

> Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitrathaltige Dünger

Vollzugshilfe für Inhaber und zuständige Behörden



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitratehaltige Dünger

Vollzugshilfe für Inhaber und zuständige Behörden

Rechtlicher Stellenwert

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u. Ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Daniel Bonomi, BAFU (Projektleitung)
Dr. Martin Merkofer, BAFU
Bruno Holzer, weyer und partner
Christian Schütz, weyer und partner

Begleitgruppe

Dr. François Berdat, beco Bern
Dr. Raymond Dumont, AVS Aargau
Yolande Frésard, SEVEN Vaud
Georg-Jürg Hofer, Gebäudeversicherung Bern (bis 31.12.09)
Christoph Lienert, Gebäudeversicherung Bern (ab 01.01.10)
Manfred Hutter, Service de protection des travailleurs et des relations du travail Valais (bis 30.09.2009)
Dr. Eberhard Irle, Lonza AG Visp
Christoph Iseli, Arbeitsinspektorat Fribourg
Marcel Schwab, fenaco Bern
Rolf Weber, Service de l'environnement Fribourg

Zitierung

Bonomi D. et al. 2011: Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitrat-haltige Dünger. Vollzugshilfe für Inhaber und zuständige Behörden. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1106: 34 S.

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelbild

Ammoniumnitrat-Düngerlager, Foto: Landor

PDF-Download

www.umwelt-schweiz.ch/vu-1106-d
(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2011

> Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
Einleitung	8
<hr/>	
1	Abklärungen zum Geltungsbereich 11
1.1	Einleitung 11
1.2	Physikalisch-chemische Eigenschaften 11
1.3	Angaben auf den Sicherheitsdatenblättern 13
1.4	Mengenschwellen für AN-Dünger 14
<hr/>	
2	Sicherheitsmassnahmen 16
2.1	Einführung 16
2.2	Brandschutz 16
2.3	Lagerungs- und Zusammenlagerungsbedingungen 18
2.4	Löschwasser-Rückhalt 19
2.5	Weitere Sicherheitsmassnahmen nach StFV 20
<hr/>	
3	Kurzbericht 21
3.1	Allgemeines 21
3.2	Erfahrungen aus bisherigen Störfällen mit AN oder AN-Düngern 21
3.3	Störfallszenarien 23
3.3.1	Szenario Detonation 23
3.3.2	Szenario Brand 24
<hr/>	
4	Hinweise für die Risikoermittlung 26
<hr/>	
Anhang	27
Verzeichnisse	32
Glossar	33
Literatur	34

> Abstracts

This implementation aid is addressed to owners of storage facilities for fertilisers which contain ammonium nitrate (AN), and to the authorities responsible for the enforcement of the Major Accidents Ordinance (MAO). It explains how owners can assess whether their facility falls within the scope of the MAO and which accident scenarios must be studied when drawing up the summary report. It also provides information on state-of-the-art safety technology for AN fertiliser storage facilities.

Keywords:
prevention of major accidents
ammonium nitrate,
fertiliser,
threshold quantity,
state-of-the-art safety technology

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich an die Inhaber von Düngerlagern mit Ammoniumnitrat (AN) sowie an die für die Störfallverordnung (StFV) zuständigen Vollzugsbehörden. Die Vollzugshilfe erläutert, wie die Inhaber abzuklären haben, ob ihr Betrieb in den Geltungsbereich der StFV fällt und welche Störfallszenarien zur Erstellung eines allfälligen Kurzberichtes untersucht werden müssen. Weiter sind in der Vollzugshilfe Hinweise zum Stand der Sicherheitstechnik für AN-Düngerlager festgehalten.

Stichwörter:
Störfallvorsorge,
Ammoniumnitrat,
Dünger,
Mengenschwelle,
Stand der Sicherheitstechnik

La présente aide à l'exécution est destinée aux détenteurs d'entrepôts d'engrais contenant du nitrate d'ammonium (NA) ainsi qu'aux autorités responsables de l'exécution de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM). Elle explique comment les détenteurs doivent déterminer si leur entreprise entre dans le champ d'application de l'OPAM et quels scénarios d'accidents majeurs ils doivent analyser dans l'optique d'un éventuel rapport succinct. Par ailleurs, cette aide à l'exécution comporte des informations relatives à l'état de la technique de sécurité appliquée aux entrepôts d'engrais NA.

Mots-clés:
prévention des accidents
majeurs,
nitrate d'ammonium,
engrais,
seuil quantitatif,
état de la technique de sécurité

Il presente aiuto all'esecuzione è destinato ai proprietari di depositi per i fertilizzanti contenenti nitrato di ammonio e alle autorità cui compete l'esecuzione dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR). Inoltre spiega come i proprietari debbano accertare se la loro azienda rientra nel campo d'applicazione dell'OPIR e quali scenari di incidenti rilevanti devono essere analizzati per la stesura di un eventuale rapporto breve. L'aiuto all'esecuzione contiene inoltre delle indicazioni sullo stato della tecnica di sicurezza dei depositi per i fertilizzanti contenenti nitrato di ammonio.

Parole chiave:
prevenzione contro gli incidenti
rilevanti,
nitrato di ammonio,
fertilizzante,
quantitativo soglia,
stato della tecnica di sicurezza

> Vorwort

Die Störfallverordnung bezweckt den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor schweren Schädigungen durch Störfälle, die beim Betrieb von Anlagen entstehen können. Eine grosse Herausforderung bei der Störfallvorsorge liegt darin, im Voraus abzuschätzen, was alles geschehen kann und mit welchen geeigneten Massnahmen dem zu begegnen ist. Bei der Vielfalt der beteiligten Personen liegt es dabei auf der Hand, dass sich bei diesen Abschätzungen recht unterschiedliche Resultate ergeben können. Diese Vorstellungen gilt es immer wieder abzugleichen, insbesondere nach Störfällen (oder «Beinahe-Störfällen»). Die Federführung dafür übernimmt jeweils das BAFU als Aufsichtsbehörde über den Vollzug der Störfallverordnung.

Einen solchen Prozess hat die Explosion eines Ammoniumnitrat-Lagers im französischen Toulouse im Jahre 2001 sowohl auf europäischer Ebene wie auch in der Schweiz ausgelöst. Auf europäischer Ebene sind in der Folge einige Anpassungen relevanter Regelwerke vorgenommen worden. Für die Schweiz hat sich dank der zielorientiert ausformulierten Störfallverordnung und aufgrund einer Umfrage bei den kantonalen Störfallfachstellen lediglich ein Bedarf für eine Harmonisierung der Vollzugspraxis ergeben.

Die vorliegende Vollzugshilfe soll dazu dienen, ein einheitliches Verständnis der Eigenschaften von ammoniumnitrathaltigen Düngern, der Mengenschwellen, der massgebenden Störfallszenarien und der geeigneten Sicherheitsmassnahmen zu schaffen. Sie wurde zusammen mit einer Arbeitsgruppe bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern der Düngerproduzenten, der landwirtschaftlichen Genossenschaften sowie kantonalen Fachstellen für den Brandschutz und für die Störfallvorsorge erarbeitet. Der engagierte, offene Meinungsaustausch, für welchen ich mich bei allen Beteiligten bedanken will, bürgt dafür, dass sich mit diesem Produkt die Störfallvorsorge effektiv verbessern wird.

Andreas Götz
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Einleitung

Die Detonation eines Lagers mit unspezifiziertem Ammoniumnitrat im französischen Toulouse im Jahre 2001 veranlasste verschiedene europäische Staaten wie auch die Schweiz, die Aspekte der Störfallvorsorge bei der Lagerung ammoniumnitratthaltiger Dünger (im Folgenden AN-Dünger genannt) vertieft zu untersuchen. Eine Umfrage des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) bei den kantonalen Störfallfachstellen hat gezeigt, dass der Vollzug der Störfallverordnung (StFV)^[01] in der Schweiz im Bereich der AN-Dünger ungenügend harmonisiert ist. So wurden zur Abklärung des Geltungsbereichs der StFV je nach Kanton unterschiedliche Mengenschwellen verwendet, zum Beispiel für den in der Schweiz hauptsächlich gelagerten Ammonsalpeter mit einem Stickstoffanteil von 27,5 % in einigen Kantonen eine Mengenschwelle von 20 Tonnen (t) und in anderen eine von 200 t.

Ausgangslage

Das BAFU will mit dieser Vollzugshilfe, unter Berücksichtigung der im Anhang vermerkten Umwelt-, Dünger- und Chemikalienvorschriften, einen einheitlichen Vollzug der StFV in den verschiedenen Kantonen fördern. Dabei soll ein konsistentes Verständnis der Stoffeigenschaften, der Mengenschwellen und der massgebenden Störfallszenarien geschaffen und die vergleichbare Umsetzung des Stands der Sicherheitstechnik bei den unterstellten Betrieben gefördert werden. Die Vollzugshilfe dient in diesem Sinne der Abklärung, ob ein Betrieb in den Geltungsbereich der StFV fällt, dem Festlegen der Sicherheitsmassnahmen, die zu treffen sind sowie der Erstellung des Kurzberichtes. Die Erarbeitung dieser Vollzugshilfe erfolgte im Rahmen einer Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern der Düngerproduzenten, der landwirtschaftlichen Genossenschaften sowie der kantonalen Fachstellen für Brandschutz und für Störfallvorsorge. Die Vollzugshilfe wurde nach einer Vernehmlassung von den Vollzugsstellen am Kontaktgremium StFV vom 29. Oktober 2010 verabschiedet.

Ziel

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich einerseits an die Inhaber von AN-Düngerlagern. Für die Vollzugsbehörden ist sie andererseits ein Hilfsmittel hinsichtlich einheitlicher Kontrollen und Beurteilungen im Rahmen ihrer Vollzugsaufgaben. Der Transport von AN-Düngern ist nicht Gegenstand dieser Vollzugshilfe.

Adressaten

Im Hinblick auf die Erarbeitung dieser Vollzugshilfe hat sich die Arbeitsgruppe einen Überblick über das Gefahrenpotenzial der AN-Dünger in der Schweiz verschafft, der nachfolgend kurz zusammengefasst wird. Dem Eidgenössischen Risikokataster (ERKAS) gemäss StFV (Stand 2005) ist zu entnehmen, dass in der Schweiz 70 Betriebe aufgrund der Überschreitung einer Düngermengenschwelle der StFV unterstehen (dies unter Vorbehalt der oben erwähnten Unterschiede in der Vollzugspraxis).

Erfassen des Gefahrenpotenzials

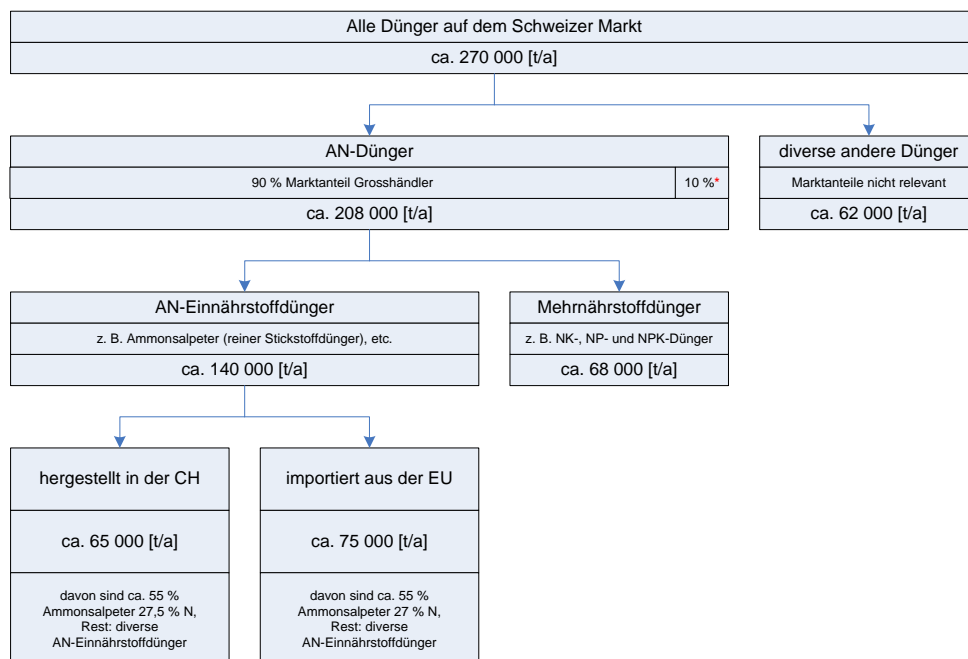
Gemäss einer brancheneigenen Marktanalyse (Abb. 1) hat sich seit 1991 der Umschlag aller Düngersorten in der Schweiz von rund 520 000 Tonnen pro Jahr (t/a) auf 270 000 t/a halbiert. Dabei machen heute AN-Dünger ungefähr 208 000 t/a aus, was etwas weniger als 80 % des gesamten Düngerumschlages entspricht. Die Umschlagszahlen sind seit 2004 etwa gleich geblieben. Beim Grossteil des AN-Düngers handelt es sich um Einnährstoffdünger. Einen geringeren Anteil bilden die sogenannten Mehrnährstoffdünger, welche neben AN auch Kalium- und Phosphatsalze oder Gemische davon enthalten.

Düngerumschlag

Relevant für die Störfallvorsorge sind die AN-Einnährstoffdünger. Sie werden zu einem grossen Teil in der Schweiz hergestellt (46 %), etwa zur Hälfte als Ammonsalpeter mit einem Stickstoffgehalt von 27,5 % (s. Abb. 1). Der Rest wird aus dem EU-Raum importiert. Die Importe erfolgen zu 90 % durch die beiden marktführenden Genossenschaften, die jeweils auch grössere Lager betreiben. Der Rest wird von Kleinfirmen oder Privatpersonen (z. B. Landwirte) direkt importiert. Die Lagerbestände sind jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Während vier Monaten im Jahr sind die Lager voll. Für grosse Primärlager sind das die Monate Mai bis September, für mittlere und kleinere Sekundärlager (z. B. auch Bauernhöfe) die Monate September bis November. In den übrigen Monaten des Jahres sind die Lager etwa zu 2/3 belegt.

Herkunft, Handel und Lagerung

Abb. 1 > Struktur Düngemarkt Schweiz 2009



* Die restlichen 10 % Marktanteil beinhalten 3–4 weitere kleinere Importunternehmen und Direktimporte.

Der Aufbau der Vollzugshilfe folgt der Reihenfolge, in welcher die Pflichten gemäss StFV^[01] wahrgenommen werden müssen. Das Kapitel 1 ist den Abklärungen zur Ermittlung des Geltungsbereichs gewidmet, wozu die Eigenschaften der AN-Dünger und der korrekte Umgang mit den Sicherheitsdatenblättern bekannt sein müssen. In Kapitel 2 wird ein Überblick über die eigenverantwortlich zu treffenden Sicherheitsmassnahmen gegeben. Alsdann geht das Kapitel 3 auf den Kurzbericht ein, der im Rahmen des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens vom Inhaber der Behörde einzureichen ist. Ausgehend von bisherigen, repräsentativen Störfällen im Zusammenhang mit AN und AN-Düngern wird festgelegt, welche Störfallszenarien wie zu berücksichtigen sind. In Kapitel 4 erfolgt ein kurzer Ausblick auf eine allfällige Risikoermittlung.

Inhalt und Aufbau

1 > Abklärungen zum Geltungsbereich

1.1 Einleitung

Mit den Ausführungen in diesem Kapitel kann der Inhaber eines AN-Düngerlagers abklären, ob sein Betrieb in den Geltungsbereich der StFV fällt. Massgebend für die Ermittlung der Mengenschwellen sind die Kriterien zur Ermittlung der Mengenschwellen gemäss Ziffer 4 des Anhangs 1.1 StFV. Da AN-Dünger weder stark human- noch ökotoxisch sind, sind die Brand- und Explosionseigenschaften gemäss Ziffer 42 massgebend. Auf diese wird in Abschnitt 1.2 eingegangen.

Eine Voraussetzung für die Ermittlung der Mengenschwelle ist, dass die Gefahreneigenschaften im Sicherheitsdatenblatt aufgeführt sind, weshalb Abschnitt 1.3 dem Sicherheitsdatenblatt gewidmet ist.

Als Hilfe für die Ermittlung der Mengenschwelle werden die Düngerproduzenten und Grosshändler für alle von ihnen gehandelten, ammoniumnitriethaltigen Dünger eine Mengenschwellenliste erstellen. Die Mengenschwelle eines AN-Düngers, der nicht in dieser Mengenschwellenliste aufgeführt ist, kann der Inhaber mit Hilfe der Angaben in diesem Kapitel selber bestimmen.

1.2 Physikalisch-chemische Eigenschaften

Ammoniumnitrat (vgl. Tab. 1) ist ein in Wasser leicht lösliches, hygroscopisches (wasseranziehendes) Salz, dessen Lösungsprozess in Wasser endotherm ist. Dies bedeutet, dass das sich im Wasser lösende AN der Umgebung Wärme entzieht und die Lösung abkühlt.

Ammoniumnitrat

Tab. 1 > Physikalisch-chemische Eigenschaften von AN

Bezeichnung (Trivialnamen)	Summenformel / Klassierung	Physikalisch-chemische Eigenschaften
Ammoniumnitrat (Ammonsalpeter, salpetersaures Ammoniak, Ammoniaknitrat, Ammoniakalpeter, Ammonnitrat)	Summenformel: NH_4NO_3 CAS-Nr.: 6484-52-2 EU-Nr.: 229-347-8 UN-Nr.: 1942 Gefahrenklasse: 5.1	Molekulargewicht: 80,04 [g/mol] Schmelzpunkt: 169,6 °C Zersetzungstemperatur: > 170 °C Dichte: 1,725 g/cm ³ (bei 20 °C) Schüttdichte: ca. 600–700 kg/m ³ Wasserlöslichkeit: 1877 g/l (bei 20 °C)

Quelle: GESTIS Datenbank (abgeändert)

Aufgrund der verschiedenen Anwendungszwecke kommen AN-Dünger Zubereitungen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und stark divergierenden AN-Gehalten auf den Markt. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der AN-Dünger sind dement-

Eigenschaften der AN-Dünger

sprechend sehr unterschiedlich. AN-Dünger können bei hoher AN-Konzentration und bei Verunreinigung unter Zuführung hoher Energie **detonieren**. Sie können sich weiter je nach Zusammensetzung aufgrund der autooxidierenden Eigenschaften nach Zuführung einer genügend grossen Energie selbständig fortschreitend zersetzen (**Schwelbrand**). Zudem können sie aufgrund der oxidierenden Eigenschaften **brandfördernd** wirken, d. h. den Abbrand von brennbaren Stoffen beschleunigen. Nachfolgend werden die Bedingungen für diese drei Gefahren detaillierter beschrieben.

Die Detonationsgefahr nimmt mit abnehmendem AN-Gehalt ab. Die deutsche Technische Regel für Gefahrstoffe 511 (TRGS 511)^[02], welche sich mit AN-Zubereitungen befasst, erachtet diese Gefahr bei einem AN-Gehalt über 90 % in allen Fällen für gegeben. Bei Gehalten zwischen 45 % und 90 % ist sie abhängig von der Art der Beimischungen (siehe Anhang und vergleiche dazu Tab. 2). Neben der Zusammensetzung haben die Konfektionierung des Düngers (Dichte und Grösse der Körner) und dessen Zustand (vorausgegangene Einwirkungen von Feuchtigkeit und Wärmeschwankungen) einen Einfluss auf die Fähigkeit zur detonativen Umsetzung.

Detonationsgefahr

Tab. 2 > Stoffe, mit denen Ammoniumnitrat gefährliche Reaktionen eingeht (Aufzählung nicht abschliessend)

Bei Kontakt mit:	Reaktion führt zu:
Alkalimetallen; Aluminiumchlorid; Aluminiumpulver + Calciumnitrat + Formamid; Ammoniak; Ammoniumchlorid/Hitze; Ammoniumsalzen + Säuren; Antimon; Antimontrisulfid; Bariumnitrat; brennbaren Stoffen; Calciumchlorid; Carbiden; Chloraten; Chloriten; Dicyandiamid; Dinitrotoluol; Eisen(III)-chlorid; Essigsäureanhydrid + Salpetersäure; Formamid; Harnstoff; Hitze; Holzmehl; Kalium + Ammoniumsulfat; Kaliumpermanganat; Kohle; Kohlenwasserstoffen; Chalkopyrit; Kupferoxid; Metallpulver; Metalloxiden + Kohle; Mineralöl; Natriumhypochlorit; Natriumnitrat; Natriumperchlorat; Ölen; organischen Substanzen (90 °C); Reduktionsmittel; Rost; Schwefel; Stahl/Pulver; Trinitroanisol; Trinitrotoluol; Wachsen; Wasser; Zucker	Explosion
Quelle: GESTIS Datenbank	

Eine eindeutige Beurteilung der AN-Dünger bezüglich detonativer Umsetzung ist infolge der Schwierigkeiten bei der Einschätzung der Wirkungen von Beimischungen und Konfektionierungen nur aufgrund von Detonationsfortpflanzungstests möglich. Nach dem Unglück in Toulouse wurde ein solcher Test in der EG-Düngemittelverordnung EG 2003/2003^[03] für AN-Dünger mit einem Gewichtsanteil von AN grösser als 80 % (28 % N) verbindlich vorgeschrieben. Solche Dünger dürfen in der EU nur nach bestandenem Test und in verpackter Form an den Endverbraucher abgegeben werden.

Detonationsfortpflanzungstest

Der Schwelbrand ist im Wesentlichen eine selbstständig fortschreitende Zersetzung und kann je nach Begriffsdefinition auch als Deflagration bezeichnet werden. Als Reaktionsprodukte entstehen die für den Menschen giftigen Stickoxide. Um die Schwelfähigkeit eines AN-Düngers abschliessend beurteilen zu können, ist ein Test auf selbständig fortschreitende thermische Zersetzung (Schweltest) erforderlich, wie er beispielsweise im UN-Handbuch, Teil III, Kap. 38.2.4^[04] beschrieben wird.

Schwelfähigkeit

AN-Dünger wirken brandfördernd (oxidierend). Der Grund dafür liegt im gebundenen Nitratsauerstoff (NO_3^-) des Ammoniumnitrats NH_4NO_3 . Ein Teil des zur Verbrennung nötigen Sauerstoffs ist also direkt im Lagergut verfügbar und trägt so zur Brandförderung bei.

Brandförderung

AN-Dünger, die als wässrige Lösungen oder Suspensionen vorliegen, sind hinsichtlich Detonation und Brand ungefährlich.

Wässrige Lösungen,
Suspensionen

1.3

Angaben auf den Sicherheitsdatenblättern

Gemäss der schweizerischen Dünger-Verordnung (DüV)^[05] müssen auf importierten Düngern Name und Adresse der für das Inverkehrbringen oder den Import verantwortlichen Firma deklariert sein (allgemeine Kennzeichnungsvorschrift, Art. 23 Abs. 2 Bst. d DüV). Hersteller und Importeure von AN-Düngern haben zudem gemäss Artikel 7 und Artikel 52 der schweizerischen Chemikalienverordnung (ChemV)^[06] für Stoffe oder Zubereitungen, welche die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt gefährden können, ein Sicherheitsdatenblatt (SDB) zu erstellen. Gemäss den Anforderungen an die SDB sind für AN-Dünger die Angaben über die Zusammensetzung (Anteil AN sowie Art und Anteil anderer Bestandteile) sowie die physikalisch-chemischen Eigenschaften «Explosionsgefahr» und «brandfördernde Eigenschaften» (inkl. Verweis auf durchgeführte Tests) als zwingend erforderlich zu erachten (Anh. 2, Ziff. 3 bzw. 9 ChemV^[06]). Die Hersteller und Importeure sind verpflichtet, diese SDB den Inhabern der AN-Düngerlager abzugeben (Abgabepflicht, Art. 54 ChemV), welche ihrerseits als «berufliche oder gewerbliche Abnehmerin» die SDB aufbewahren müssen, solange in ihrem Betrieb mit dem betreffenden Stoff oder der betreffenden Zubereitung umgegangen wird (Art. 56 ChemV).

Pflichten der Hersteller,
Importeure und Inhaber

Für die Inhaber von AN-Düngerlagern sind vor allem die in Tab. 3 aufgeführten Kapitel des SDB von besonderer Bedeutung.

Relevante Kapitel im SDB

Tab. 3 > Wichtige Kapitel im SDB

Kapitel im SDB gemäss ChemV	Titel
3	Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen
5	Massnahmen zur Brandbekämpfung
6	Massnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung
7	Handhabung und Lagerung
9	Physikalisch-chemische Eigenschaften (einschliesslich Detonationsfortpflanzungstest)
10	Stabilität und Reaktivität (einschliesslich Schwelltest)

Quelle: ChemV^[06]

Jeder Inhaber eines AN-Düngerlagers hat im Sinne der Eigenverantwortung die Pflicht, darauf zu achten, dass die SDB der gelagerten Dünger vollständig ausgefüllt sind. Insbesondere hat er zu prüfen, ob die Angaben zu den in Tab. 3 aufgeführten Kapiteln vorhanden sind und ob allfällig durchgeführte Detonationsfortpflanzungs- oder Schweltests in Kapitel 9 und 10 des SDB ausgewiesen sind. Wenn keine Informationen vorliegen, kann der Inhaber diese beim Hersteller bzw. beim Importeur – notfalls auch über die Vollzugsstellen für die Chemikalienverordnung (Liste der Vollzugsstellen für die ChemV¹) – anfordern.

Eigenverantwortung der Inhaber von AN-Düngerlagern

Die Klassierungsangaben im SDB für AN-Dünger können sich auf das System des Sicherheitsinstituts, der TRGS 511^[02], des ADR^[07] oder der EU-Richtlinie für die Kennzeichnung gefährlicher Stoffe und Zubereitungen beziehen. Diese Systeme verwenden teilweise gleiche Symbole mit unterschiedlicher Bedeutung. Die SI-Klassierung unterscheidet mit den Symbolen O1 bis O3 die Stärke der jeweiligen Oxidationsmittel. Bei der Klassierung nach ADR haben der Buchstabe O und die Zahlen 1 bis 3 für oxidierende Stoffe hingegen folgende Bedeutung:

Klassierungsangaben

- > O1 = oxidierend wirkende Stoffe, die flüssig sind;
- > O2 = oxidierend wirkende Stoffe, die fest sind;
- > O3 = oxidierend wirkende Stoffe, die als Gegenstand vorliegen.

Das ADR^[07] teilt alle oxidierend wirkenden Stoffe der Klasse 5.1 zu. Eine Einstufung in schwach bis stark oxidierend wird im ADR nur indirekt über die Verpackungsgruppe vorgenommen (ADR 2.1.1.3). Die Anwendung der ADR-Packgruppe zur Einstufung der Dünger bezüglich oxidierend wirkenden Eigenschaften bzw. Lagerung ist daher nicht möglich, da für die Gefahreneinteilung auch andere Dünkereigenschaften mit einfließen.

1.4 Mengenschwellenliste für AN-Dünger

Im Rahmen der Erarbeitung dieser Vollzugshilfe ist mit den Düngerproduzenten und Grosshändlern vereinbart worden, dass sie eine Mengenschwellenliste für alle von ihnen gehandelten, ammoniumnitratthaltigen Dünger erstellen gestützt auf vorschriftsgemäss vorliegende SDB. Die Mengenschwellenliste wird durch die Aufsichtsbehörde (BAFU) im Einvernehmen mit den Vollzugsstellen (Kontaktgremium Vollzug StFV) genehmigt und anschliessend von den Düngerproduzenten und Grosshändlern publiziert. Mutationen werden in gleicher Weise vorgenommen.

Mengenschwellenliste für AN-Dünger

Die Festlegung der in der Liste aufgeführten Mengenschwellen erfolgt gemäss der Kriterienliste der StFV (Anh. 1.1). Berücksichtigt wird dazu die Klassierung gemäss Sicherheitsinstitut (SI). Eine präzise Erläuterung für die SI-Klassierung von AN-Düngern hat der VKF anlässlich der Zusammenarbeit für diese Vollzugshilfe auf seiner Homepage publiziert². Im Anhang wird sie kurz zusammengefasst.

¹ www.kvu.ch/d_afu_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach_id=20

² <http://bsvonline.vkf.ch>, FAQ zu 27-03d «Gefährliche Stoffe»

Ein Betrieb untersteht der StFV, wenn nach Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV)^[08] die Höchstmenge eines AN-Düngers auf dem ganzen Betriebsareal grösser ist als dessen Mengenschwelle. Das Zusammenzählen der Mengen unterschiedlicher Dünger mit gleichen Brand- und Explosionseigenschaften zur Bestimmung der Höchstmenge ist nicht gefordert. Die Beispiele in Tab. 4 sollen erläutern, wann eine Mengenschwelle überschritten ist:

Wann ist eine Mengenschwelle überschritten?

Tab. 4 > Beispiel zur Erläuterung, wann eine Mengenschwelle (MS) überschritten ist

AN-Dünger	Lagermenge [kg]	MS gemäss Tab. 14 [kg]	MS überschritten
Düngerlager 1			
Ammonsalpeter 33 % N (≈ 94,4 % AN) Detonationsfortpflanzungstest <u>nicht bestanden</u>	10 000	20 000	nein
Ammonsalpeter 27,5 % N (≈ 78,7 % AN) mit einem Anteil Kalkstein ≥ 20 %	100 000	200 000	nein
Kalksalpeter 15 % N (≈ 42,9 % AN)	150 000	200 000	nein
Resultat: Das Düngerlager 1 untersteht infolge des AN-Düngers <u>nicht</u> der StFV			
Düngerlager 2			
Ammonsalpeter 33 % N (≈ 94,4 % AN) Detonationsfortpflanzungstest <u>nicht bestanden</u>	10 000	20 000	nein
Ammonsalpeter 27,5 % N (≈ 78,7 % AN) mit einem Anteil Kalkstein ≥ 20 %	500 000	200 000	ja
Kalksalpeter 15 % N (≈ 42,9 % AN)	150 000	200 000	nein
Resultat: Das Düngerlager 2 untersteht infolge des AN-Düngers der StFV			

Im Rahmen der Überprüfung zum Geltungsbereich oder aufgrund anderer Informationen kann sich herausstellen, dass die Höchstmengen von AN-Düngern in einem Betrieb die Mengenschwellen zwar nicht überschreiten, der Betrieb aber wegen seines Gefahrenpotenzials und der möglichen Störfallszenarien die Bevölkerung oder die Umwelt schwer schädigen könnte. In diesem Fall kann die Vollzugsbehörde den Betrieb der StFV unterstellen (Art. 1 Abs. 3 StFV und Kap. 2.2.1 im Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV)^[08]).

Unterstellungsverfügung

2 > Sicherheitsmassnahmen

2.1 Einführung

Inhaber von Betrieben, die der StFV^[01] unterstehen, sind verpflichtet, alle zur Verminderung des Risikos geeigneten Sicherheitsmassnahmen zu treffen, die nach dem Stand der Sicherheitstechnik verfügbar, aufgrund der eigenen Erfahrungen ergänzt und wirtschaftlich tragbar sind (Art. 3 StFV). Diese können hier nicht für alle möglichen betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten dargestellt werden. Das vorliegende Kapitel fasst deshalb lediglich die aus der Sicht der Störfallvorsorge wichtigsten Sicherheitsmassnahmen zusammen. Grundlagen bilden die Brandschutzrichtlinien^[09] der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) der Schweiz und Bestimmungen zur Lagerung von festen AN-Düngern aus der deutschen TRGS 511^[02]. Generell gilt, dass Brandschutzmassnahmen auch dann erforderlich sind, wenn die Mengenschwellen gemäss StFV unterschritten sind und ein Betrieb nicht der StFV untersteht. Das vorliegende Kapitel erhebt betreffend Brandschutz keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Schwerpunkte

Diese Sicherheitsmassnahmen gelten grundsätzlich gleichermassen für bestehende und neue Anlagen. Bei Neuanlagen bietet sich zusätzlich die Möglichkeit, einen geeigneten Standort für den Betrieb zu wählen, um nachteilige Auswirkungen auf die Bevölkerung zu verhindern. Die Wahl eines geeigneten Standorts zählt zu den Grundsätzen bei der Festlegung der allgemeinen Sicherheitsmassnahmen nach StFV (Anh. 2.1 StFV) und wird im Kapitel 2.5 weiter ausgeführt.

2.2 Brandschutz

Massgebend für die zu treffenden Brandschutzmassnahmen sind die gesamtschweizerisch geltenden Brandschutzvorschriften der VKF die festlegt, was im Brandschutz in der Schweiz als Regeln der Technik anerkannt ist. Diese Vorschriften setzen sich zusammen aus der Brandschutznorm^[09], den themenbezogenen Brandschutzrichtlinien^[10] und den weiteren Bestimmungen gestützt auf Publikationen anerkannter Fachorganisationen gemäss dem aktuellen Verzeichnis der VKF^[11].

Regelwerke

Als Ergänzung zur Brandschutzrichtlinie «Schutzabstände – Brandabschnitte» hat die VKF das Dokument «Lager mit gefährlichen Stoffen»^[12] als massgebend erklärt. Diese Publikation erlaubt es, in Abhängigkeit der Klassierung von Stoffen die erforderlichen baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutzmassnahmen festzulegen. Sie dient auch der Dimensionierung von Löschwasser-Rückhaltevorrichtungen.

Die Klassierung gefährlicher Stoffe nach ihren brand- und explosionstechnischen Eigenschaften ist Grundlage für die Ermittlung der zu treffenden Brandschutzmassnahmen. Im Brandschutz wird die Klassierung von gefährlichen Stoffen gemäss den

Klassierung gefährlicher Stoffe

Vorgaben des Sicherheitsinstituts vorgenommen, siehe «Klassierung von Stoffen und Waren»^[13].

Gemäss VKF-Brandschutzrichtlinie «Gefährliche Stoffe» sind für die Lagerung von Stoffen, die nach Gefährlichkeit, Menge und Art der Lagerung im Brandfall eine besondere Gefahr für Mensch, Tier und Umwelt darstellen, Schutzkonzepte in Anlehnung an die Konzeptkategorien des CEA zu erstellen und spezielle Massnahmen zu treffen.

Brandschutzmassnahmen VKF

Beispiele für vorbeugende Brandschutzmassnahmen in Düngerlagern:

- > Erstellung von Bauten und Anlagen aus nicht brennbaren Baustoffen.
- > Unterteilung von Bauten und Anlagen in Brandabschnitte.
- > Bildung von Teillagerflächen innerhalb der einzelnen Brandabschnitte. Die Grösse der einzelnen Teillagerflächen richtet sich nach der Gefährlichkeit der gelagerten Dünger.
- > Einhalten von Abständen zwischen Teillagerflächen.
- > Installation von Sprinkleranlagen. Wenn Schwelbrände nicht ausgeschlossen werden können, sind ergänzend zu Sprinkleranlagen Brandmeldeanlagen zu installieren.
- > Installation von Wasserlöschposten, damit eine erste Brandbekämpfung durch die Nutzer von Bauten und Anlagen gewährleistet ist. Bereitstellen von Handfeuerlöschern als Ergänzung zu den Wasserlöschposten.
- > Der Lagerinhaber stellt durch geeignete Massnahmen wie Alarmierungs- und Einsatzkonzepte sicher, dass die zuständige Feuerwehr rasch alarmiert und eingesetzt werden kann.

Der Umfang der zu treffenden Massnahmen richtet sich nach Grösse und Gestaltung der Lager. Wenn in Bauten und Anlagen neben Düngern auch andere Waren aufbewahrt werden, sind weitere oder andere Brandschutzauflagen zu beachten. Entscheidend im Hinblick auf die Störfallvorsorge sind die Brandabschnitte, welche in Abhängigkeit der Brandschutzmassnahmen festzulegen sind (vgl. Beispiel in Tab. 5).

Brandabschnittsbildung

Tab. 5 > Beispiel einer Brandabschnittsbildung

Schritt	Was	Resultat
1	Definieren des Lagergutes und der Menge	Düngertyp: Ammonsalpeter 27,5% N (≈ 78,7% Ammoniumnitrat); Detonationsfortpflanzungs- und Schweltest bestanden Menge: ca. 12 000 t
2	Klassierung des AN-Düngers gemäss SI festhalten	O3
3	Wählen der Konzeptkategorie	z. B. Konzeptkategorie K4, d.h. Brandabschnitte und automatische Löschanlage mit automatisierter Alarmübermittlung an die Feuerwehr
4	Brandabschnittsgrösse festlegen (gemäss Tabelle 3 der CEA Richtlinie «Lager mit gefährlichen Stoffen»)	5 Brandabschnitte à 2400 t pro Brandabschnitt

Quelle: «Lager mit gefährlichen Stoffen»^[12]

Wird eine niedrigere Konzeptkategorie gewählt, müssen die Brandabschnitte entsprechend kleiner definiert werden. Für die Konzeptkategorie K2 z. B. (Brandabschnitte und automatische Brandmeldeanlage mit automatischer Alarmübermittlung an die Feuerwehr) ergäben sich bei oben beschriebenem Beispiel Brandabschnitte mit 400 t. Es wird empfohlen, die erforderlichen Brandschutzmassnahmen rechtzeitig zusammen mit der Brandschutzbehörde festzulegen.

2.3 Lagerungs- und Zusammenlagerungsbedingungen

Bei der Lagerung von AN-Düngern sind zudem die Anforderungen gemäss Tab. 6 zu berücksichtigen³. Diese Anforderungen resp. Massnahmen sind als aktueller Stand der Sicherheitstechnik zu betrachten und müssen vom Inhaber eines AN-Düngerlagers, soweit wirtschaftlich tragbar, erfüllt bzw. getroffen werden (Art. 3 Abs. 1 StFV). Sie gehen über die Brandschutzvorschriften des VKF hinaus.

Zusätzliche Lagerbedingungen

Tab. 6 > Erweiterte Anforderungen bei der Lagerung von AN-Düngern der SI-Klassen O1–O3

Kriterium/Bedingung	Beschreibung
Massnahmen für AN-Dünger der Klassen O1–O3	
Schutz gegen Witterungseinflüsse wie	Sonneneinstrahlung, Aufheizung, Regen (trocken lagern), Schnee, Nebel. (Hinweis: Bei 32 °C unterliegt AN der Umwandlung der Kristallphase.)
Schutz vor unbefugtem Zugang	Hinweisschilder und abgeschlossene Bereiche.
Verhinderung von Wärmeeintrag	Sicherheitsabstand von mind. 0,5 m zu Wärmequellen.
Wartungsarbeiten	Reinigung der Anlagen vor Wartungsarbeiten.
Elektrische Installationen	Geschützt vor Gefahren durch Feuer (DIN VDE 0100 Teil 482); Gruppe C: Schutz gegen Nässe und Feuchte.
Elektrische Anlagen und Installationen	Sicherheitsabstand von mind. 0,5 m. Motoren und Transformatoren müssen Überlastschutz aufweisen.
Elektrische Anlagen und Installationen	Jährliche Wartung/Kontrolle vorgeschrieben.
Schutz vor unzulässiger Beanspruchung	Geeignete Verfahren zur Auflockerung und Zerkleinerung (Hinweis: Cardox-Verfahren).
Zusätzliche Massnahmen für AN-Dünger der Klasse O1	
Schutz gegen Verunreinigung	Verschüttete Stoffe müssen unmittelbar verbraucht oder beseitigt werden.
Zusätzliche Massnahmen für AN-Dünger der Klasse O1 und eine Lagermenge > 1 t	
Zündquellen ⁴	In den Lagerräumen dürfen keine Zündquellen vorhanden sein.
Feuerwehreinsatzplan	<ul style="list-style-type: none"> • Es muss ein Einsatzplan vorbereitet und beübt sein. • Einziges geeignetes Löschmittel sind «grosse Wassermengen». • Explosionsgefahr bei unkontrollierbaren Brandausmassen berücksichtigen.
Schutz gegen Verunreinigung; Gefährliche Zusammenlagerung verhindern	<ul style="list-style-type: none"> • Ein aktueller Einlagerungsplan muss vorhanden sein. • Behälter mit verdichteten Gasen (unter Überdruck stehend) sind nicht zulässig mit Ausnahme von Feuerlöschern im Lagerraum. • Im Lagerraum dürfen keine Geräte/Fahrzeuge mit Vergaserkraftstoff oder Gas betrieben oder abgestellt werden.

³ Es handelt sich dabei um einen Auswahl aus der deutschen TRGS 511 «Ammoniumnitrat», Ausgabe Juni 2004.

⁴ Unter dem Begriff Zündquellen werden hier Zündquellen mit hoher Energie, also vor allem heisse Oberflächen, Flammen (z. B. Schweissquellen), mechanisch erzeugte Funken (z. B. beim Schleifen, Schneiden) verstanden.

Kriterium/Bedingung	Beschreibung
Zusätzliche Massnahmen für AN-Dünger der Klasse O1 und eine Lagermenge > 25 t	
Brandschutz	Fördermittel müssen so beschaffen sein, dass entstehende Wärme zu keiner Zersetzung des Düngers führen kann. Fördergurte nur aus schwer entflammaren Werkstoffen.
Quelle: TRGS 511 ^[102] abgeändert	

Für die Zusammenlagerung sind die in Tab. 7 zusammengefassten spezifischen Anforderungen zu erfüllen.

Zusammenlagerungsbedingungen

Tab. 7 > Zusammenlagerungsbedingungen für feste AN-Dünger der SI-Klassen O1–O3

Feste AN-Dünger sind getrennt zu lagern von:	
• alkalisch reagierenden Stoffen wie z. B.	Laugen, Branntkalk, Kalkhydrat, Kalkstickstoff, Zement
• sauer reagierenden Stoffen wie z. B.	alle Säuren
• mit Dünger gefährliche chemische Reaktionen eingehenden Stoffen wie z. B.	Chlorate, Chlorite, Hypochlorite, Nitrite, chlorhaltige Unkrautvertilgungsmittel
• brennbaren Stoffen wie z. B.	Kohlenstaub, Schwefel, Öl, Treibstoff, Getreide, Putzwolle, Metallpulver, Harnstoff ⁵
Zusammenlagerung ist zulässig mit:	
• anderen, mit Dünger nicht reagierenden Stoffen wie z. B.	Ammoniumsulfat, Kalidünger, kohlensaurer Kalk (Calciumcarbonat), Magnesiumsulfat, PK-Dünger
Quelle: TRGS 511 ^[102] abgeändert	

2.4

Löschwasser-Rückhalt

Reines AN und Ammonsalpeter sind gemäss der SI-Klassierung als schwach wassergefährdende Stoffe (PN3) eingestuft (s. Datenbank IGS^[221]). AN-Düngerlager benötigen deshalb das für solche Stoffe erforderliche Löschwasser-Rückhaltevolumen gemäss der Richtlinie «Lager mit gefährlichen Stoffen»^[12]. Der Löschwasserrückhalt kann dabei sowohl mittels passiver wie auch mittels praxistauglicher technischer Massnahmen sichergestellt werden. Bei den Löschwasser-Rückhaltmassnahmen ist darauf zu achten, dass die Rückhaltevorrichtungen regelmässig gewartet werden und die zuständigen Stellen im Brandfall über die korrekte Anwendung instruiert sind (s. z. B. «Richtiger Umgang mit Löschwasser»^[14]).⁶

Wassergefährdung

⁵ Harnstoff reagiert heftig mit Oxidationsmitteln.

⁶ Die CEA-Richtlinie verlangt für schwach wassergefährdende Stoffe einen Löschwasserrückhalt ab einer Lagermenge von 100 t, die Richtlinie des Kantons Zürich hingegen bereits ab 20 t. Die Anforderungen an den Löschwasser-Rückhalt sind im Übrigen in beiden Richtlinien gleich. Da die vorliegende Vollzugshilfe für Betriebe gilt, welche der StFV unterstehen, kommt sie bezüglich Löschwasser-Rückhalt ab dem Überschreiten der Mengenschwelle nach StFV zur Anwendung. Dies gilt für Dünger des Typs O1 / O2 ab 20 t und für Dünger des Typs O3 ab 200 t.

Am Beispiel der Brandabschnittsbildung in Tab. 5 illustriert Tab. 8 die Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens, das immer für den grössten Brandabschnitt zu bestimmen ist. Alle weiteren Brandabschnitte sind über Kanäle oder Rohrleitungen an dieses Rückhaltevolumen anzuschliessen.

Tab. 8 > Beispiel zur Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens

Schritt	Was	Resultat
1	Brandabschnittsgrösse bei Konzeptkategorie K4 (hergeleitet in Tab. 5)	5 Brandabschnitte à 2400 t pro Brandabschnitt
2	Brandabschnittsfläche erheben	850 m ²
3	Brandklassierung ⁷	F1-4
4	Stapelhöhe & Lagertyp	< 6m (3 Paletten) & Blocklager
5	erforderliches Löschwasser-Rückhaltevolumen (gemäss Tabelle 4 der CEA Richtlinie «Lager mit gefährlichen Stoffen»)	300 m ³

Quelle: «Lager mit gefährlichen Stoffen»¹²⁾

2.5 Weitere Sicherheitsmassnahmen nach StFV

Die Wahl eines geeigneten Standorts für einen neuen Betrieb ist zentral und sollte so vorgenommen werden, dass nachteilige Auswirkungen auf Bevölkerung und Umwelt bei einem Störfall möglichst gering sind. In diesem Sinne soll vermieden werden, dass sich in der näheren Umgebung Einrichtungen mit schwer evakuierbaren Personen oder sensitive Bauten wie Kindergärten, Schulen, Altersheime, Spitäler, Hotels oder Einkaufszentren befinden sowie eine hohe Personendichte (für Wohnraum und andere Zweckbestimmungen) existiert. Bei der Standortbeurteilung ist auch die nach aktueller Nutzungsplanung mögliche künftige Situation zu berücksichtigen.

Standortwahl

Zu den Grundsätzen bei der Festlegung allgemeiner Sicherheitsmassnahmen nach StFV^[01] (Anh. 2.1 StFV) zählt zudem die Senkung des Gefahrenpotenzials. Dies kann bei einem Düngelager mit einer grösseren Gefährdung der Bevölkerung bedeuten, dass die Lagerbestände zu den Jahreszeiten, in denen kein AN-Dünger benötigt wird, gesenkt werden.

Senkung des Gefahrenpotenzials

⁷ Die Klassierung in Tab. 4 der CEA Richtlinie zur Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens bezieht sich auf die Brandeigenschaften eines Stoffes oder einer Zubereitung. Gemäss SI-Klassierung haben AN-Dünger nur eine Klassierung betreffend Oxidationspotenzial. Da AN-Dünger in der Regel aber in einem brennbaren Verpackungsmaterial gelagert werden und aufgrund ihrer oxidierenden Eigenschaften einen Brand fördern, wird in der Praxis gemäss Sicherheitsinstitut zur Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens für O3 Dünger eine Brandklassierung F3/4 angewendet.

3 > Kurzbericht

3.1 Allgemeines

Der Inhaber hat eigenverantwortlich aufgrund der Angaben in Kapitel 1 abzuklären, ob sein Betrieb in den Geltungsbereich der StFV^[01] fällt. Falls ja, hat er gemäss nachfolgenden Abschnitten einen Kurzbericht zu erstellen und der Vollzugsbehörde einzureichen.

Abklärungen zum
Geltungsbereich der StFV

Der Kurzbericht ist nach den Vorgaben im Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV)^[08] zu erstellen. Die kantonalen Vollzugsbehörden haben zum Teil eigene Anleitungen erarbeitet, die in der Regel auf den Internetseiten der entsprechenden Vollzugsstellen⁸ zu finden sind. Die Einschätzung des Ausmasses der Störfallszenarien hat gemäss den Angaben in Kapitel 3.3 zu erfolgen.

Kurzbericht

3.2 Erfahrungen aus bisherigen Störfällen mit AN oder AN-Düngern

In der Vergangenheit ist es immer wieder zu Detonationen und Bränden gekommen, bei denen AN oder AN-Dünger im Spiel waren. Einige repräsentative Ereignisse sind in umgekehrt chronologischer Reihenfolge in Tab. 9 aufgeführt.

⁸ www.kvu.ch/d_afu_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach_id=21

Tab. 9 > Repräsentative Detonations- und Brandereignisse mit AN oder AN-Düngern

Ausgewählte Daten	Menge	Andere Substanzen
Brand eines AN-Lagers in Bryan, Texas, 2009		
<ul style="list-style-type: none"> • Auslöser: Schweissarbeiten • Orange Rauchwolke • Brand wurde nach einigen Stunden gelöscht, Rauchgasentwicklung hielt noch an • 72 000 Personen wurden evakuiert • 34 Menschen (nach örtlichen Medien) mussten wegen Atemwegbeschwerden behandelt werden 	Lagerhalle mit grossen AN-Vorräten	Keine bekannt
Brand/Detonation eines AN-Lagers in Saint-Romain-en-Jarez, Frankreich, 2003		
<ul style="list-style-type: none"> • 1200 m² Lagerfläche auf 2 Stöcken, davon ein Teil bewohnbar • Der Feuerwehr war nicht bekannt, dass AN gelagert wurde • Während ca. einer Stunde brannte es, dann erfolgte eine starke Detonation • 27 Verletzte, davon 18 Feuerwehrleute • Mehrere Häuser wurden beschädigt 	2,5 t AN	Grosses Fruchtlager, 5000 Harassen aus Holz und Kunststoff, 130 Heuballen, 30 Strohballen und 3 Gasflaschen
Detonation von AN in Toulouse, Frankreich, 2001		
<ul style="list-style-type: none"> • Krater von 40 m Durchmesser und 7 m Tiefe • Rotgelbe Rauchwolke über der Stadt • Sprengkraft: 20–40 t TNT • Auf einer Fläche von 80 ha Totalzerstörung der Gebäude • 30 Todesopfer 	Kontaminierte AN-Produkte (Off-Spec-Material ⁹) 300 t	Unbekannt, aber vorhanden als Verunreinigung
Brand eines AN-Düngers in Nantes, Frankreich, 1987		
<ul style="list-style-type: none"> • Gelbrote Rauchwolke von 250 m Höhe und 5 km Breite • Analytierte Rauchgase: HNO₃, NO₂, NO, Cl₂, NH₃, NH₄⁺ • Brand wurde nach einigen Stunden gelöscht, Rauchgasentwicklung hielt noch an • 25 000 Personen wurden evakuiert 	Mischdünger aus: AN, Phosphorpentoxid, Kaliumchlorid / 850 t	(Nach Brandbeginn griff das Feuer auf umliegende Lagerräume über, wo andere Chemikalien und auch AN gelagert waren.)

Quelle: ecomed «Gefährliche Chemische Reaktionen» (CD-Rom), Tageszeitungen, Behördenberichte

Die beiden Unfälle in Bryan und Nantes waren typische Schwelbrände. Bei diesen und auch bei den restlichen Ereignissen, war entweder ein zusätzlicher Stoff beteiligt oder eine initiiierende Energie, welche die entsprechende AN-Zubereitung zur Zündung und/oder zur Detonation gebracht hat.

Erkenntnisse

Zusätzliche Stoffe sind hier einerseits brennbare Stoffe wie Öle, Farben und Paraffin, andererseits Stoffe, die die Zersetzung von AN katalytisch bis hin zur Detonation beschleunigen. Initiiierende Energien können zum Beispiel ein Brand oder heisse Oberflächen sein.

⁹ Off-Spec-Material sind Abfälle oder Reststoffe, die keinen Spezifikationsanforderungen genügen.

3.3 Störfallszenarien

Wie die bisherigen Erfahrungen zeigen (Kap. 3.2), sind die Szenarien Detonation und Brand (mit Freisetzung toxischer Gase und kontaminiertem Löschwasser) relevant. Das Szenario Detonation ist nur zu berücksichtigen, wenn der Dünger zur detonativen Umsetzung fähig ist. Das Szenario Brand (mit Freisetzung toxischer Gase) ist für Dünger zu berücksichtigen, welche schwelfähig sind, d. h. für alle AN-Dünger des Typs O1 oder O2 nach SI-Klassierung (siehe Tab. 14). Bei der Beschreibung der Störfallszenarien wird davon ausgegangen, dass die Zusammenlagerungsbedingungen eingehalten werden. Für die Beschreibung der Szenarien wird von den inhärenten Stoffeigenschaften ausgegangen. Wenn die Zusammenlagerungsbedingungen nicht eingehalten werden können, sind auch andere als die hier beschriebenen Szenarien denkbar.

Relevante Szenarien

Wenn der Löschwasserrückhalt (s. Kap. 2.4) gewährleistet ist, muss das Szenario Eintrag von Löschwasser ins Oberflächengewässer oder ins Grundwasser nicht berücksichtigt werden. Trifft dies nicht zu, so ist nicht ausgeschlossen, dass bei einem Brand AN gelöst im Löschwasser in Oberflächengewässer resp. ins Grundwasser gelangen kann. In diesen Fällen ist ein entsprechendes Szenario im Kurzbericht zu berücksichtigen.

Umweltgefährdung

Die Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 zeigen auf, wie für die beiden oben erwähnten Szenarien die Ausmasseseinschätzung auf Stufe Kurzbericht zu erfolgen hat. Diese basiert in Anlehnung an das Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV)^[08] auf den nach menschlichem Ermessen möglichen Störfallursachen und Ereignisabfolgen. Die detaillierten Annahmen und Berechnungsgrundlagen sind im Anhang erläutert.

Ausmasseseinschätzung

3.3.1 Szenario Detonation

Das Szenario Detonation ist dann zu berücksichtigen, wenn ein AN-Dünger des Typs A gemäss TRGS 511^[02] gelagert wird, für den kein bestandener Detonationsfortpflanzungstest (bestanden = keine Detonationsfortpflanzung) vorliegt. Für die Berechnungen wird die im grössten Brandabschnitt gelagerte AN-Düngermenge berücksichtigt für welche die explosionsrelevante Menge AN gemäss Tab. 10 zu bestimmen ist.

Berechnung des Ausmasses

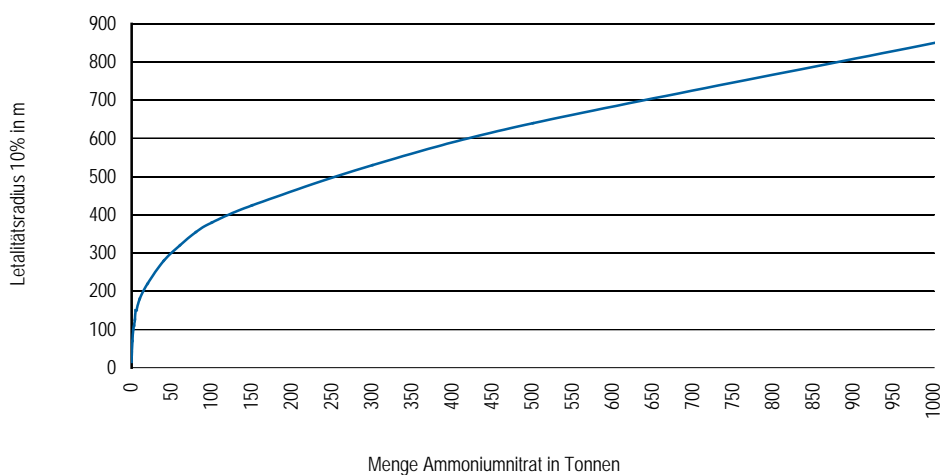
Tab. 10 > Rechenbeispiel: Explosionsrelevante Menge AN im Dünger

Angaben zum Lager

Düngertyp	Ammonsalpeter 27,5 % N, entspricht einem Gewichtsanteil AN von 79 %
Lagermenge im grössten Brandabschnitt	300 t
Menge an AN	300 t x 79 % = 237 t

Mit der explosionsrelevanten Menge AN ist für die Ausmasseinschätzung im Kurzbericht mit Abb. 2 der 10 %-Letalitätsradius zu bestimmen. Innerhalb einer Kreisfläche mit diesem Radius um die entsprechende Brandabschnittsmitte ist mit einer gemittelten Letalität von 50 % und der im Tagesverlauf höchsten Bevölkerungsdichte die Anzahl Todesopfer zu berechnen.

Abb. 2 > Letalitätsradien infolge des Überdrucks bei einer Detonation



Quelle: BAFU, Berechnung mittels Effects 7.4 von TNO

3.3.2 Szenario Brand

Das Szenario Brand (mit Freisetzung toxischer Gase) ist für Dünger zu berücksichtigen, welche schwelfähig sind, d. h. für alle AN-Dünger des Typs O1 oder O2 nach SI-Klassierung. Für die Berechnungen wird die im grössten Brandabschnitt gelagerte AN-Düngeremenge berücksichtigt. Da die Abbrandraten von AN-Düngern relativ gering sind, ist mit keiner schweren Schädigung der Bevölkerung ausserhalb des Betriebsareals infolge der Hitzeeinwirkung zu rechnen. Relevant hingegen ist die toxische Wirkung der nitrosen Gase, welche aufgrund des Leitstoffs Stickstoffdioxid (NO_2) ermittelt wird. Auf der Grundlage der im Anhang beschriebenen Annahmen wird die Freisetzungsrates pro Sekunde an nitrosen Gasen wie folgt berechnet:

Berechnung der Freisetzungsrates

Freisetzungsrates = Länge Brandabschnitt
 x Lagerdichte x (Anteil brennender Dünger = 0,6) x Schwel- bzw. Abbrandgeschwindigkeit
 x (Anteil AN) x (Anteil NO_2) / 3600 s (vgl. Beispiel in Tab. 11).

Tab. 11 > Rechenbeispiel: NO₂-Freisetzungsrate bei einem AN-Düngerbrand

Rechenbeispiel

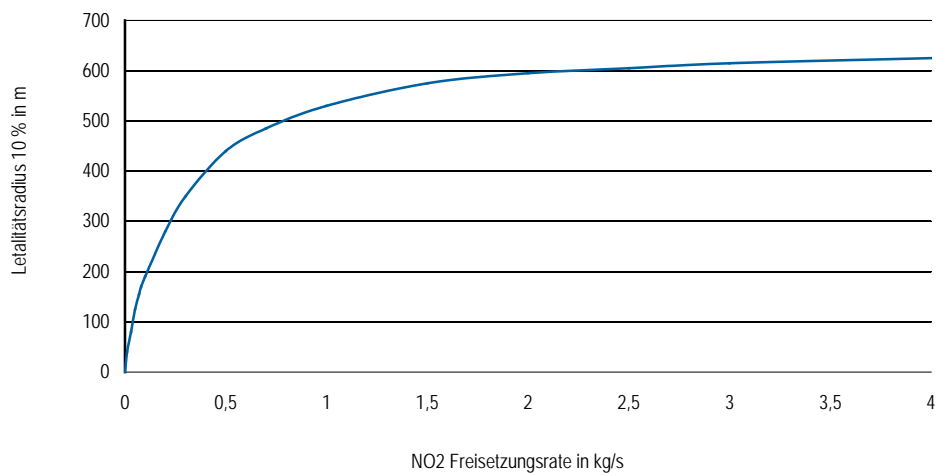
Angaben zum Lager

Düngertyp ¹	Ammonsalpeter 27,5 % N, entspricht einem Gewichtsanteil AN von 79 %
Länge eines Brandabschnitts ¹	10 m
Lagerdichte ¹	2 t/m ²
Anteil Dünger, der abbrennt ²	60 %
Schmel- bzw. Abbrandgeschwindigkeit ²	1 m/h
Umsetzung AN in NO ₂ ²	10 %
Berechnung der maximalen Düngermenge, welche pro h verschwelt / abbrennt	10 m x 2 t/m ² x 0,6 x 1 m/h = 12 t/h = 12 000 kg/h
Berechnung der Freisetzungsrate an NO ₂	12 000 kg/h x 0,79 (Anteil AN) x 0,10 (Anteil NO ₂) / 3600 s = 0,26 kg/s

¹ Variable Werte, welche auf die tatsächliche Situation anzupassen sind; ² Fixe, vorgegebene Annahmen

Für die Ausmasseneinschätzung wird mit der berechneten Freisetzungsrate und dem in Abb. 3 angegebenen 10%-Letalitätsradius ab Brandabschnittsmittle ein Sektor mit einem 60°-Winkel in der bevölkerungsdichtesten Zone ausgeschieden. Mit einer mittleren Letalität von 25 % innerhalb dieses Sektors wird die Anzahl Todesopfer aufgrund der im Tagesverlauf höchsten Bevölkerungsdichte berechnet.

Berechnung des Ausmasses

Abb. 3 > Letalitätsradien infolge der Freisetzung von NO₂

Quelle: BAFU, Berechnung mit Hilfe von Effects 7.4 von TNO

4 > Hinweise für die Risikoermittlung

Der Kurzbericht bildet die Grundlage für den behördlichen Entscheid, ob eine Risikoermittlung gemäss StFV^[01] durchgeführt werden muss. Wenn eine schwere Schädigung der Bevölkerung oder der Umwelt nach den Beurteilungskriterien I zur StFV^[15] nicht ausgeschlossen werden kann, d.h. wenn in der Ausmassschätzung mehr als zehn Todesopfer ausgewiesen werden, verfügt die Vollzugsbehörde die Erstellung einer Risikoermittlung.

Die Risikoermittlung ist gemäss Anhang 4 des Handbuchs I zur Störfallverordnung (StFV)^[08] zu erstellen. Dabei sind grundsätzlich die gleichen relevanten Szenarien wie im Kurzbericht zu untersuchen. Bei der Ausmassschätzung ist jedoch der Detaillierungsgrad bei den Letalitätsradien, den Ausbreitungssektoren, den Expositionen der Bevölkerung und den Schutzwirkungen von Gebäuden oder Fahrzeugen zu erhöhen. Zusätzlich müssen auf Stufe Risikoermittlung die Wahrscheinlichkeiten abgeschätzt oder hergeleitet werden, bspw. für eine Detonation oder eine Freisetzung toxischer Gase, für Windrichtungen oder für die nach Tages- oder Jahreszeiten unterschiedlichen Expositionen.

> Anhang

Massgebend für die Bestimmung der Mengenschwelle von AN-Düngern sind die Brand- und Explosionseigenschaften, für welche die StFV als erstes Kriterium das Einstufungssystem des Sicherheitsinstituts (SI-Klassierung) verwendet. Der Grossteil der AN-Dünger ist aber nach dem ausführlichen Klassierungssystem der deutschen TRGS 511 eingestuft. Der Anhang zeigt auf, wie sich die SI-Klassierung der AN-Dünger aus der deutschen TRGS 511 und allfälligen Testresultaten ableiten lässt. Weiter werden in diesem Anhang die Grundlagen zur Berechnung der Schadenaus-masse bei den Szenarien Detonation und Brand erläutert.

Klassierung von AN-Dünger gemäss TRGS 511

Ein ausführliches Klassierungssystem für AN-Dünger wird aktuell nur noch von der deutschen TRGS 511^[02] angeboten (s. Tab. 12). Die europäische Vereinigung der Düngerproduzenten hat in der revidierten Fassung ihres Handbuchs¹⁰ die Unterscheidung in A-, B- und C-Düngertypen aufgehoben und verwendet nur noch das UN-Klassierungssystem.

¹⁰ Guidance for the Storage, Handling and Transportation of Solid mineral Fertilizers, EFMA, April 2007 (www.efma.org)

Tab. 12 > Düngerklassierung (nur feste Dünger) gemäss TRGS 511, Anlage

Untergruppen	Massenanteil an Ammoniumnitrat in %	Andere Bestandteile	Besondere Bestimmungen
A I	≥ 90	Chloridgehalt ≤ 0,02 % Inerte Stoffe ≤ 10 %	Keine weiteren Ammoniumsalze erlaubt
A II	> 80 bis < 90	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat < 20 %	
A III	> 45 bis < 70	Ammoniumsulfat	Inerte Stoffe sind erlaubt.
A IV	> 70 bis < 90	Kaliumsalze, Phosphate in NP-, NK- oder NPK-Düngern, Sulfate in N-Düngern	
		Inerte Stoffe	
B I	≤ 70	Kaliumsalze, Phosphate, inerte Stoffe und andere Ammoniumsalze in NK- oder NPK-Düngern	Bei einem Massenanteil von mehr als 45 % Ammoniumnitrat darf der Massenanteil von Ammoniumnitrat und anderen Ammoniumsalzen zusammen nicht mehr als 70 % betragen
B II	≤ 45	Überschüssige Nitrate ≤ 10 %	Unbeschränkter Gehalt an verbrennlichen Bestandteilen. Über den Gehalt an Ammoniumnitrat hinausgehende überschüssige Nitrate als Kaliumnitrate berechnet
C I	≤ 80	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat ≥ 20 %	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat mit minimaler Reinheit von 90 %
C II	≤ 70	Inerte Stoffe	
C III	≤ 45	Phosphate und andere Ammoniumsalze in NP-Düngern	Massenanteil an Ammoniumnitrat und anderen Ammoniumsalzen darf zusammen 70 % nicht übersteigen
	> 45 bis < 70	Phosphate und andere Ammoniumsalze in NP-Düngern	
C IV	≤ 45	Ammoniumsulfat	Inerte Stoffe sind erlaubt.

Quelle: TRGS 511^[02]

Für die Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff (% N) in den Gewichtsanteil AN (% AN) ergibt sich aus der Summenformel ein **Umrechnungsfaktor** von **2,86** (s. Beispiele in Tab. 13). Voraussetzung ist, dass der angegebene Gehalt an Stickstoff sich auf den im AN gebundenen Stickstoff bezieht.

Tab. 13 > Beispiele zur Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff in den Gewichtsanteil AN

AN-Dünger	Gewichtsanteil AN im Dünger [% AN]
Ammonsalpeter 33 % N	≈ 94,4
Ammonsalpeter 27,5 % N	≈ 78,7
Ammonsalpeter 27 % N	≈ 77,2
Kalkammonsalpeter 20 % N	≈ 57,2

%N = Gewichtsanteil Stickstoff, gebunden in AN

Klassierung der AN-Dünger gemäss Sicherheitsinstitut (SI)

Die SI-Klassierung ergibt sich aus der Kombination der Klassierung gemäss TRGS 511^[02] und allfälligen Testresultaten (s. Tab. 14). Die TRGS bezeichnet die Dünger der Gruppe A als Zubereitungen, welche zur detonativen Umsetzung fähig sind, die Gruppe B als Zubereitungen, die zur selbstunterhaltenden fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind und die Gruppe C als Zubereitungen, die weder zur detonativen Umsetzung noch zur selbstunterhaltenden fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind, jedoch beim Erhitzen Stickoxide entwickeln. Die Zuteilung dieser Eigenschaften rein aufgrund der Zusammensetzung der AN-Dünger vermag jedoch mit der Produktentwicklung im Düngermarkt nicht mitzuhalten. Mittels standardisierter Tests kann nachgewiesen werden, welche gefährlichen Eigenschaften nicht vorhanden sind, woraus sich dann eine korrigierte SI-Klassierung ergibt.

Ein AN-Dünger der Gruppe A wird grundsätzlich als O1 klassiert und hat dementsprechend eine Mengenschwelle von 20000 kg. Bei bestandenen Detonationsfortpflanzungs- und Schweltests (keine Detonationsfortpflanzung, keine Schwelfähigkeit) wird der Dünger jedoch als O3 klassiert und erhält die Mengenschwelle von 200000 kg.

Ein AN Dünger der Gruppe B wird als O2 klassiert und hat eine Mengenschwelle von 20000 kg. Liegt ein bestandener Schweltest vor, so wird er als O3 klassiert und hat die Mengenschwelle 200000 kg.

Tab. 14 > Veranschaulichung der SI-Klassierung und entsprechender Mengenschwellen

Mengenschwellen

Klassierung nach SI			Mengenschwelle [kg]
TRGS 511		Testresultate	
A I	O1	Detonationsfortpflanzungstest bestanden:	20 000
A II			
A III			
A IV			
B I	O2	O3	20 000
B II			
C I	O3		200 000
C II			
C III			
C IV			

Annahmen und Berechnungsgrundlagen beim Szenario Detonation

Die Letalitätsradien in Abb. 2 wurden mit dem Programm Effects 7.4 von TNO unter Zuhilfenahme des TNT-Modells berechnet. Dabei wurde für AN gemäss Bericht SI^[16] ein konservativer Äquivalenzfaktor zu TNT von 1 gewählt. Der Letalitätsradius 10 % wurde in Anlehnung an andere, im Störfallbereich relevante Dokumente bei 0,21 bar angenommen («Schadenausmasseseinschätzung»^[17]; «Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen»^[18]; «CARBURA»^[19]).

Annahmen und Berechnungsgrundlagen beim Szenario Brand

Gemäss «Kurzbericht (StFV) Kanton VD»^[20] verschwelen/verbrennen bei einem AN-Düngerbrand 60 % der Düngermenge. Der Brand breitet sich nach Expertenschätzung mit einer maximalen Geschwindigkeit von 0,1–2 m/h aus. In der vorliegenden Berechnung wird im Einvernehmen mit der Arbeitsgruppe eine Geschwindigkeit von 1 m/h eingesetzt.

Bei einem AN-Düngerbrand entstehen verschiedene Gase, die für Mensch und Umwelt giftig sind. Zu den gefährlichsten zählen die nitrosen Gase (NO, NO₂, N₂O), die bei der thermischen Zersetzung des AN (NH₄NO₃) entstehen. Enthält ein AN-Dünger zusätzlich noch Beimischungen wie zum Beispiel Kaliumchlorid, so können bei der Zersetzung auch die giftigen Gase Chlor (Cl₂) und Chlorwasserstoff (HCl) entstehen. Da die Menge der nitrosen Gase aber deutlich überwiegt, werden für die Abschätzung der Wirkung nur diese betrachtet. Weil Stickstoffdioxid (NO₂) der Hauptbestandteil der Verbrennungsprodukte ist und angesichts der Tatsache, dass das Programm Effects von TNO für NO₂ eine Probitfunktion ausweist, wird die Wirkung der nitrosen Gase aufgrund von NO₂ ermittelt. Da NO₂ den tiefsten AEGL- respektive IDLH-Wert der drei oben erwähnten nitrosen Gase hat, entspricht dies auch der worst-case-Anforderung zur Ausmasseseinschätzung im Rahmen des Kurzberichtsverfahrens. Zur Berechnung der Freisetzungsrates wird angenommen, dass bei einem AN-Düngerbrand 10 % des Anteils an reinem AN als Stickstoffdioxid (NO₂) freigesetzt wird. Die Annahmen stützen sich auf den «Kurzbericht (StFV) Kanton VD»^[20] sowie auf das Dokument «Toxic Hazards from Chemical Warehouse Fires»^[21].

Zur Berechnung der Letalitätsradien in Abb. 3 wurde das Programm Effects 7.4 verwendet. NO₂ wurde nicht mit dem Schwergasmodell simuliert, da aus Bildern von Störfällen ersichtlich ist, dass die braune Stickoxidwolke durch die Brandthermik aufsteigt und sich in der Höhe mit dem Wind ausbreitet. Der Letalitätsradius wurde mit dem Modell «Neutral Gas Release» und folgenden Annahmen berechnet:

- > Art der Freisetzung: halb-kontinuierlich
- > Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 1 m/s
- > Stabilitätsklasse nach Pasquill-Gifford: D
- > Oberflächenrauigkeit: 1 m (Vorort oder Wald)
- > Umgebungstemperatur: 25 °C
- > Expositionsdauer: 10 Min
- > Expositionsort über Boden: 1,5 m
- > Konzentrations-Mittelungsdauer: 1 s

Die Dauer der Freisetzung wurde auf 10 Minuten angesetzt, da die Expositionszeit der Bevölkerung aufgrund der Fluchtmöglichkeiten auch 10 Minuten beträgt und eine länger andauernde Freisetzung die Bevölkerung nicht mehr betrifft. Eine Sensitivitätsanalyse mit Freisetzungsdauern von 30 Minuten und 60 Minuten hat keine anderen Resultate ergeben.

Für die Konzentrations-Mittelungsdauer wurde im Sinne einer genauen Berechnung ein Wert von 1 Sekunde verwendet. Eine Sensitivitätsanalyse mit Werten von 60 Sekunden und 1000 Sekunden hat gezeigt, dass die Letalitätsraten kleiner werden.

Da im Modell alle Personen als im Freien betrachtet wurden, was in Wirklichkeit zu konservativ ist, weil Personen in Gebäuden gut geschützt sind, wird in einem 60°-Sektor zum Brandort mit einer mittleren Letalität von 25 % innerhalb des 10%-Letalitätsbereichs gerechnet.

> Verzeichnisse

Abkürzungen

AN

Ammoniumnitrat

AN-Dünger

ammoniumnitratthaltige Dünger

SDB

Sicherheitsdatenblatt

SI / SWISSI

Schweizerisches Institut zur Förderung der Sicherheit
(Sicherheitsinstitut)

StFV

Störfallverordnung

TRGS

Technische Regeln für Gefahrstoffe

Abbildungen

Abb. 1

Handelsstruktur Düngemarkt Schweiz 2009 9

Abb. 2

Letalitätsradien infolge des Überdrucks bei einer Detonation 24

Abb. 3

Letalitätsradien infolge der Freisetzung von NO₂ 25

Tabellen

Tab. 1

Physikalisch-chemische Eigenschaften von AN 11

Tab. 2

Stoffe, mit denen Ammoniumnitrat gefährliche Reaktionen
eingeht (Aufzählung nicht abschliessend) 12

Tab. 3

Wichtige Kapitel im SDB 13

Tab. 4

Beispiel zur Erläuterung, wann eine Mengenschwelle (MS)
überschritten ist 15

Tab. 5

Beispiel einer Brandabschnittsbildung 17

Tab. 6

Erweiterte Anforderungen bei der Lagerung von AN-Düngern
der SI-Klassen 01–03 18

Tab. 7

Zusammenlagerungsbedingungen für feste AN-Dünger der SI-
Klassen 01–03 19

Tab. 8

Beispiel zur Bestimmung des Löschwasser-
Rückhaltevolumens 20

Tab. 9

Repräsentative Detonations- und Brandereignisse mit AN oder
AN-Düngern 22

Tab. 10

Rechenbeispiel: Explosionsrelevante Menge AN im Dünger 23

Tab. 11

Rechenbeispiel: NO₂-Freisetzungsrage bei einem AN-
Düngerbrand 25

Tab. 12

Düngerklassierung (nur feste Dünger) gemäss TRGS 511,
Anlage 28

Tab. 13

Beispiele zur Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff in
den Gewichtsanteil AN 28

Tab. 14

Veranschaulichung der SI-Klassierung und entsprechender
Mengenschwellen 29

> Glossar

Deflagration

Die Eigenschaft, dass in einem nichtexplosiven festen Stoff eine lokal ausgelöste exotherme Zersetzung sich auch in Abwesenheit von Sauerstoff (Luft) fortpflanzt, wird selbständige Zersetzung («Deflagration») genannt. (Quelle: ESCIS 1/1998, «Sicherheitstests für Chemikalien», 4. Aufl., Pkt. 2.4.8). www.sapros.ch

Anmerkung: In der TRGS 511^[02] wird dies als «selbsterhaltend fortschreitende thermische Zersetzung» genannt.

Detonation

Detonation ist eine Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt, sie ist gekennzeichnet durch eine Stosswelle. (Quelle: TRBS 2152, Pkt 2.1 (8))

Oxidierend wirkend

Umfasst Stoffe, die obwohl selbst nicht notwendigerweise brennbar, im Allgemeinen durch Abgabe von Sauerstoff einen Brand verursachen oder einen Brand anderer Stoffe unterstützen können, sowie Gegenstände, die solche Stoffe enthalten. (Quelle: ADR 2009, Pkt. 2.2.51.1.1)

Oder: Stoffe, welche die Verbrennung fördern und diese auch unter Luftabschluss unterhalten oder Stoffe welche brennbare Stoffe entzünden können oder mit ihnen explosive Gemische bilden. (Quelle: SI, «Klassierung von Stoffen und Waren», 2003, Pkt. 2.2)

Schmelbrand (schwelen)

Unvollständige Verbrennung, endo- oder exotherme Zersetzung, selbstständige Zersetzung, Pyrolyse (thermo-chemische Spaltung organischer Verbindungen); (Quelle: ESCIS 1/1998, «Sicherheitstests für Chemikalien», 4. Aufl., Pkt. 2.4.9). www.sapros.ch

Anmerkung: In der TRGS 511^[02] wird dies als «selbsterhaltend fortschreitende thermische Zersetzung» genannt.

> Literatur

- [01] Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StfV) vom 27. Februar 1991 (SR 814.012). www.admin.ch/ch/d/sr/c814_012.html
- [02] TRGS 511, Ammoniumnitrat, Ausgabe Juni 2004. www.baua.de/nn_16688/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-511.html?nn=true
- [03] Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:304:0001:0194:DE:PDF>
- [04] Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Manual of Tests and Criteria – 5th Revised Edition, United Nations, Economic Commission for Europe, Dec 2009. www.unece.org/trans/danger/publi/manual/Rev4/ManRev4-files_e.html (deutsche Übersetzung des BAM). www.bam.de/de/service/publikationen/publikationen_medien/handbuch_befoerderung_gefaehrlicher_queter.pdf
- [05] Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV) vom 10. Januar 2001 (SR 916.171). www.admin.ch/ch/d/sr/c916_171.html
- [06] Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Schweizerische Chemikalienverordnung, ChemV) vom 18. Mai 2005, (SR 813.11). www.admin.ch/ch/d/sr/c813_11.html
- [07] Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR), 20. Juli 1972. www.astra.admin.ch/themen/schwerverkehr/00246/02056/index.html?lang=de
- [08] BAFU 2008: Handbuch I zur Störfallverordnung (StfV), herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00095/index.html?lang=de
- [09] VKF, Brandschutznorm, Bern, Stand: 20.10.2008. http://bsvonline.vkf.ch/web/Norm/Norm_d.asp
- [10] VKF, Liste der Richtlinien. <http://bsvonline.vkf.ch/web/BSVonlineStart.asp?Sprache=d>
- [11] VKF, Verzeichnis, Weitere Bestimmungen, aktuelle Ausgabe: 02.05.2006. <http://bsvonline.vkf.ch/web/Verzeichnisse/BSV41/41-03d.asp>
- [12] Comité Européen des Assurances (CEA) 1994: Lager mit gefährlichen Stoffen – Empfehlungen für den Brandschutz, CEA-Sekretariat, Zürich.
- [13] Sicherheitsinstitut, Klassierung von Stoffen und Waren, aktueller Stand: 2003.
- [14] AWEL 2007: Betrieblicher Umweltschutz – Richtiger Umgang mit Löschwasser, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich. www.bus.zh.ch/internet/bd/awel/awb/bus/de/doku.html
- [15] BUWAL 1996: Beurteilungskriterien I zur StfV, herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00554/index.html?lang=de
- [16] Sicherheitsinstitut 2005: Grundlagen für die Festlegung von Sicherheitsanforderungen an die Lagerung von Ammoniumnitrat, Zürich, 29. Juli 2005.
- [17] Direktion des Innern des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge 1992: Schadenausmassschätzung (Referenzbeispiele und Hilfsmittel), Zürich.
- [18] Plüss Ch. et al. 1997: Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen, Rahmenbericht der Schweizerischen Erdgaswirtschaft, revidierte Ausgabe 1997, Erdgas Ostschweiz AG, Postfach 610, 8010 Zürich.
- [19] CARBURA 2006: Schweizerische Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe, Rahmenbericht über die Sicherheit von Stehtankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe, revidierte Ausgabe 2005, SKS Ingenieure, Zürich, 2005. www.carbura.ch/strfall.0.html?&L=1&L=0
- [20] Frésard Y. 1997: Entrepôts de commerce agricole – Généralités et bases de calcul en vue de l'établissement du rapport succinct selon OPAM. Service de l'environnement et de l'énergie, Ch. des Boveresses 155, 1066 Epalinges.
- [21] Smith-Hansen L. 1994: Toxic Hazards from Chemical Warehouse Fires, Risø-R-713(EN), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- [22] Datenbank IGS: <http://igs.naz.ch/igsmain/>