedenartigen Empfindlichkeit der Schutzobjekte (Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre, Kulturgüter, sonstige Sachgüter) gegen die Störfallauswirkungen sind in der Regel für die Bemessung des Sicherheitsabstandes mehrere insbesondere physikalische, chemische und biologische/toxische Größen einzubeziehen und dann eine abstandsbestimmende Größe als Maßstab anzuwenden.

Die wesentlichen Kriterien für die Bemessung des Sicherheitsabstandes sind im Anhang 3 aufgeführt.

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK empfiehlt daher:

Als Kriterien für die Bemessung von Sicherheitsabständen sollen Art, Ausmaß und Dauer einer möglichen Störfallauswirkung, Art und Wirksamkeit der störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen sowie die Art der Schutzziele und -objekte angewendet werden. Bei der Anwendung der Kriterien sind charakteristische Störfallszenarien mit ihren Auswirkungen zu betrachten. Dabei sind die Erkenntnisse aus aufgetretenen Störfällen und aus Störfallszenarien, die bei Versagen von Vorkehrungen nach dem Stand der Sicherheitstechnik nicht ausgeschlossen werden können, zu berücksichtigen.

Als Maßstab zur Bestimmung des Sicherheitsabstandes kommen insbesondere die im Anhang 4 aufgeführten physikalischen, chemischen und biologischen/toxischen Größen in Frage.

Eine Liste von möglichen und häufig zum Einsatz kommenden technischen bzw. organisatorischen, personellen und sonstigen Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen ist als Anhang 5 und Anhang 6 beigefügt. Diese störfallauswirkungsbegrenzenden Maßnahmen können bei der Bemessung von Sicherheitsabständen, soweit für den betreffenden Fall zutreffend, Berücksichtigung finden. Dies kann im konkreten Einzelfall bedeuten, daß von der Festlegung eines Sicherheitsabstandes abgesehen werden kann.

4 Verbindlichkeit der Festlegung von Sicherheitsabständen

Der Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK ist der Meinung, daß das Erfordernis von Sicherheitsabständen zu Schutzobjekten als weitere Vorsorgemaßnahme zur Begrenzung der Auswirkung von Störfällen in Gesetz oder Verordnung expressis verbis dargestellt werden sollte. Zumindest eine Verwaltungsvorschrift zur 12. BImSchV sollte erläuternde Hinweise zur Notwendigkeit von Sicherheitsabständen enthalten.

Die vom Arbeitskreis SICHERHEITSABSTÄNDE der SFK erarbeiteten Kriterien zur Bemessung von Sicherheitsabständen sollten als Grundlage einer sicherheitstechnischen Regel nach § 31a BImSchG dienen.

Schutzziele für die jeweiligen Schutzobjekte

1. Schutz vor der Bedrohung des Lebens von Menschen, Schutz vor schwerwiegenden Gesundheitsbeeinträchtigungen von Menschen oder Schutz vor Gesundheitsbeeinträchtigungen einer großen Zahl von Menschen innerhalb und außerhalb von Gebäuden und auf Verkehrswegen durch die Einwirkung von

- Brand,
- Explosion,
- freigesetzten oder entstehenden toxischen Stoffen oder Zubereitungen, nach den Anhängen II, III und IV Störfall-Verordnung,
- freigesetzten oder entstehenden leicht entzündlichen, entzündlichen und brennbaren sowie brandfördernden Stoffen oder Stoffgemischen,
- infolge eines Störfalls freigesetzten inerten (erstickend wirkenden) Gasen,
- Überdruckversagen (ohne Explosion).

2. Schutz vor Schädigung der Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen (zum Beispiel Biotop, Natur- und Landschaftsschutzgebiete) durch die Einwirkung von

- freigesetzten oder entstehenden toxischen Stoffen oder Zubereitungen, nach den Anhängen II, III und IV Störfall-Verordnung,
- Brand,

falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird.

3. Schutz vor Schädigung des Bodens und der Gewässer (zum Beispiel besondere landwirtschaftliche Flächen, Wasserschutzgebiete) durch die Einwirkung von

- freigesetzten oder entstehenden boden- und wassergefährdenden Stoffen oder Zubereitungen nach den Anhängen II, III und IV Störfall-Verordnung,

falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird.

4. Schutz vor Schäden an Kultur- oder sonstigen Sachgütern (zum Beispiel Gebäuden) durch die Einwirkung von

- Brand,
- Explosion,
- freigesetzten oder entstehenden toxischen Stoffen oder Zubereitungen, nach den Anhängen II, III und IV Störfall-Verordnung,
- freigesetzten oder entstehenden leicht entzündlichen, entzündlichen und brennbaren sowie brandfördernden Stoffen oder Stoffgemischen,
- Überdruckversagen (ohne Explosion),

falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird.

Schutzobjekte

1. Gebäude mit Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen, wie
 - Wohngebäude,
 - Krankenhäuser,
 - Schulen,
 - Kindergärten.

 2. Besonders schutzwürdige Kultur- und Sachgüter, falls durch Veränderung ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird, zum Beispiel Kulturdenkmäler.

 3. Versammlungsstätten im Freien, wie
 - Sportstätten,
 - Freibäder,
 - Versammlungsplätze.

 4. Öffentliche Verkehrsflächen, wie
 - Straßen,
 - Schienenwege,
 - Wasserstraßen.

 5. Die Umwelt, insbesondere
 - Tiere und Pflanzen,
 - Boden und Gewässer oder
 - besonders schutzwürdige Gebiete, wie Wasserschutzgebiete, zu schützende landwirtschaftliche Flächen, bestimmte Biotope, Natur- und Landschaftsschutzgebiete,
- falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird.

Anhang 3: Kriterien für die Bemessung des Sicherheitsabstandes (gestraffte Darstellung)

Schadens-kategorie	Art der Auswir-kung	Maßstab ²⁾	Schutzziele	Schutzobjekte	Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen	Maßnahmen zur Begrenzung von Freiset-zungen bei Störfällen	Maßnahmen zur Begren-zung von Auswirkungen von Störfällen
Brand bzw. Freisetzung und Entstehen brennbarer und brandfördernder Stoffe	thermische Strahlung	kritische Bestrahlungsstärke und kritische Bestrahlungsdauer für Menschen und Sachgüter	<ol style="list-style-type: none"> Schutz vor der Bedrohung des Lebens von Menschen, Schutz vor schwerwiegenden Gesundheitsbeeinträchtigungen von Menschen oder Schutz vor Gesundheitsbeeinträchtigungen einer großen Zahl von Menschen Schutz vor Schädigung der Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen³⁾ Schutz vor Schädigung des Bodens und der Gewässer³⁾ Schutz vor Schäden an Kultur- oder sonstigen Sachgütern³⁾ 	<ol style="list-style-type: none"> Gebäude mit Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen wie <ul style="list-style-type: none"> Wohngebäude Krankenhäuser Schulen Kindergärten Besonders schutzwürdige Kultur- und Sachgüter³⁾ Versammlungsstätten im Freien Öffentliche Verkehrsflächen Die Umwelt, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> Tiere und Pflanzen Boden und Gewässer³⁾ 	<ol style="list-style-type: none"> Technische Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Unterbringung sicherheitstechnisch bedeutsamer Anlagen in besonders gesicherten Bereichen bzw. Schutzräume für Personal etc. Verhindern des Wirksamwerdens von Zündquellen Ausreichende ortsfeste/bewegliche Löscheinrichtungen (Wasser/Schaum) Baulicher Brandschutz Brandschutzisolierung Wasserberieselung Schutzmauer/-wall Dichter Einschluß brennbarer/toxischer Stoffe (Techn. Dichth.) Einsatz von Gasetektoren, die einen Austritt von brennbaren/toxischen Gasen sofort melden Auffangräume für brennbare/toxische Stoffe Explosionsunterdrückung Entlastungsöffnungen Verhindern/Einschränken der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre Wasser- und Dampfvorhänge Schutzwände nach VDI 3783 Bl. 2 (Schwere Gase) Bauliche Abtrennung Auswahl sicherer Verfahrensbedingungen/Apparateaufstellung Reduzierung der Anzahl mögl. Störstellen (Ventile, ...) Richtige Dimensionierung und Materialauswahl sicherheitsrelevanter Teile Redundanzen Verriegelungen Automatische Überwachung sicherheitsrelev. Daten, die bei Abweichungen die Anlage in den sicheren Zustand überführt. Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Beschränkung der Mengen brennb./toxischer Stoffe etc. auf das geringste Maß 	<ol style="list-style-type: none"> Technische Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Einhausen von Anlagen, -teilen oder Aggregaten Nac-System (Notabschott- und -entspannung) Entsorgung von Leckagen durch Absaugung oder Auffangen und anschließender Verbrennung, Wäsche, Filter, Blow-Down- Behälter etc. Conti- statt Batch-Anlagen (geringer Stoff hold up) "Just in time"-Produktion (der reaktive Stoff wird nur in der Menge hergestellt, die wieder gebraucht wird) Kleine Einheiten (mit geringen Stoffmengen) erhöhen zwar die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Störung, verringern aber die Austrittsmenge und -rate Doppelwandige Systeme mit Überwachung der Zwischenräume Automat. Einrichtungen, wie Schnellschlüsse, Abschott- und Einblocksysteme, Kühlsysteme, Löscheinrichtungen, Inertisierung, Phlegmatisierung, Brandfrüherkennung, Flammensiebe und Explosionssperren Räumliche Trennung der Stoffe in der Anlage Überdimensionierung von Sicherheitseinrichtungen und sonstigen Bemessungen (z. B. Wanddicken) Totmannschaltungen Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Verzicht auf gefährliche Einsatzstoffe oder Technologien Verzicht auf Produkte, die mit gefährlichen Stoffen hergestellt werden oder die selbst gefährlich sind Kontrolle bei der Einrichtung bzgl. Werkstoff, Montage, Prüfung und deren Dokumentation (Qualitätssicherung) Überwachung und Alarmierung der sicherheitsbedeutsamen Betriebsparameter und deren Dokumentation hierzu 	<ol style="list-style-type: none"> Technische Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Gefahrlose Ableitung von Brandgasen Anlegen von Flucht-, Rettungs- und Angriffswegen Explosionsdruck/-stoßfeste Auslegung Sicherheitsabstände Schutzeinrichtungen wie Notbelüftungen mit Filtern oder Wäschern Fluchttunnel Technische Einrichtungen zur Alarmierung (Sirene, Rundsprechanlage) Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen <ul style="list-style-type: none"> Betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrpläne Regeln für den Einsatz betrieblicher Kräfte im Brandfall/Freisetzungsfall Persönliche Schutzausrüstung für Personal (Atemschutzmaske etc.) Unterweisungen (Information und Übung) Alarmierung mit Verhaltensanweisungen
	toxische Brandgase	kritische Explosionshöhe und Dauer für Menschen und andere Lebewesen					
	kritische Kontamination von Umwelt und Sachgütern						
Explosion bzw. Freisetzung und Entstehen brennbarer und brandfördernder Stoffe	Druckwelle	kritischer Spitzenüberdruck für Menschen					
		kritischer Druckstoß für Bauwerke					
	thermische Strahlung	kritische Bestrahlungsstärke und Dauer für Menschen und Sachgüter					
	Trümmerflug	Impuls/Energiegehalt des Trümmerstücks					
	Erschütterung	Amplitude					
Überdruckversagen	Trümmerflug	Impuls/Energiegehalt des Trümmerstücks					
Freisetzung und Entstehen toxischer Stoffe	toxische Wirkung	kritische Expositionshöhe und Dauer für Menschen und andere Lebewesen					
	Kontamination der Umwelt	kritische Kontamination von Umwelt und Sachgütern					
Freisetzung inerte Gase	gesundheitsschädigende Wirkung	Mindest-O2-Gehalt					

Schadens- kategorie	Art der Auswir- kung	Maßstab ²⁾	Schutzziele	Schutzobjekte	Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen	Maßnahmen zur Begrenzung von Freiset- zungen bei Störfällen	Maßnahmen zur Begren- zung von Auswirkungen von Störfällen
					<ul style="list-style-type: none"> - Sachgemäße Lagerung - Ersatz eines brennbaren Stoffes durch einen nicht brennbaren oder schwer entflammaren Stoff - Ersatz toxischer Stoffe - Einsatz/Lagerung nur der geringsten betriebsmäßig notwendigen Menge - Regelmäßiger Austausch von sicherheitstechnisch relevanten Verschleißteilen - Regelmäßige Wartung und Kontrolle - Ständige Überwachung durch fachkundiges Personal - Personalschulung 	<ul style="list-style-type: none"> - Wartung, Kontrolle der Wartung und Dokumentation beider Punkte - Organisation und deren Dokumentation - Delegation von Aufgaben und Verantwortung und Dokumentation hierzu - Ablaufdiagramme für Arbeits- und Informationsabläufe - Personalschulung - Übungen - Simulation - Sicherheitsbesprechungen zwischen Betreibern, Planern und Sachverständigen (z. B. nach Störungen) 	

1) Details siehe Bericht Arbeitskreis Sicherheitsabstände der SFK

2) neben weiteren physikalischen, chemischen und biologischen/toxischen Kenngrößen

3) falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt wird

Physikalische, chemische und biologische/toxische Größen als Maßstab zur Bestimmung des Sicherheitsabstandes

- Art und Menge der Stoffe oder Zubereitungen *),

*) Bei Stoffgemischen, insbesondere bei hybriden Gemischen, sind Abweichungen gegenüber den Kenngrößen reiner Stoffe zu beachten.

- Freisetzungsraten der Stoffe oder Zubereitungen,
- Siedetemperatur,
- Dampfdruck,
- Dichte,
- Temperatur,
- Verdampfungswärme,
- Löslichkeit,
- Korngröße (bei brennbaren Stäuben),
- obere und untere Explosionsgrenze in Mischung mit Luft,
- oberer und unterer Explosionspunkt (bei brennbaren Flüssigkeiten),
- Flammpunkt (bei brennbaren Flüssigkeiten),
- Brennbarkeit,
- Explosions- bzw. Detonationsparameter,
- maximale flächenbezogene Wärmestrahlung bei einem Brand,
- Explosions- bzw. Detonationsgeschwindigkeit,
- thermische Stabilität,
- Reaktivität,
- Giftigkeit (Mensch, Tier, Pflanze),
- Wassergefährdungsklasse,
- Persistenz,
- Reizwirkung,
- Langzeitwirkungen,
- synergistische Wirkungen mit anderen Stoffen oder Zubereitungen,
- Warnsymptome;

ferner äußere, die Ausbreitung von gasförmigen, staubförmigen und flüssigen Stoffen

oder Zubereitungen sowie von Druckwellen, Wärmestrahlungsauswirkungen und die Flugbahn von Trümmerstücken bestimmende Umstände, wie

- Bodengestaltung der Umgebung,
- Bebauung in der Umgebung,
- sonstige Hindernisse (Berge, Hügel, Schluchten),
- Freisetzungsort,
- Freisetzungsart,
- Wetterverhältnisse,
- Verdunstungsgrad.

**Liste der technischen, organisatorischen, personellen und
sonstigen Vorkehrungen zur Verhinderung von
Störfällen und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen**

1 Verhinderung von Störfällen

1.1 Technische Vorkehrungen

- 1.1.1 Unterbringung sicherheitstechnisch bedeutsamer Anlagen in besonders gesicherten Bereichen bzw. Schutzräume für Personal etc. (z.B. gasdichte Meßwarte)
- 1.1.2 Verhindern des Wirksamwerdens von Zündquellen
- 1.1.3 Ausreichende ortsfeste/bewegliche Löscheinrichtungen (Wasser/Schaum)
- 1.1.4 Baulicher Brandschutz
- 1.1.5 Brandschutzisolierung
- 1.1.6 Wasserberieselung
- 1.1.7 Schutzmauer/-wall
- 1.1.8 Dichter Einschluß brennbarer/toxischer Stoffe (technische Dichtheit)
- 1.1.9 Einsatz von Gasdetektoren, die einen Austritt von brennbaren/toxischen Gasen sofort melden
- 1.1.10 Auffangräume für brennbare/toxische Stoffe
- 1.1.11 Explosionsunterdrückung
- 1.1.12 Entlastungsöffnungen
- 1.1.13 Verhindern/Einschränkung der Bildung gefährlicher explosiver Atmosphäre
- 1.1.14 Wasser- und Dampfvorhänge
- 1.1.15 Schutzwände nach VDI 3783 Blatt 2 (Schwere Gase)
- 1.1.16 Bauliche Abtrennung
- 1.1.17 Auswahl sicherer Verfahrensbedingungen/Apparataufstellung (Art der Freisetzung der gefährlichen Stoffe, z.B. Aggregatzustand, mit oder ohne Impuls, Austrittshöhe)
- 1.1.18 Reduzierung der Anzahl möglicher Störstellen, z.B. Ventile, Regelungseinrichtungen, Flansche
- 1.1.19 Richtige Dimensionierung und Materialauswahl sicherheitsrelevanter Teile
- 1.1.20 Redundanzen

- 1.1.21 Verriegelungen
- 1.1.22 Automatische Überwachung sicherheitsrelevanter Daten, die bei Abweichungen die Anlage in den sicheren Zustand überführt

1.2 Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen

- 1.2.1 Beschränkung der Mengen brennbarer/toxischer Stoffe etc. auf das geringste Maß
- 1.2.2 Sachgemäße Lagerung
- 1.2.3 Ersatz eines brennbaren Stoffes durch einen nicht brennbaren oder schwer entflammbaren Stoff
- 1.2.4 Ersatz toxischer Stoffe
- 1.2.5 Einsatz/Lagerung nur der geringsten betriebsmäßig notwendigen Menge
- 1.2.6 Regelmäßiger Austausch von sicherheitsrelevanten Verschleißteilen
- 1.2.7 Regelmäßige Wartung und Kontrolle
- 1.2.8 Ständige Überwachung durch fachkundiges Personal
- 1.2.9 Personalschulung

2 Begrenzung ihrer Auswirkungen

2.1 Technische Vorkehrungen

- 2.1.1 Gefahrlose Ableitung von Brandgasen
- 2.1.2 Anlegen von Flucht-, Rettungs- und Angriffswegen
- 2.1.3 Explosionsdruck/-stoßfeste Auslegung
- 2.1.4 Sicherheitsabstände
- 2.1.5 Schutzeinrichtungen wie Notbelüftungen mit Filtern oder Wäschern
- 2.1.6 Fluchttunnel
- 2.1.7 Technische Einrichtungen zur Alarmierung (Sirene, Rundsprechanlage)

2.2 Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen

- 2.2.1 Betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrpläne
- 2.2.2 Regeln für den Einsatz betrieblicher Kräfte im Brandfall/Freisetzungsfall
- 2.2.3 Persönliche Schutzausrüstung für Personal (Atemschutzmaske etc.)
- 2.2.4 Unterweisung (Information und Übung)
- 2.2.5 Alarmierung mit Verhaltensanweisungen

Liste der Maßnahmen ("Gütefaktoren") zur Begrenzung von Freisetzungen

1. Technische Vorkehrungen

- 1.1 Einhausen von Anlagen, Anlagenteilen oder Aggregaten
- 1.2 Naes-System (Notabschott- und -entspannsysteme)
- 1.3 Entsorgung von Leckagemengen durch Absaugen oder Auffangen und anschließende Verbrennung, Wäsche, Filter, Blow-down-Behälter etc.
- 1.4 Conti-Anlagen (Stoffhold up ist in der Regel geringer) statt Batch-Anlagen
- 1.5 "Just in time"-Produktion (der reaktive Stoff wird nur in der Menge hergestellt, die gleich wieder zur Reaktion verbraucht wird)
- 1.6 Kleine Einheiten (mit geringen Stoffmengen) erhöhen zwar die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Störung, verringern aber die Austrittsmenge und -rate
- 1.7 Doppelwandige Systeme mit Überwachung der Zwischenräume
- 1.8 Automatische Einrichtungen, wie Schnellschlußeinrichtungen, Abschott- und Einblocksysteme, Kühlsysteme, Löscheinrichtungen, Inertisierung, Phlegmatisierung, Brandfrüherkennung, Flammensiebe und Explosions-sperren
- 1.9 Räumliche Trennung von Stoffen in der Anlage
- 1.10 Überdimensionierung von Sicherheitseinrichtungen und sonstigen Bemessungen (z.B. Wanddicken)
- 1.11 Totmannschaltungen

2. Organisatorische, personelle und sonstige Vorkehrungen

- 2.1 Verzicht auf gefährliche Einsatzstoffe oder Technologien
- 2.2 Verzicht auf Produkte, die mit gefährlichen Stoffen hergestellt werden oder die selbst gefährlich sind
- 2.3 Kontrolle bei der Errichtung bezüglich Werkstoff, Montage, Prüfung und deren Dokumentation (Qualitätssicherung)

- 2.4 Überwachung und Alarmierung der sicherheitstechnisch bedeutsamen Betriebsparameter und die Dokumentation hierzu
- 2.5 Wartung, Kontrolle der Wartung und Dokumentation beider Punkte
- 2.6 Organisation und deren Dokumentation
- 2.7 Delegation von Aufgaben und Verantwortungen und Dokumentation hierzu
- 2.8 Ablaufdiagramme für Arbeits- und Informationsabläufe
- 2.9 Personalschulung
- 2.10 Übungen
- 2.11 Simulationen
- 2.12 Sicherheitsbesprechungen zwischen Betreibern, Planern und Sachverständigen (z.B. nach Störungen)

LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ Broschüre "Sicherheitstechnische Anforderungen an Flüssiggasanlagen"
Niedersächsisches Sozialministerium
- /2/ Entschließung des Bundesrates zur Novellierung der StörfallV im Jahre 1991
(BR-Drucks. 213/81 (Beschluß), vom 05.07.1992)
- /3/ Rund um risikoreiche Industriestandorte, Leitfaden, Oktober 1990,
Staatssekretariat für Umwelt beim Premierminister, Paris
- /4/ Vorschriftensammlung der Berufsgenossenschaften (VGB) 61
- /5/ Technische Regeln Druckbehälter (TRB) 610
- /6/ Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites, NFPA 50B/Vol 2, 1989
- /7/ Sicherheitsabstände nach französischen Richtlinien für verflüssigte Gase,
Linde AG
- /8/ Amtliche Anweisung für Brandschutzprojektierung von Betrieben, Gebäuden
und Anlagen der erdölverarbeitenden und petrochemischen Industrie,
UDSSR, WPP-88
- /9/ Basic Spacing for Onsite and Offsite Equipment, amerik. Betreiber-Vorschrift
- /10/ Tables of minimum recommended Spacing Requirements, amerik.
Betreiber-Vorschrift
- /11/ Risk criteria for Land-Use Planning in the vicinity of Major Industrial Hazards,
Health + Safety Executive
- /12/ Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV) 1989
- /13/ Technische Regeln Druckbehälter (TRB) 801 Nr. 25

- /14/ Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF)
- /15/ Runderlaß des MURL, NRW (Abstandserlaß) 1990
- /16/ Gemeinsamer Runderlaß des MURL und MAGS, NRW, 1990
Sicherheitstechnische Anforderungen an Flüssiggasanlagen
- /17/ Preliminary Report on Land-Use Planning Controls for Major Hazard Installations in the European Community, Health + Safety Executive, Sept. 1992
- /18/ Zusammenstellung der Maßnahmen zur Reduzierung von Sicherheitsabständen, RW TÜV, Dez. 1992
- /19/ Definitive White Paper on Liquid Petroleum Gas,
Niederländisches Umweltministerium
- /20/ Entwurf, Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Abwehr der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Okt. 1992
- /21/ Niederschrift über den Erfahrungsaustausch für anerkannte Sachverständige der Anlagenüberwachung (ESA), Okt. 1992, BG Chemie
- /22/ Unfallverhütungsvorschrift (UVV), Organische Peroxide, beschlußreifer Entwurf Jan. 1992, BG Chemie
- /23/ Unfallverhütungsvorschrift (UVV) 55a, Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff - Allgemeine Vorschriften, BG Chemie
- /24/ Explosionsschutzrichtlinien
- /25/ Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS) 511, Ammoniumnitrat
- /26/ Explosionen von Flüssigkeits-Tanks, Empirische Ergebnisse - Typische Unfälle,
Carl-Otto Leiber, Journal of Occupational Accidents, 3 (1980)
- /27/ Sicherheits-Tests, Auslösewahrscheinlichkeiten und Unfälle,

- eine Gegenüberstellung, Carl-Otto Leiber, Bundesinstitut für chemisch-technische Untersuchungen, April 1993
- /28/ Sicherheitsabstände - eine Maßnahme zur Störfallvorsorge, Peter Wietfeldt, TÜ Bd. 33 (1992) Nr. 6
- /29/ Site Specific Technical Guidance for Hazards Analysis: Emergency Planning for Extremely Hazardous Substances, The Environmental Protection Agency, Draft July 1987
- /30/ Blasenresonanzexplosion - Die Entwicklung einer Idee -, Carl-Otto Leiber, Bundesinstitut für chemisch-technische Untersuchungen, Safety Science, 16 (1993) 549-564
- /31/ Physikalische Explosionen - Phänomenologie von Risiken, welche in Deutschland sicherheitstechnisch nicht bearbeitet werden -, Carl-Otto Leiber, Bundesinstitut für chemisch-technische Untersuchungen, 27. April 1993
- /32/ Large Scale Explosion of Ethylene Oxide in the Kutri-Hüls Chemical Plant, Heinz Wagner et al
- /33/ Das experimentell validierte Ballen-Strahlungsmodell OSRAMO, Axel Schönbacher et al, TÜ Bd 33 (1992) Nr. 4 und Nr. 6
- /34/ Bericht über Chemieunfälle in der ehemaligen DDR, TH Zittau, Abschlußbericht Störfalluntersuchungen (Seiten 10 bis 25)
- /35/ Fachausschußentwurf der UVV "Gase", Fassung April 1993; Seiten 1 und 2 (Begründung), Seiten 1 bis 6 (Inhaltsverzeichnis, § 1, § 2) und Seite 11 (§ 12)
- /36/ Fachausschußentwurf der Durchführungsanweisungen zur UVV "Gase", Fassung Juli 1993; Seiten 13 bis 16 (Durchführungsanweisungen zur UVV "Gase", § 12)
- /37/ Gedanken zur Schiffsexplosion von Port Chicago, CA, USA vom 17. Juli 1944; Carl-Otto Leiber, Bundesinstitut für chemisch-technische Untersuchungen, 17. August 1988.