

> Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitratehaltige Dünger

Vollzugshilfe

**Entwurf zur Stellungnahme
bis zum 31. März 2010**

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

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

Zitiervorschlag

Bonomi D. et al. 2010: Störfallvorsorge bei Lager für ammoniumnitrat-haltige Dünger. Umwelt-Vollzug Nr. Bundesamt für Umwelt, Bern: 32 S.

Gestaltung

-

Titelfoto

-

Download PDF

www.umwelt-schweiz.ch/.....

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UV-.....-D

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache erhältlich (.....).

© BAFU 2010

> Inhalt

Abstracts	5	Verzeichnisse	31
Vorwort	7	Abkürzungen	31
Einleitung	8	Abbildungen	31
		Tabellen	31
		Literatur/Referenzen	31
<hr/>			
1	Eigenschaften der AN-Dünger	11	
1.1	Hier einmal anklicken und Text eingeben	11	
	Physikalisch-chemische Eigenschaften	11	
1.2	Angaben auf den Sicherheitsdatenblättern	13	
<hr/>			
2	Erfahrungen aus bisherigen Störfällen mit AN oder AN-Düngern	14	
<hr/>			
3	Sicherheitsmassnahmen	16	
3.1	Einführung	16	
3.2	Brandschutz	16	
3.3	Lagerungs- und Zusammenlagerungsbedingungen	18	
3.4	Löschwasser-Rückhalt	20	
3.5	Weitere Sicherheitsmassnahmen nach StFV	21	
<hr/>			
4	Abklärungen zum Geltungsbereich der StFV	22	
<hr/>			
5	Kurzbericht	25	
5.1	Allgemeines	25	
5.2	Störfallszenarien	25	
5.2.1	Szenario Explosion	26	
5.2.2	Szenario Brand	26	
<hr/>			
6	Hinweise für die Risikoermittlung	28	
<hr/>			
Anhang		29	

> Abstracts

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich an die Inhaber von Düngelagern von 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 ist in der Vollzugshilfe der Stand der Sicherheitstechnik für AN-Düngerlager festgehalten.

Keywords:

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

Mots-clés:

Parole chiave:

> Vorwort

Wird am Schluss vom BAFU verfasst.

Name

Funktion

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Einleitung

Die Explosion eines Ammoniumnitrat-Lagers im französischen Toulouse im Jahre 2001 veranlasste verschiedene europäische Staaten wie auch die Schweiz, die Aspekte der Störfallvorsorge bei der Lagerung ammoniumnitrat-haltiger 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) in der Schweiz im Bereich der AN-Dünger ungenügend harmonisiert ist. So werden zur Abklärung des Geltungsbereichs der StFV je nach Kanton unterschiedliche Mengenschwellen verwendet. Zum Beispiel wird 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 angewendet.

Ausgangslage

Seit 1991 hat sich der Umschlag aller Düngersorten in der Schweiz von rund 520 000 Tonnen pro Jahr (t/a) auf 270 000 t/a halbiert (Abb. 1). 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

Es werden jährlich insgesamt etwa 65 000 t AN-Dünger in der Schweiz hergestellt. Dabei handelt es sich hauptsächlich um mineralische AN-Einnährstoffdünger, wobei Ammonsalpeter mit einem Stickstoffgehalt von 27,5 % etwa die Hälfte ausmacht. Zusätzlich werden jährlich rund 75 000 t AN-Einnährstoffdünger aus dem EU-Raum in die Schweiz importiert. Die in der Schweiz verwendeten mineralischen Mehrnährstoffdünger werden grösstenteils im EU-Raum produziert und daraus importiert. Die AN-Düngerimporte 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.

Herkunft und Handelsstruktur

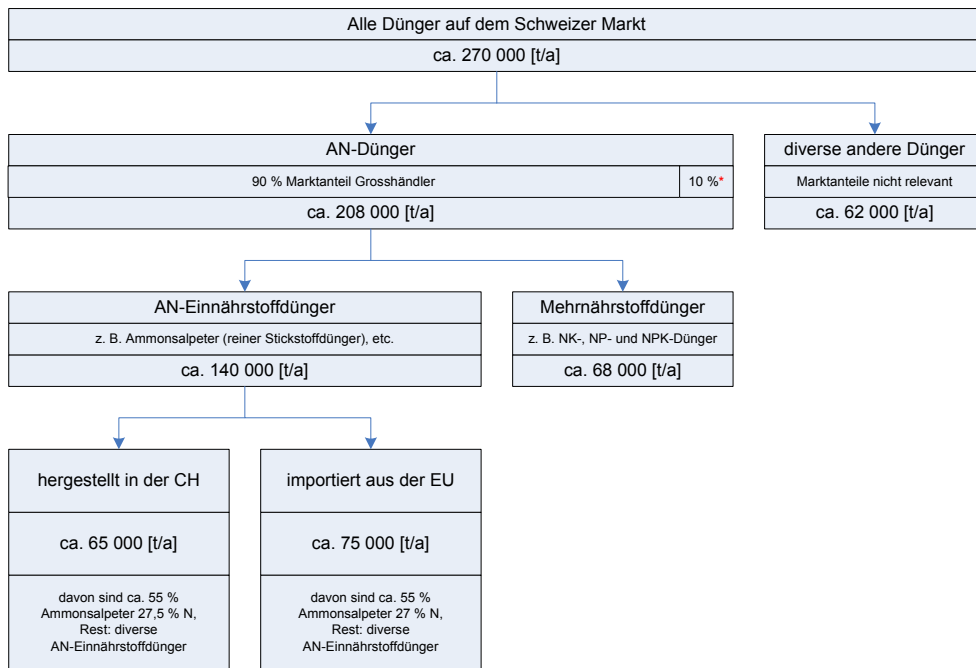
Die Lagerbestände sind jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Während vier Monaten im Jahr sind die Lager voll. Für grosse Primärlager sind das die Monate Mai bis September, für mittlere und kleinere Sekundärlager (z. B. auch Bauernhöfe) die Monate September bis November. In den übrigen Monaten des Jahres sind die Lager etwa zu 2/3 belegt.

Düngerlagerung

Die Aktualisierung des Eidgenössischen Risikokatasters (ERKAS) gemäss StFV im Jahre 2005 ergab, dass in der Schweiz 70 Betriebe aufgrund der Überschreitung einer Düngermengenschwelle der StFV unterstehen (dies unter Vorbehalt der oben erwähnten Unterschiede in der Vollzugspraxis).

ERKAS 2005

Abb. 1 > Handelsstruktur Düngemarkt Schweiz 2009



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

Quelle: Grosshändler und Agricura

Das BAFU will mit dieser Vollzugshilfe, basierend auf den im Anhang vermerkten Umwelt-, Dünger- und Chemikalienvorschriften, einen einheitlichen Vollzug der *StFV* in den verschiedenen Kantonen fördern. Dabei soll ein einheitliches Verständnis der Stoffeigenschaften, der Mengenschwellen und der massgebenden Störfallszenarien geschaffen und die effiziente Umsetzung des Stands der Sicherheitstechnik bei den unterstellten Betrieben gefördert werden. Die Vollzugshilfe dient zudem der Abklärung, ob ein Betrieb in den Geltungsbereich der *StFV* fällt, 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 Störfallvorsorge, und wurde nach einer Vernehmlassung von den Vollzugsstellen am Kontaktgremium vom ... 2010 verabschiedet.

Ziel

Die vorliegende Vollzugshilfe richtet sich an die Inhaber von AN-Düngerlagern. Für die Vollzugsbehörden ist sie ein Hilfsmittel hinsichtlich einheitlicher Kontrollen und Beurteilungen im Rahmen ihrer Vollzugsaufgaben.

Adressaten

Nicht betroffen von dieser Vollzugshilfe ist der Transport.

In Kapitel 1 werden die Eigenschaften der AN-Dünger vorgestellt. Kapitel 2 nimmt Bezug auf bisherige Störfälle im Zusammenhang mit AN und AN-Düngern. In Kapitel 3 wird ein Überblick über die eigenverantwortlich zu treffenden Sicherheitsmassnahmen gegeben. Kapitel 4 geht auf die Abklärungen im Rahmen des Geltungsbereichs der StFV ein. Wie im Rahmen des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens der Kurzbericht zu erstellen ist und welche Störfallszenarien berücksichtigt werden müssen, wird in Kapitel 5 abgehandelt. In Kapitel 6 erfolgt ein kurzer Ausblick auf eine allfällige Risikoermittlung.

Inhalt und Aufbau

1 > Eigenschaften der AN-Dünger

1.1 Hier einmal anklicken und Text eingeben Physikalisch-chemische Eigenschaften

AN-Dünger bestehen hauptsächlich aus AN in verschiedenen Konzentrationen. Dieser Stoff ist ein in Wasser leicht lösliches Salz (vgl. Tab. 1) und hygroskopisch (wasseranziehend). Der Lösungsprozess von AN in Wasser ist endotherm (das sich im Wasser lösende AN entzieht der Umgebung Wärme, die Lösung kühlt sich daher ab).

Ammoniumnitrat

Tab. 1 > Überblick über AN

Bezeichnung (Trivialnamen)	Substanz Ammoniumnitrat	Physikalisch-chemische Eigenschaften
Ammoniumnitrat (Ammonsalpeter, salpetersaures Ammoniak, Ammoniaknitrat, Ammoniakalpeter, Ammonnitrat)	Summenformel: NH_4NO_3 Molekulargewicht: 80,04 [g/mol] CAS-Nr.: 6484-52-2 EU-Nr.: 229-347-8 UN-Nr.: 1942 Gefahrenklasse: 5.1	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)

Stoffe, mit denen Ammoniumnitrat gefährliche Reaktionen eingeht

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
Ammoniumdichromat; Essigsäure/Wärme; Kaliumdichromat; Metallnitriten; Natriumchlorid; Phosphor / leichtem Stoss	gefährlichen Reaktionen

Quelle: GESTIS Datenbank

Für die Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff (% N) in den Gewichtsanteil AN (% AN) wird ein **Umrechnungsfaktor** von **2,86** verwendet. Voraussetzung ist, dass der angegebene Gehalt an Stickstoff sich auf den im AN gebundenen Stickstoff bezieht.

Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff in den Gewichtsanteil AN

Tab. 2 > Beispiele zur Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff in den Gewichtsanteil AN

AN-Dünger ¹⁾	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

¹⁾ %N = Gewichtsanteil Stickstoff, gebunden in AN

Die bei der Lagerung von AN-Düngern wichtigsten physikalisch-chemischen Eigenschaften sind die Brand- und die Explosionsgefahr, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Gefahren bei der Lagerung von AN-Düngern

AN-Dünger sind Stoffgemische mit unterschiedlichen Konzentrationen an AN. Mit den Beimischungen verändert sich das chemische Reaktionsverhalten erheblich (vgl. Tab. 1). Vereinfacht gesagt kann davon ausgegangen werden: je niedriger der AN-Gehalt, desto geringer die Explosionsgefahr. Deshalb ist es wichtig, dass die Zusammensetzung des AN-Düngers bekannt und im Sicherheitsdatenblatt festgehalten ist. Zudem 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.

Explosionsgefahr

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

Wässrige Lösungen, Suspensionen

Eine eindeutige Beurteilung der AN-Dünger bezüglich detonativer Umsetzung ist aus oben genannten Gründen (Beimischungen, Konfektionierung des Düngers) nur aufgrund von Detonationsfortpflanzungstests möglich. Nach dem Unglück in Toulouse wurde dieser Test in der EG-Düngemittelverordnung EG 2003/2003 für AN-Dünger mit einem Gewichtsanteil von AN grösser als 80 % (28 % N) obligatorisch. Solche Dünger dürfen in der EU nur nach bestandem Test und in verpackter Form an den Endverbraucher abgegeben werden. Dieser Detonationsfortpflanzungstest ist auch in die deutschen *Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)* aufgenommen worden; die TRGS 511 befasst sich mit AN-haltigen Zubereitungen.

Detonationsfortpflanzungstest

Reines AN und AN-Dünger brennen alleine nicht, sind aber brandfördernd und erhöhen somit die Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen. AN-Dünger können einen bestehenden Brand erheblich fördern und neigen zu Schwelbränden. Als Reaktionsprodukte entstehen die für den Menschen giftigen Stickoxide.

Brandgefahr

1.2

Angaben auf den Sicherheitsdatenblättern

Gemäss der schweizerischen Dünger-Verordnung (DüV) müssen auf importierten Düngern Name und Adresse der für das Inverkehrbringen oder den Import verantwortlichen Firma deklariert sein (allgemeine Kennzeichnungsvorschrift, Art. 24 Abs. 2 Bst. d DüV). Hersteller und Importeure von AN-Düngern haben zudem gemäss Artikel 7 und Artikel 52 der schweizerischen Chemikalienverordnung (ChemV) für Stoffe oder Zubereitungen, welche die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt gefährden können, ein Sicherheitsdatenblatt (SDB) zu erstellen. Gemäss Artikel 56 ChemV muss die berufliche oder gewerbliche Abnehmerin das SDB aufbewahren, solange in ihrem Betrieb mit dem betreffenden Stoff oder der betreffenden Zubereitung umgegangen wird.

Pflichten der Hersteller, Importeure und Inhaber

Für die Inhaber von AN-Lagern sind vor allem die folgenden Kapitel des SDB von besonderer Bedeutung (Tab. 3):

Relevante Kapitel im SDB

Tab. 3 > Wichtige Kapitel im SDB

Kapitel	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

Quelle: ChemV

Mithilfe der in Kapitel 3 des SDB gemachten Angaben zur Zusammensetzung sollte es möglich sein, unter Zuhilfenahme von Tabelle 9 in Kapitel 4 eine eindeutige Mengenschwelle zu bestimmen.

Mengenschwelle

Jeder Inhaber von AN-Düngerlagern 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 Tabelle 3 aufgeführten Kapiteln vorhanden sind und ob ein allfällig durchgeführter Detonationsfortpflanzungstest in Kapitel 9 des SDB ausgewiesen ist. Wenn keine Informationen vorliegen, kann der Inhaber diese beim Hersteller – notfalls auch über die Vollzugsstellen für die Chemikalienverordnung (Liste der Vollzugsstellen für die ChemV) – beschaffen.

Eigenverantwortung der Inhaber von AN-Düngerlagern

2 > Erfahrungen aus bisherigen Störfällen mit AN oder AN-Düngern

In der Vergangenheit ist es immer wieder zu Explosionen und Bränden gekommen, bei denen AN oder AN-Dünger im Spiel waren. Repräsentative Ereignisse sind unter anderen in umgekehrter chronologischer Reihenfolge aufgeführt (Tab. 4):

Repräsentative Ereignisse

Tab. 4 > Wichtige Explosions- und Brandereignisse in Bezug auf AN oder AN-Dünger

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/Explosion 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 Explosion • 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
Explosion von AN in Toulouse 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) 300 t	Unbekannt, aber vorhanden als Verunreinigung
Brand eines AN-Düngers in Nantes 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 Lager-räume über, wo andere Chemikalien und auch AN gelagert waren.)

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

Bei diesen Ereignissen war entweder ein zusätzlicher Stoff beteiligt oder eine initiierende Energie, welche die entsprechende AN-Zubereitung zur Zündung und/oder zur Explosion gebracht hat. Zusätzliche Stoffe sind hier einerseits brennbare Stoffe wie Öle, Farben und Paraffin, andererseits Stoffe, die die Zersetzung von AN katalytisch bis hin zur Explosion beschleunigen. Speziell Chloride, Chlorate und Chlorite haben solche katalytischen Wirkungen auf AN. Initiierende Energien können zum Beispiel ein Brand oder heisse Oberflächen sein.

Erkenntnisse

3 > Sicherheitsmassnahmen

3.1 Einführung

Inhaber von Betrieben, die der StFV 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 und basiert vor allem auf den Brandschutzrichtlinien der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) der Schweiz. Weiterführende Bestimmungen zur Lagerung von AN-Düngern wurden aus der deutschen TRGS 511 übernommen (sie beziehen sich ausschliesslich auf feste AN-Dünger). Generell gilt, dass Brandschutzmassnahmen auch dann erforderlich sind, wenn die Mengenschwellen gemäss StFV unterschritten sind und ein Betrieb nicht der StFV untersteht. Das 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 am Schluss dieses Kapitels detailliert erläutert.

3.2 Brandschutz

Massgebend für die zu treffenden Brandschutzmassnahmen sind die gesamtschweizerisch geltenden Brandschutzvorschriften der VKF. Diese setzen sich zusammen aus der Brandschutznorm und den themenbezogenen Brandschutzrichtlinien. Die VKF legt fest, was im Brandschutz in der Schweiz als Stand der Technik anerkannt ist. Dabei erklärt sie Publikationen anerkannter Fachorganisationen ganz oder teilweise als anwendbar.

Regelwerke

Als Ergänzung zur Brandschutzrichtlinie «Gefährliche Stoffe» hat die VKF das Dokument «LAGER MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN – Empfehlungen für den Brandschutz», Ausgabe 1994 des Comité Européen des Assurances (CEA) 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 «Stoffe und Waren – Klassierung zur Risikobewertung», Ausgabe 1994 des Comité Européen des Assurances (CEA) vorgenommen (Brandgefährlichkeitsgrad nach Angaben des Sicherheitsinstituts SI).

Klassierung gefährlicher Stoffe

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 Schmelbrände nicht ausgeschlossen werden können, sind ergänzend zu Sprinkler- 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.
- > Durch geeignete Massnahmen wie Alarmierungs- und Einsatzkonzepte ist sicherzustellen, 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.

Tab. 5 > Beispiel einer Brandabschnittsbildung

Brandabschnittsbildung

Schritt	Was	Resultat
1	Definieren des Lagergutes und der Menge	Düngertyp: Ammonsalpeter 27,5 % N (≈ 78,7 % Ammoniumnitrat); negativer Detonationsfortpflanzungstest Menge: ca. 12'000 t
2	Klassierung des AN-Düngers	O3 = Mengenschwelle 200 t
3	Untersteht der StfV: ja/nein	Ja
4	Wählen der Konzeptkategorie (Löschkonzept: Für AN-Dünger wird empfohlen, die Konzeptkategorie K4 zu realisieren.)	Z. B. Konzeptkategorie K4 (Brandabschnitte und automatische Löschanlage mit automatischer Alarmübermittlung an öffentliche Feuerwehr)
5	Brandabschnittsgrösse festlegen	5 Brandabschnitte à 2400 t pro Brandabschnitt

Quelle: «LAGER MIT GEFAHRLICHEN STOFFEN – Empfehlungen für den Brandschutz», Ausgabe 1994 des Comité Européen des Assurances (CEA)

Werden niedrigere Konzeptkategorien gewählt (z. B. **K2**: Brandabschnitte und automatische Brandmeldeanlage mit automatischer Alarmübermittlung an öffentliche Feuerwehr), müssen die Brandabschnitte entsprechend kleiner definiert werden. Es wird empfohlen, die erforderlichen Brandschutzmassnahmen rechtzeitig mit der Brandschutzbehörde festzulegen.

3.3 Lagerungs- und Zusammenlagerungsbedingungen

Bei der Lagerung von AN-Düngern sind die erweiterten Anforderungen gemäss der deutschen TRGS 511, die über die Definitionen der Brandschutzrichtlinien der VKF hinausgehen, als zu berücksichtigende «Regeln der Technik» zu betrachten. Sie sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Zusätzliche Lagerbedingungen nach TRGS 511

Tab. 6 > Erweiterte Anforderungen bei der Lagerung von AN-Düngern der 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 gegen Verunreinigung; Schutz gegen gefährliche Zusammenlagerung	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung getrennt von brennbaren Stoffen und speziell von Stoffen, die chemische Reaktionen mit AN eingehen. Gilt auch im Freien, wenn ein Mindestabstand von 5 m nicht eingehalten ist oder keine feuerbeständige Abtrennung besteht. • Mit einem Abstand von 2,5 m dürfen alkalisch reagierende Stoffe gemeinsam gelagert werden. • Im gleichen Lagerraum dürfen z. B. nicht gelagert werden: Schmieröle, Pflanzenöle, Anstrichmittel, Lacke, ätzende Stoffe, Peroxide, chlororganische Verbindungen, unverpackte Stäube und Granulate, Papier, Textilien, Holz, Heu. • Brennbare Stoffe dürfen in einem Abstand von 2,5 m im gleichen Brandabschnitt wie O2- und O3-Dünger gelagert werden, sofern diese abgepackt sind.
Schutz vor unbefugtem Zugang	Hinweisschilder und abgeschlossene Bereiche.
Verhinderung von Wärmeeintrag	Sicherheitsabstand von mind. 0,5 m von 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.
Schutz gegen gefährliche Zusammenlagerung	Leere Holzpaletten müssen ausserhalb des Lagerraums gelagert werden.
Zusätzliche Massnahmen für AN-Dünger der Klasse O1 und eine Lagermenge >1 t	
Zündquellen	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.
Schutz gegen Verunreinigung; Schutz gegen gefährliche Zusammenlagerung	<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.
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.
Detonationsfähigkeit	Test erforderlich, Anleitung und Prüfung gemäss <u>TRGS 511</u> bzw. EG 2003/2003.

Quelle: TRGS 511

Für die Zusammenlagerung sind die spezifischen Anforderungen aus der TRGS 511 in Tabelle 7 zusammengefasst. Weiterführende Anforderungen können dem Dokument Kurzbericht (StfV) Kanton VD, Oktober 1997 entnommen werden.

Zusammenlagerungsbedingungen

Tab. 7 > Zusammenlagerungsbedingungen für alle festen AN-Dünger der 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

Zusammenlagerung ist zulässig mit

anderen, mit Dünger nicht reagierenden Stoffen wie z. B.	Ammoniumsulfat, Harnstoff, Kalidünger, kohlenaurer Kalk (Calciumcarbonat), Magnesiumsulfat, PK-Dünger
--	---

Quelle: TRGS 511

3.4

Löschwasser-Rückhalt

Reines AN ist nach der deutschen «Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS)» als schwach wassergefährdend (WGK1) einzustufen. Aus diesem Grund benötigen AN-Düngerlager ein Löschwasser-Rückhaltevolumen, das nach der Richtlinie «LAGER MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN – Empfehlungen für den Brandschutz», Ausgabe 1994 des Comité Européen des Assurances (CEA) bestimmt wird. 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. (Richtiger Umgang mit Löschwasser, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich, Juni 2007)

Wassergefährdung

Am Beispiel der Brandabschnittsbildung in Tabelle 5 illustriert Tabelle 8 die Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens wie folgt:

Tab. 8 > Beispiel zur Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens

Schritt	Was	Resultat
1	Definieren des Lagergutes und der Menge	Düngertyp: Ammonsalpeter 27,5 % N (\approx 78,7 % AN) Menge: 12 000 t
2	Klassierung des AN-Düngers	O3 = Mengenschwelle 200 t
3	Wählen der Konzeptkategorie (Löschkonzept: Für AN-Dünger wird empfohlen, die Konzeptkategorie K4 zu realisieren.)	Z. B. Konzeptkategorie K4 (Brandabschnitte und automatische Löschanlage mit automatischer Alarmübermittlung an die öffentliche Feuerwehr)
4	Brandabschnittsgrösse mithilfe der Klassierung des Düngers und der gewählten Konzeptkategorie festlegen	5 Brandabschnitte à 2400 t pro Brandabschnitt
5	Löschwasser-Rückhaltevolumen aus Tabelle ablesen anhand der: - gewählten Konzeptkategorie - Klassierung des Düngers - Brandabschnittsgrösse	Wird von einer Lagerdichte von 3 t/m ² (3 Paletten hohes Blocklager) ausgegangen, muss ein Löschwasser-Rückhaltevolumen von 300 m ³ vorgesehen werden.

Quelle: «Lager mit gefährlichen Stoffen – Empfehlungen für den Brandschutz», Ausgabe 1994 des Comité Européen des Assurances (CEA)

3.5

Weitere Sicherheitsmassnahmen nach StfV

Die Wahl eines geeigneten Standorts für einen Betrieb ist zentral und sollte so vorgenommen werden, dass die nachteiligen Auswirkungen auf die Bevölkerung bei einem Störfall möglichst gering sind. In diesem Sinne soll vermieden werden, dass sich innerhalb des Wirkungsbereichs Einrichtungen mit schwer evakuierbaren Personen oder sensitive Bauten wie Kindergärten, Schulen, Altersheime, Spitäler, Hotels, 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 (Anh. 2.1 StfV) zählt zudem die Senkung des Gefahrenpotenzials. Dies kann bei einem Düngerlager 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

4 > Abklärungen zum Geltungsbereich der StFV

Da AN-Dünger weder stark human- noch ökotoxisch sind, fallen diese beiden Kriterien zur Bestimmung der Mengenschwelle weg (s. Kriterienliste Anh. 1.1 Ziff. 4 StFV). Massgebend sind somit das Kriterium Brand- und Explosionseigenschaften und die Klassierung gemäss Sicherheitsinstitut (SI).

Abklärungen des Inhabers zum Geltungsbereich

Die Bestimmung erfolgt aufgrund der Zusammensetzung des AN-Düngers und unter Zuhilfenahme von Tabelle 9¹.

Die in Tabelle 9 verwendeten Gruppen A, B und C beziehen sich auf die Bezeichnungen in der TRGS 511. Gruppe A bezeichnet Zubereitungen, welche zur detonativen Umsetzung fähig sind. Gruppe B bezeichnet Zubereitungen, die zur selbstunterhaltenden fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind. Gruppe C bezeichnet Zubereitungen, die weder zur detonativen Umsetzung noch zur selbstunterhaltenden fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind, jedoch beim Erhitzen Stickoxide entwickeln.

Gruppen nach TRGS 511

Eine Mengenschwelle gilt nach Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV) dann als überschritten, wenn 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.

Wann ist eine Mengenschwelle überschritten?

¹ Die Tabelle wurde aufgrund des vom Sicherheitsinstitut im Bericht SI angestellten Quervergleichs des Klassierungssystems nach TRGS 511 und des in der Schweiz gültigen Brandgefährlichkeitsgrads gemäss Sicherheitsinstitut erstellt.

Tab. 9 > Klassierung und Mengenschwellen der AN-Dünger

Mengenschwellen

Klassierung <i>TRGS 511</i> (Die Klassierung für die Gruppe A IV der AN-Dünger wurde auf CH-Verhältnisse angepasst)							Besondere Bestimmungen Schweiz		
Gruppe	Andere Bestandteile	Besondere Bestimmungen	AN [% AN]		Stickstoff gebunden im AN [% N]		Brandgefährlichkeitsgrad nach SI	Mengen-schwelle [kg]	
A I	Chloridgehalt $\leq 0,02\%$ Inerte Stoffe $\leq 10\%$	Keine weiteren Ammoniumsalze erlaubt	≥ 90		$\geq 31,50$		O1	sehr starkes Ox.-mittel	20 000
A II	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat $< 20\%$		> 80	< 90	$> 28,00$	$< 31,50$			
A III	Ammoniumsulfat		> 45	≤ 70	$> 15,75$	$\leq 24,50$			
A IV	Kaliumsalze, Phosphate in NP-, NK- oder NPK-Düngern; inerte Stoffe	Bei bestandenem Detonationstest (keine Detonationsfortpflanzung) sind die Mengenschwellen entsprechend der Gruppe C I anzuwenden. ²	> 70	< 90	$> 24,50$	$< 31,50$			
B I	Kaliumsalze, Phosphate, inerte Stoffe und andere Ammoniumsalze in NK- oder NPK-Düngern	Bei einem Massenanteil von mehr als 45 v. H. Ammoniumnitrat darf der Massenanteil von Ammoniumnitrat und anderen Ammoniumsalzen zusammen nicht mehr als 70 % betragen.	≤ 70		$\leq 24,50$		O2	starkes Ox.-mittel	20 000
B II	Überschüssige Nitrate $\leq 10\%$	Unbeschränkter Gehalt an verbrennlichen Bestandteilen. Über den Gehalt an Ammoniumnitrat hinausgehende überschüssige Nitrate als Kaliumnitrat berechnet.	≤ 45		$\leq 15,75$				
C I	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat $\geq 20\%$	Kalkstein, Dolomit oder Calciumcarbonat mit minimaler Reinheit von 90 %	≤ 80		$\leq 28,00$		O3	schwaches Ox.-mittel	200 000
C II	Inerte Stoffe		≤ 70		$\leq 24,50$				
C III	Phosphate und andere Ammoniumsalze in NP-Düngern		≤ 45		$\leq 15,75$				
C III	Phosphate und andere Ammoniumsalze in NP-Düngern	Massenanteil an Ammoniumnitrat und anderen Ammoniumsalzen darf zusammen 70 % nicht übersteigen.	> 45	≤ 70	$> 15,75$	$\leq 24,50$			
C IV	Ammoniumsulfat		≤ 45		$\leq 15,75$				

Quelle: *TRGS 511, Bericht SI*² Besondere Bestimmungen in der Schweiz

Für die in der Schweiz gängigsten AN-Dünger wird von den Vertreterinnen und Vertretern der Düngerproduzenten und der Grosshändler eine Mengenschwellenliste

Mengenschwellenliste für AN-Dünger

erarbeitet. Sie 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.

Im Rahmen der Überprüfungen 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, Kap. 2.2.1 im Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV)).

Unterstellungsverfügung

5 > Kurzbericht

5.1 Allgemeines

Der Inhaber hat eigenverantwortlich aufgrund der Angaben in Kapitel 4 abzuklären, ob sein Betrieb in den Geltungsbereich der StFV fällt. Falls ja, hat er gemäss nachfolgenden Abschnitten einen Kurzbericht zu erstellen und bei der Vollzugsbehörde einzureichen.

Abklärungen zum
Geltungsbereich der StFV

Der Kurzbericht ist nach den Vorgaben im Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV) zu erstellen. Die kantonalen Vollzugsbehörden haben zum Teil eigene Anleitungen erarbeitet, die in der Regel auf den Internetseiten der entsprechenden Vollzugsstellen zu finden sind. Die Einschätzung des Ausmasses der Störfallszenarien hat gemäss den Angaben in Kapitel 5.2 zu erfolgen.

Kurzbericht

5.2 Störfallszenarien

Wie die bisherigen Erfahrungen zeigen (Kap. 2), sind die Szenarien Explosion und Brand mit der Freisetzung von toxischen Gasen relevant. Das Szenario Explosion ist nur zu berücksichtigen, wenn der Dünger zur detonativen Umsetzung fähig ist. Das Szenario Brand mit der Freisetzung von toxischen Gasen ist für alle AN-Dünger zu berücksichtigen.

Brand, Explosion

Grundsätzlich ist der Stand der Sicherheitstechnik betreffend Löschwasser-Rückhalt einzuhalten (s. Kap. 3.4). Wenn dieser Stand nachweislich eingehalten ist, muss das Szenario Eintrag von Löschwasser ins Oberflächengewässer oder ins Grundwasser nicht berücksichtigt werden. Falls aus irgendwelchen Gründen der Stand der Sicherheitstechnik betreffend Löschwasser-Rückhalt aber nicht eingehalten werden kann, so muss davon ausgegangen werden, dass beim Löschen eines Brandes AN gelöst im Löschwasser ins Oberflächengewässer resp. ins Grundwasser gelangen kann. In diesem Fall ist dieses Szenario ebenfalls zu berücksichtigen.

Eintrag ins
Grundwasser/Oberflächengewässer

Die Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 zeigen auf, wie für die beiden oben erwähnten Szenarien die Ausmasseinschätzung auf Stufe Kurzbericht zu erfolgen hat. Die Einschätzung des Ausmasses der möglichen Schädigungen der Bevölkerung basiert in Anlehnung an das Handbuch I zur Störfallverordnung (StFV) auf den nach menschlichem Ermessen möglichen Störfallursachen und Ereignisabfolgen. Die detaillierten Annahmen und Berechnungsgrundlagen sind im Anhang erläutert.

Ausmasseinschätzung

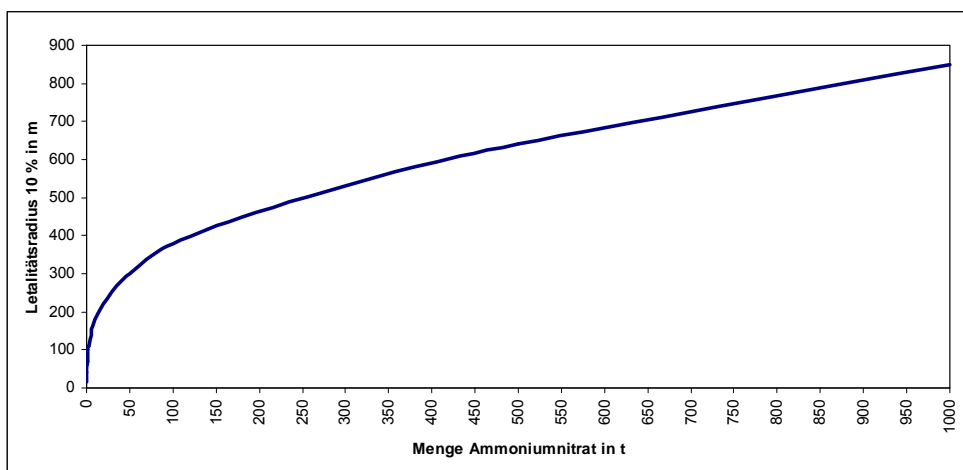
5.2.1 Szenario Explosion

Das Szenario Explosion ist dann zu berücksichtigen, wenn ein AN-Dünger des Typs A gemäss TRGS 511 gelagert wird, für den kein negativer Detonationsfortpflanzungstest nach TRGS 511 Anlage 2 vorliegt. Für die Berechnungen wird die im grössten Brandabschnitt gelagerte AN-Dünger Menge berücksichtigt.

Für die Ausmasseschätzung im Kurzbericht ist mit Abbildung 2 der 10%-Letalitätsradius zu bestimmen. Innerhalb der betroffenen Kreisfläche mit diesem Radius ist mit einer gemittelten Letalität von 50% und der maximalen Bevölkerungsdichte die Anzahl Todesopfer zu berechnen.

Berechnung des Ausmasses

Abb. 2 > Letalitätsradien infolge des Überdrucks bei einer Explosion



Quelle: BAFU, Berechnung mittels Effects 7.4 von TNO

5.2.2 Szenario Brand

Das Szenario Brand ist für alle gelagerten AN-Dünger zu berücksichtigen. Für die Berechnungen wird die im grössten Brandabschnitt gelagerte AN-Dünger Menge berücksichtigt.

Da die Abbrandraten von AN-Düngern relativ gering sind, ist mit keiner schweren Schädigung der Bevölkerung ausserhalb des Betriebsareals infolge der Hitze einwirkung zu rechnen. Relevant hingegen ist die toxische Wirkung der nitrosen Gase, welche im Folgenden aufgrund des Leitstoffs Stickstoffdioxid (NO_2) ermittelt wird. Auf der Grundlage der im Anhang beschriebenen Annahmen wird die Freisetzungsrate pro Sekunde an nitrosen Gasen wie folgt berechnet: Freisetzungsrate = Länge Brandabschnitt x Lagerdichte x 0,6 x Schwelgeschwindigkeit x (Anteil AN) x (Anteil NO_2) / 3600 s.

Berechnung der Freisetzungsrate

Tab. 10 > Rechenbeispiel: NO₂-Freisetzungsrate bei einem AN-Düngerbrand

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 %
Schmelgeschwindigkeit ²⁾	1 m/h
Umsetzung AN in NO ₂ ²⁾	10 %
Berechnung der maximalen Düngermenge, welche pro h verschwelt	$10 \text{ m} \times 2 \text{ t/m}^2 \times 0,6 \times 1 \text{ m/h} = 12 \text{ t/h} = 12\,000 \text{ kg/h}$
Berechnung der Freisetzungsrate an NO ₂	$12\,000 \text{ kg/h} \times 0,79 \text{ (Anteil AN)} \times 0,10 \text{ (Anteil NO}_2) / 3600 \text{ s} = 0,26 \text{ kg/s}$

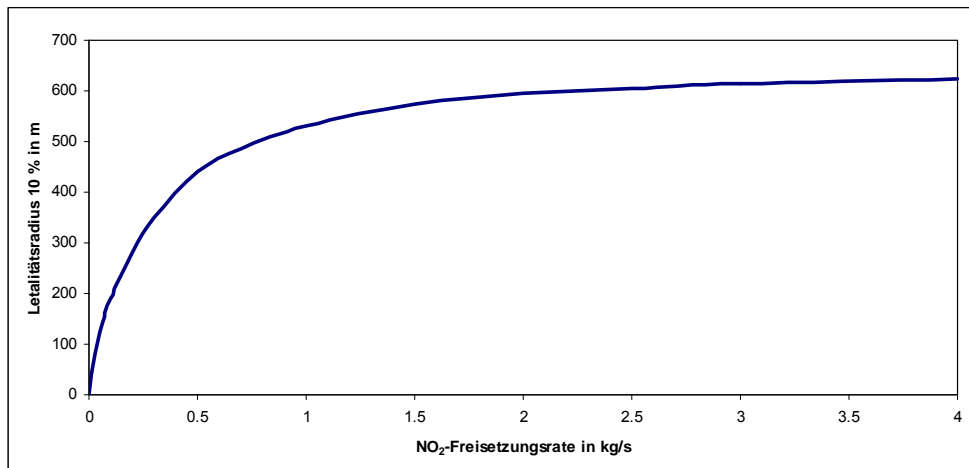
¹⁾ Variable Werte, welche auf die tatsächliche Situation anzupassen sind

²⁾ Fixe, vorgegebene Annahmen

Für die Ausmasseseinschätzung wird mit dem in Abbildung 3 angegebenen 10 %-Letalitätsradius 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 maximal möglichen Bevölkerungsdichte berechnet.

Rechenbeispiel

Berechnung des Ausmasses

Abb. 3 > Letalitätsradien infolge der Freisetzung von NO₂

Quelle: BAFU, Berechnung mithilfe von Effects 7.4 von TNO

6 > Hinweise für die Risikoermittlung

Der Kurzbericht bildet die Grundlage für den behördlichen Entscheid, ob eine Risikoermittlung gemäss StFV durchgeführt werden muss. Wenn eine schwere Schädigung der Bevölkerung oder der Umwelt nach den Beurteilungskriterien I zur StFV nicht ausgeschlossen werden kann, d. h. wenn in der Ausmasseneinschätzung 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) zu erstellen. Dabei sind grundsätzlich die gleichen Szenarien wie bei der Anfertigung des Kurzberichtes zu untersuchen. Bei der Ausmasseneinschätzung ist jedoch der Detaillierungsgrad bei den Letalitätsradien, den Ausbreitungssektoren, den Expositionszeiten der Bevölkerung und den Schutzwirkungen von Gebäuden oder Fahrzeugen zu erhöhen. Zusätzlich müssen auf Stufe der Risikoermittlung die Wahrscheinlichkeiten, mit welchen sich eine Explosion bzw. eine Freisetzung toxischer Gase ereignet, berücksichtigt werden und mit welchen Expositionen zu rechnen ist. Diese Wahrscheinlichkeiten hängen von den Gegebenheiten vor Ort ab (z. B. Ereignisse, die zu einer Explosion führen können, Freisetzung toxischer Gase, Windrichtungen, Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Bevölkerung).

> Anhang

Annahmen und Berechnungsgrundlagen Szenario Explosion

Die Letalitätsradien in Abbildung 2 auf Seite 26 wurden mit dem Programm Effects 7.4 von TNO unter Zuhilfenahme des TNT-Modells berechnet. Dabei wurde für AN gemäss Bericht SI ein Äquivalenzfaktor zu TNT von 1 gewählt. Der Letalitätsradius 10 % wurde in Anlehnung an andere, im Störfallbereich relevante Dokumente bei 0,21 bar angenommen. Grundlagen: «Schadenausmasseneinschätzung (Referenzbeispiele und Hilfsmittel)»; «Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen, Rahmenbericht der Schweizerischen Erdgaswirtschaft»; CARBURA, «Rahmenbericht über die Sicherheit von Stehtankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe».

Annahmen und Berechnungsgrundlagen Szenario Brand

Gemäss Kurzbericht (StFV) Kanton VD, Oktober 1997 verschwelen bei einem AN-Düngerbrand 60 % der Düngermenge. Der Schwelbrand 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. 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, Oktober 1997 sowie auf das Dokument «Toxic Hazards from Chemical Warehouse Fires», L. Smith-Hansen, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, November 1994.

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 Verbrennungsreaktion 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 IDLH-Wert der drei oben erwähnten nitrosen Gase hat, entspricht dies auch der Worst-Case-Anforderung zur Ausmasseneinschätzung im Rahmen des Kurzberichtsverfahrens.

Zur Berechnung der Letalitätsradien in Abbildung 3 auf Seite 27 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 Brand-

thermik 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
- > Expositionszeitdauer: 10 Min.
- > Expositionsort über Boden: 1,5 m

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 ammoniumnitriethaltige 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 Explosion	26
Abb. 3 Letalitätsradien infolge der Freisetzung von NO ₂	27

Tabellen

Tab. 1 Überblick über AN	11
Tab. 2 Beispiele zur Umrechnung des Gewichtsanteils Stickstoff in den Gewichtsanteil AN	12
Tab. 3 Wichtige Kapitel im SDB	13

Tab. 4 Wichtige Explosions- und Brandereignisse in Bezug auf AN oder AN-Dünger	14
Tab. 5 Beispiel einer Brandabschnittsbildung	18
Tab. 6 Erweiterte Anforderungen bei der Lagerung von AN-Düngern der Klassen O1–O3	19
Tab. 7 Zusammenlagerungsbedingungen für alle festen AN-Dünger der Klassen O1–O3	20
Tab. 8 Beispiel zur Bestimmung des Löschwasser-Rückhaltevolumens	21
Tab. 9 Klassierung und Mengenschwellen der AN-Dünger	23
Tab. 10 Rechenbeispiel: NO ₂ -Freisetzungsrate bei einem AN-Düngerbrand	27

Literatur/Referenzen

Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StfV) vom 27. Februar 1991 (SR 814.012)

BAFU, «Handbuch I zur Störfallverordnung (StfV)», herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2008

BUWAL, «Beurteilungskriterien I zur StfV», herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1996

Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Schweizerische Chemikalienverordnung, ChemV) vom 18. Mai 2005, (SR 813.11)

VKF, «Schweizerische Brandschutzrichtlinien», Bern, 2003

Comité Européen des Assurances (CEA), «LAGER MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN – Empfehlungen für den Brandschutz», CEA-Sekretariat, Zürich, Ausgabe 1994

Comité Européen des Assurances (CEA), «Stoffe und Waren – Klassierung zur Risikobewertung», CEA-Sekretariat, Zürich, Ausgabe 1994

TRGS 511, «Ammoniumnitrat», Ausgabe Juni 2004

Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR), 20. Juli 1972

Sicherheitsinstitut, «Grundlagen für die Festlegung von Sicherheitsanforderungen an die Lagerung von Ammoniumnitrat», Zürich, 29. Juli 2005

Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV) vom 10. Januar 2001 (SR 916.171)

Verordnung des EVD über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung, DüBV) vom 16. November 2007 (SR 916.171.1)

Bundesministerium der Justiz, «Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS)», Deutschland, 27. Juli 2005

Direktion des Innern des Kantons Zürich, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, «Schadenausmasseneinschätzung (Referenzbeispiele und Hilfsmittel)», Zürich, 1992

Plüss Ch. u. a., «Sicherheit von Erdgas-Hochdruckanlagen, Rahmenbericht der Schweizerischen Erdgaswirtschaft», revidierte Ausgabe 1997

CARBURA, 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

Frésard Y., «ENTREPOTS DE COMMERCE AGRICOLE – Généralités et bases de calcul en vue de l'établissement du rapport succinct selon OPAM», octobre 1997

Smith-Hansen L., «Toxic Hazards from Chemical Warehouse Fires», Risø-R-713(EN), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, November 1994

AWEL, «Betrieblicher Umweltschutz - Richtiger Umgang mit Löschwasser», Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich, Juni 2007