

Motto
des Halbjahrs

Mao-Tse Tung:

Selbstzufriedenheit ist
der größte Feind des
Lernens

MAHBulletin

Kontakt

Weitere Informationen zu diesem Bulletin über die gezogenen Lehren aus schweren Industrieunfällen erhalten Sie unter:

zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu oder e-
mars@jrc.ec.europa.eu

Security Technology Assessment Unit
Europäische Kommission
Joint Research Centre
Institute for the Protection
and Security of the Citizen
Via E. Fermi, 2749
21027 Ispra (VA) Italien

<http://mahb.jrc.ec.europa.eu>

Sollte Ihre Organisation das MAHB-Bulletin noch nicht erhalten, wenden Sie sich bitte an e-mars@jrc.ec.europa.eu unter Angabe Ihres Namens und der E-Mail-Adresse des Ansprechpartners für das Bulletin in Ihrer Organisation.

Alle MAHB-Publikationen finden Sie unter
<http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/index.php?id=503>



Unfall 1 Groß- und Einzelhandels- lager und -vertrieb

(Fortsetzung von Titelseite...)

Ursachen

Aufgrund der Bedingungen beim Transport (im Laderaum eines Schiffs, das vorher Weizen geladen hatte) und bei der Lagerung (auf einer Sägemehlunterlage zum Trocknen des Boxenbodens) vermischte sich der Dünger mit organischem Material. Es wurde auch festgestellt, dass in der Nähe des Düngerhaufens schadhafte, schlecht isolierte Kabel verliefen. Außerdem standen Holzpaletten in Kontakt mit dem Mehrkomponentendünger. Die Komponenten entzündeten sich bei der Zersetzung und gaben Wärme ab, die die Zersetzung beschleunigte.

Wichtige Feststellungen

- Der NPK-Dünger war am Vortag des Unfalls angeliefert worden, und die Lagerbox war bis zur Kapazitätsgrenze ihres Fassungsvermögens gefüllt. Zu diesem Zeitpunkt war an dem Produkt selbst nichts Ungewöhnliches (z. B. Zusammenbacken) festzustellen; allerdings hätte die erreichte Temperatur (40 °C) bedenklich stimmen müssen.
- Die elektrische Anlage der Betriebsstätte war alt, und es zeigten sich auch andere potenziell unsichere Betriebszustände, wie z. B. mangelhafte Isolierungen, unvollständige Erdschlüsse, überdimensionierte Schutzschalter, wie durch eigene Feststellung in dem Bericht 1986 bestätigt. (Es wurden keine Reparaturen im Nachgang zu dem Bericht durchgeführt.) Die Brandausbruchstelle lag unterhalb der unter dem Antriebsmotor hängenden Elektrokabel (http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/5009_en/?lang=en).
- Vor Ort waren keine wirksamen Brandbekämpfungsmittel (z. B. Wassersteigleitung, selbstfahrende Löschschlauchhaspel) vorhanden.

Gezogene Lehren

In einem offiziellen Bericht über den Zwischenfall werden die gezogenen Lehren wie folgt zusammengefasst:

- Der Unfall hätte mit Sicherheit nicht so bedrohliche Ausmaße angenommen, wenn direkt nach Entdecken der Erwärmung wirksame Gegenmaßnahmen getroffen worden wären, um die rasche Ausbreitung des Feuers zu verhindern.

Für das in Notfall- und Gefahrenabwehrmaßnahmen und im Erkennen von Anomalien geschulte Personal müssen auf die gelagerten Produkte zugeschnittene Feuerlöscheinrichtungen zur Verfügung stehen. In diesem Fall war dem Betriebspersonal die mit Düngemitteln verbundene Gefahr nicht bewusst, und sie verfügten nur über Pulverfeuerlöcher, die für solche Brände ungeeignet sind. Wasserlöschanlagen wie z. B. Löschschlauchhaspeln gab es in der Betriebsstätte nicht.

Eine verlässliche Charakterisierung der vorhandenen Risiken und insbesondere eine genaue Kenntnis der mit der Lagerung gefährlicher Stoffe verbundenen Konsequenzen sind für die Umsetzung wirksamer Brandverhütungs- und Brandbekämpfungspläne unverzichtbar. Zweifellos spielten die verloren gegangenen Informationen über die stoffliche Beschaffenheit der am Brand beteiligten Produkte eine wichtige Rolle beim Ablauf der Ereignisse. Die fehlende Beschreibung der vor Ort befindlichen Produkte und somit auch der damit verbundenen Risiken führte zu Meinungsverschiedenheiten zwischen den Experten, die den Einsatz wirksamer Bekämpfungsstrategien verzögerten. Außerdem war keine Einstufung des Betriebs durch die Feuerwehr erfolgt, und es gab keinen Notfallplan. Zur Gewährleistung wirksamer Gegenmaßnahmen ab dem Zeitpunkt der Alarmauslösung ist es unbedingt notwendig, dass jede Notrufzentrale über eine Bestandsliste der potenziellen Risiken in ihrem Einsatzbereich verfügt.

Eine weitere Voraussetzung für wirksame Gegenmaßnahmen ist die ständige und ausreichende Versorgung mit Löschwasser, beispielsweise auch bei Ebbe.

[EMARS-Unfall # 282. Siehe auch: EMARS-Unfall #12, # 237, # 446 und # 710]

Weitere Informationen:

<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

VERHINDERUNG VON CHEMIEUNFÄLLEN & VORSORGE FÜR DEN FALL VON CHEMIEUNFÄLLEN

Schwere Unfälle mit Düngemitteln

Das Bulletin soll industriellen Betreibern und staatlichen Aufsichtsbehörden Einblick in die Lehren geben, die aus den im European Major Accident Reporting System (eMARS) und in anderen unfallbezogenen Quellen erfassten Unfällen zu ziehen sind. Das Bulletin soll künftig in halbjährlichen Abständen herausgegeben werden. In jeder Ausgabe wird ein bestimmtes Thema in den Mittelpunkt gestellt.

Unfall 1 Groß- und Einzelhandelslager und -vertrieb

Unfallhergang

In einem Lager mit Düngemitteln und Chemieprodukten eines Großhändlers für diverse Massengüter einschließlich Zucker, Melasse, Dünger und Getreide brach ein Feuer aus. Die Lagerhalle war in acht Boxen unterteilt, von denen zwei 600 bzw. 850 Tonnen NPK-Dünger (15 % N, 8 % P, 22 % K) enthielten. Außerdem war eine Box mit 650 Tonnen ammoniumnitrat-haltigem (AN-) Dünger gefüllt, während in der anderen 200 Tonnen 46 %ige Harnstofflösung gelagert waren. Am 29. Oktober 1987 entdeckte ein Mitarbeiter Rauch in Box 2, d. h. der Lagerbox mit den 850 Tonnen NPK-Dünger. Mangels betriebsbereiter Löschschlauchhaspeln erfolgte die Erstbrandbekämpfung durch das Personal mit tragbaren Feuerlöschern. Bei ihrer Ankunft in der Betriebsstätte sahen die Feuerwehrleute aus der Lagerbox dichten Rauch aufsteigen. Außerdem schien es unter dem Haufen zu brennen. Offensichtlich konzentrierte sich die Feuerwehr bei ihren Bekämpfungsmaßnahmen allein auf

das Vorhandensein von AN-Dünger und achtete nicht auf die stoffliche Beschaffenheit der anderen Chemieprodukte. Außerdem verzögerte sich aufgrund gegensätzlicher Expertenmeinungen die Ergreifung wirksamer Gegenmaßnahmen. Bei dem Unfall wurden drei Mitarbeiter leicht verletzt und 38.000 Personen für acht Stunden evakuiert.

Legende: Transformer room = Transformatorraum; NPK 16-10-21 bulk = NPK-Dünger 16-10-21 lose; Ammonium nitrates 33.5% 750t of which 600t in bulk = 750 t Ammoniumnitrat 33,5%, davon 600 t in loser Schüttung; Conveyor belt - Förderband; 250 t urea = 250 t Harnstoff; 500Kg of „Theovit“ phyto-sanitary products (sulphur) = 500 kg „Thiovit“ Pflanzenschutzmittel (Schwefel); Dispersal throughout the hangar of piles of palettes, plastic bags, bagged fertiliser and two tanks of diesel fuel = über die ganze Halle verteilte Palettenstapel, Kunststoffsäcke, Düngersäcke und 2 Tanks mit Dieseldieselkraftstoff; Fibro-cement cladding on metal framework = Faserbetonverkleidung auf Metallrahmen; Bagging installation = Absackanlage.

(Fortsetzung auf der Rückseite...)

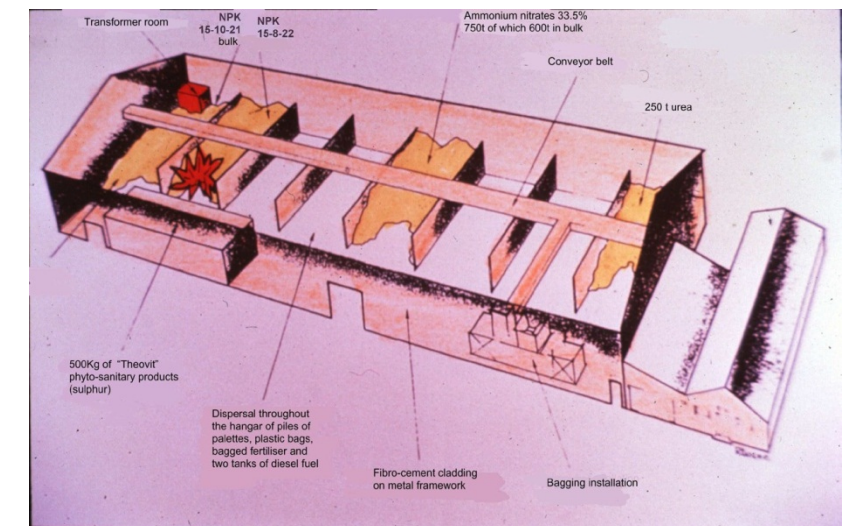


Abbildung 1: Die betroffene Anlage Quelle: ARIA N° 5009)

Kurzinformation

Während der Erstellung dieses Bulletins wurden 25 schwere Unfälle mit Düngemitteln aus eMARS zusammen mit 25 weiteren Unfällen aus anderen frei zugänglichen Quellen, darunter auch Verkehrsunfälle untersucht. Bei der Auswahl der Unfälle wurde berücksichtigt, ob Ammoniumnitrat- oder NPK-(Stickstoff, Phosphor, Kalium) Düngemittel beteiligt waren.

Bis auf wenige Ausnahmen ereigneten sich die Unfälle überwiegend in Lagern oder bei Chemikalienherstellern. Allerdings waren auch bei Verkehrsunfällen mit ammoniumnitrat-haltigen Düngemitteln schwerwiegende Folgen mit hohem Personen- und Sachschaden zu verzeichnen.

Anmerkung:

Die Unfallbeschreibungen und die gezogenen Lehren stützen sich auf die an eMARS übermittelten Unfallberichte

<https://emars.jrc.ec.europa.eu>

und auf andere öffentlich zugängliche Quellen. eMARS enthält über 800 Berichte zu Chemieunfällen aus EU-Mitgliedstaaten und OECD-Ländern.

MAHBulletin

SECURITY TECHNOLOGY ASSESSMENT UNIT
Institute for the Protection and Security of the Citizen
Europäische Kommission
21027 Ispra (VA) Italien
<http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/>



Nummer 5
Juni 2014

JRC91057

Schwere Unfälle mit Düngemitteln

Produktion und Lagerung von Düngemitteln

Ammoniumnitrat hat als chemische Substanz eine lange Tradition (erstmalig hergestellt wurde es 1659). Es ist eine Mehrzweckchemikalie, die zur Herstellung von Dünger oder von Sprengstoff verwendet werden kann. Ammoniumnitrat wird überall auf der Welt in großen Mengen produziert (1998 über 20 Millionen Tonnen), über ein Drittel davon in Europa (1998 über 7 Millionen Tonnen). Für die westliche Gesellschaft ist es zweifellos von großer Bedeutung. Es ist eine leicht aufnehmbare und wirksame Stickstoffquelle für Pflanzen und Tiere und eignet sich besonders gut für die Wachstumsbedingungen des europäischen Klimas. Aufgrund seiner hohen Absorptionsrate ist es im Vergleich zu anderen Kunstdüngern relativ umweltfreundlich; die Stickstofffreisetzung in die Atmosphäre ist in der Regel gering.

Chronik der Unfälle mit ammonium-nitrathaltigen Düngemitteln

Einige der verheerendsten Unfallkatastrophen, die wir in Friedenszeiten im 20. Jahrhundert erlebt haben, waren auf Ammoniumnitrat zurückzuführen. Zu den beiden bekanntesten und folgenreichsten Unfällen in der westlichen Welt zählte der Unfall in Oppau in Deutschland, wo durch die Explosion von 450 Tonnen Stickstoffdünger (Ammoniumsulfatsalpeter) in einem Silo 561 Menschen getötet wurden. Und in Texas City im US-Bundesstaat Texas explodierte 1947 ein mit 2.600 Tonnen Ammoniumnitrat beladenes Schiff und setzte einen in der Nähe befindlichen Frachter mit 960 Tonnen Ammoniumnitrat in Brand. Insgesamt 581 Menschen starben. Es gibt eine Vielzahl von Quellen mit detaillierten Schilderungen dieser Unfälle und der daraus gezogenen Lehren. Mehrere Bücher befassen sich mit diesen Katastrophen, und im Internet gibt es eine Vielzahl von Informationen über diese und andere Unfälle mit Ammoniumnitrat, die für jedermann öffentlich zugänglich sind.

Auch in der Zeit danach war Ammoniumnitrat an vielen Unfällen beteiligt, die zu Explosionen und Bränden und zur Freisetzung von giftigen Gasen führten. In vielen Ländern ist inzwischen anerkannt worden, dass selbst Lager mit kleinen Ammoniumnitratdüngermengen, die nach der Definition mancher Rechtsvorschriften bei zehn Tonnen liegen, für die allgemeine Bevölkerung ein enormes Risiko darstellen können, wenn die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitsverfahren nicht in vollem Umfang umgesetzt sind (http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/fileadmin/repository/sta/mahb/docs/SpecialRegulatoryTopics/Ammonium_nitrate_safety.pdf). In der nachstehenden Grafik sind die Todesopfer und die Tonnage im Zusammenhang mit den für diese Untersuchung herangezogenen Ammoniumnitratunfällen von 1916 bis heute angegeben.

Legende: Deaths/Year = Todesopfer/Jahr; Train = Schiene; Road = Straße; Ship = Schiff; Asia = Asien; unknown = nicht bekannt.

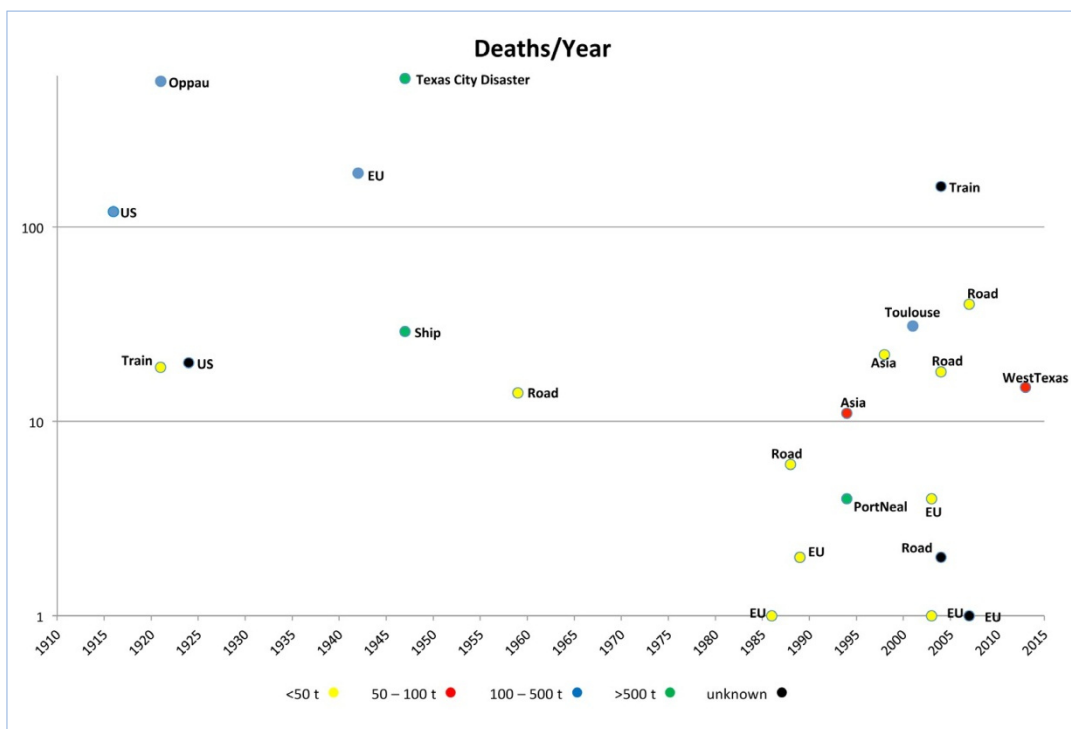


Abbildung 2: Todesopfer und Tonnage im Zusammenhang mit Ammoniumnitratunfällen (Quelle: eMARS und http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonium_nitrate_disasters). Wenn Sie eine Liste der in dieser Grafik erfassten Unfälle und der verwendeten Quellen haben möchten, senden Sie eine E-Mail mit Ihrer Anfrage an emars@jrc.ec.europa.eu.

Häufigste Sicherheits Herausforderungen im Zusammenhang mit ammoniumnitrathaltigen Düngemitteln

Die spezifischen Sicherheits Herausforderungen von Ammoniumnitrat sowie eine schwach ausgebildete Sicherheitsmanagementkultur dürften in fast allen untersuchten Fällen als wichtigste mitwirkende Faktoren zu betrachten sein. Zu den am häufigsten infrage kommenden Faktoren im Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für die Bevölkerung und die Ersteinsatzkräfte gehören insbesondere folgende:

- Die vorhandenen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz- und Brandbeherrschungssysteme waren unzureichend.
- Es mangelte an Wissen über die mit der Behandlung und Lagerung von ammoniumnitrathaltigen Düngemitteln verbundenen Gefahren, und in vielen Fällen wurde speziell die Gefahr einer möglichen Zersetzung solcher Düngemittel außer Acht gelassen.
- Der Betreiber hielt sich nicht an die grundlegenden Sicherheitsanforderungen für die Behandlung von Ammoniumnitrat und Gefahrstoffen im Allgemeinen.
- In den geltenden Vorschriften wurde der Gefährdungssituation in Betriebsstätten, in denen Ammoniumnitrat in großen Mengen gelagert und gehandhabt wird, nicht angemessen Rechnung getragen. Die Überwachung als solche war unzureichend oder nicht vorhanden.
- Ebenso versäumten es die Behörden häufig, auf potenziell sensible Flächennutzungen rund um Ammoniumnitratanlagen zu achten - ein Risiko, das erheblich zunehmen kann, wenn keine angemessenen Vorsorge- und Schadensbegrenzungsmaßnahmen ergriffen worden sind. Wo dies der Fall ist, können selbst relativ kleine Ammoniumnitratmengen Unfälle mit schwerwiegenden Folgen außerhalb des Betriebsgeländes verursachen.
- Trotz breiter Publizität in allgemein zugänglichen Quellen schien bei den Betreibern Unkenntnis über die Vielzahl von Unfällen mit Ammoniumnitrat im eigenen Land und in anderen Ländern zu herrschen. Daher konnten sie keinen Nutzen aus den gewonnenen Erkenntnissen ziehen.
- Einführung angemessener Sicherheitsverfahren insbesondere im Bereich Schulung und Gefahrenbewusstsein.

Die in diesem Bulletin wiedergegebenen Fallstudien sind nur eine kleine Auswahl der in eMARS enthaltenen Berichte über Unfälle mit Düngemitteln. Dennoch sind diese Fälle ausgewählt worden, weil sie relativ typisch für Unfälle mit Düngemitteln sind.

Anmerkung: Die ausgewählten Fälle enthalten eine Reihe von Lehren, die nur zum Teil in diesem Bulletin wiedergegeben sind. Das Bulletin befasst sich mit den Fällen, die für dieses Thema besonders interessant erscheinen, jedoch mit der Einschränkung, dass nicht immer Einzelheiten über den Unfall vorliegen und die gezogenen Lehren auf den Rückschlüssen aus der vorliegenden Beschreibung basieren. Die Verfasser danken den Ländervertretern, die mit ihren Ratschlägen zur Verbesserung der ausgewählten Fallbeschreibungen beitrugen.

Allgemeine Merkmale von Düngemitteln

Handelsprodukte mit Ammoniumnitrat als Grundstoff lassen sich in zwei Hauptgruppen mit sehr spezifischen Verfahren und Anwendungen einteilen: zum einen Prills oder Granulate hoher Dichte, die als Düngemittel verwendet werden, und zum anderen poröse Prills oder Granulate niedriger Dichte (als „industrielles oder technisches Ammoniumnitrat“ bezeichnet), die überwiegend für die Herstellung von ANFO-Sprengstoff (Ammoniumnitrat-Öl-Gemisch) verwendet werden. Chemisch gesehen enthalten beide Produkte - Dünger und Sprengstoff - grundsätzlich Ammoniumnitrat, doch sie unterscheiden sich erheblich in ihrer physikalischen Form und erzeugen unterschiedliche Wirkungen.

Ammoniumnitrat zeigt ein komplexes Verhalten und ist - was wenig überrascht - als chemische Substanz umfassend untersucht worden. Es gibt drei Hauptgefahren in Verbindung mit Ammoniumnitrat: Feuer aufgrund seiner Oxidationsfähigkeit, Zersetzung und Explosion. Die wichtigsten Parameter, die das Vorhandensein einer Gefahr beeinflussen, sind Teilchengröße (Prill, Korn), Teilchendichte/Schüttdichte/Porosität, Reinheitsgrad, Stickstoffgehalt und Einschluss, wie nachstehend kurz zusammengefasst.

- Oxidationsfähigkeit. Ammoniumnitrat ist selbst nicht brennbar. Als Oxidationsmittel kann es jedoch einen bestehenden Brand fördern und ein Feuer auch bei Fehlen von Luft weiter anfachen, allerdings nur so lange, wie auch Brennstoff oder brennbares Material vorhanden ist.
- Thermische Zersetzung. Reines Ammoniumnitrat kann sich thermisch zersetzen, wenn ihm genügend Energie zugeführt wird. Bei ordnungsgemäßer Lüftung kommt die Zersetzung zum Stillstand, sobald keine Energie mehr zugeführt wird. In manchen Fällen kommt die von einer externen Wärmequelle in Gang gesetzte Zersetzung zum Stillstand, wenn die Wärmequelle entfernt wird. Bei einigen Ammoniumnitrat-Mischdüngern hält die Zersetzung jedoch an und breitet sich trotz nicht mehr vorhandener Wärmequelle tief ins Innere der Düngermasse aus. Dieser Vorgang, der als selbstunterhaltende Zersetzung bezeichnet wird, läuft relativ langsam ab.
- Die Zersetzung wird durch eine Reihe von Stoffen wie etwa Chloride herbeigeführt, die die Zersetzungsgeschwindigkeit erhöhen können. Eine Ausnahme sind NPK-Düngemittel auf Ammoniumnitrat-Basis, die thermisch stabil sind und unter normalen Lager- und Transportbedingungen nicht zu gefährlicher Eigenerwärmung neigen.
- Explosionsgefahr. Ammoniumnitrat kann durch einen von drei Mechanismen zur Explosion gebracht werden: Erwärmung unter Einschluss, durchgehende Reaktion („Runway“) und Detonation. Erwärmung unter Einschluss ist eine Gefahr, die durch unzureichende Lüftung entsteht. Die rasche Zersetzung des Ammoniumnitrats führt zu einem massiven Druckaufbau, der schließlich eine Explosion verursachen kann. Beachtenswert ist, dass nicht verunreinigtes festes Ammoniumnitrat zum Auslösen einer Detonation viel Energie benötigt, während bei geschmolzenem Ammoniumnitrat (das bei einem Brand entstehen würde) eine Auslösung bei hohen Temperaturen viel leichter ist. Eine Detonation könnte in diesem Fall auch durch Projektile (Stoß mit niedriger Amplitude) ausgelöst werden.
- Reines Ammoniumnitrat ist schwer zur Explosion zu bringen. Eine Detonation kann weder durch eine Flamme noch durch einen Funken oder Reibung verursacht werden. Die Auslösung durch eine Stoßwelle erfordert enorm viel Energie. Die Explosionsresistenz hängt in starkem Maß vom Vorhandensein von Lunkern oder Blasen im Stoff, also der Schüttdichte, und vom Ausmaß der Verunreinigung durch organisches Material oder Brennstoff ab.

Der Ammoniumnitratgehalt beeinflusst die Sprengkraft. Untersuchungen zeigen, dass die Explosionsgefahr sinkt, wenn der Ammoniumnitratgehalt z. B. auf 90 % (31,5 % N) begrenzt wird, und dass sie weiter abnimmt, wenn diese Grenze auf 80 % (28 % N) abgesenkt wird. Es ist jedoch zu beachten, dass eine mögliche (wenn auch etwas geringere) Explosionsgefahr dennoch bestehen bleibt.

**(Fortsetzung von Unfall 5)
Lager- und Vertriebs-einrichtung**

- Die letzte Kontrolle der Anlage durch die Sicherheitsbehörde fand 1985 statt. Die Anlage hatte keinen Prüfvorrang, da dort keine Produktion stattfand und bisher noch kein schwerer Unfall gemeldet worden war. Ammoniumnitrat fiel nicht in den Geltungsbereich von Umweltvorschriften zur Verhinderung von Unfällen mit Folgen außerhalb der Anlage.
- Es gab keine verbindlichen Normen, die bestimmte Bebauungen wie z. B. Schulen, Pflegeheime und Krankenhäuser in der Nähe von Anlagen zur Lagerung von Ammoniumnitrat einschränkten.



Abbildung 4: Unglücksstelle nach dem Unfall (Quelle: U.S. Chemical SafetyBoard)

Gezogene Lehren

- Das einzige für gefährlich erachtete Szenario in der Lagereinrichtung war die unbeabsichtigte Freisetzung von Ammoniakhydrid. Die Durchführung einer umfassenden Gefahrenermittlung, Gefahrenanalyse und Risikobewertung für die Bereiche, in denen gefährliche Stoffe gelagert und gehandhabt werden, ist ein Grundgebot beim Betrieb von gefährlichen Einrichtungen.
- Zur Verringerung der Gefahr eines Großbrands oder einer Explosion nach der Entzündung von Ammoniumnitrat empfiehlt es sich, brennbare Materialien von organischen Stoffen zu trennen.
- Das Betreiben einer Einrichtung zur Lagerung großer Ammoniumnitratmengen ohne ordnungsgemäßen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz und Schadensbegrenzungsmaßnahmen sollte unter keinen Umständen als akzeptabel betrachtet werden.
- Die Bebauung rund um Einrichtungen, in denen Ammoniumnitrat gehandhabt oder gelagert wird, sollte beschränkt werden, oder bei vorhandener Bebauung in unmittelbarer Nähe der Einrichtung sollten entsprechende vorbeugende und abwehrende Brandschutzmaßnahmen getroffen sein, um das Risiko so gering wie möglich zu halten.
- Kommunalbehörden sollten sich der Gefahren in Verbindung mit Ammoniumnitratunfällen bewusst sein und die Einrichtungen in ihrem Zuständigkeitsbereich entsprechend dem Risikograd überwachen. Auch Standorte mit relativ kleinen Mengen können ein erhebliches Risiko darstellen, wenn sie in unmittelbarer Nähe menschlicher Bebauung liegen (siehe Abbildung 1).
- Die örtlichen Einsatzkräfte sollten alle in dem Gebiet befindlichen Lager für Ammoniumnitrat und die ggf. vorhandenen Höchstmengen kennen. Sie sollten in der Bekämpfung von Ammoniumnitratbränden nach der geltenden besten Praxis geschult werden.

- Der Betreiber hatte keine Lehren aus früheren Unfällen gezogen, darunter auch der Katastrophe von 1947 in Texas City (USA) oder dem kürzer zurückliegenden Unfall in Toulouse in Frankreich (2001) und vielen anderen öffentlich bekannt gewordenen Unfällen. (http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonium_nitrate_disasters) Betreiber von Ammoniumnitrat-Einrichtungen sollten die aus früheren Unfällen gezogenen Lehren genauestens prüfen und ihre Kenntnisse auf dem Gebiet der Sicherheit und des Risikomanagements regelmäßig auf den neuesten Stand bringen.

Weitere Informationen: <http://www.csb.gov>

Siehe auch: EMARS-Unfall # 263 und El Dorado Chemical Co., Athens, Texas, 29. Mai 2014 unter:

<http://thescoopblog.dallasnews.com/2014/05/fire-reported-at-fertilizer-plant-in-athens.html/>

Sicherheitsgrundsätze

- Völlige/weitgehende Ausschließung des Vorhandenseins von brennbaren Materialien und unverträglichen Stoffen (wie etwa Sprengstoffen) in unmittelbarer Nähe des Ammoniumnitrats.
- Weitestmögliche Vermeidung der Lagerung von brennbaren Materialien am gleichen Ort.
- Vermeidung des strikten Einschlusses des Lagerbereichs; eine ordnungsgemäße Belüftung verhindert das Vorschreiten einer ggf. stattfindenden Zersetzung.
- Verhinderung der Aufnahme von Feuchtigkeit, um einem Zusammenbacken vorzubeugen.
- Kenntnis und Befolgung angemessener Sicherheitsregeln im Zusammenhang mit der Lagerung von Ammoniumnitratdünger einschließlich Packstückstapelung, Temperatur und anderer Aspekte.
- Ammoniumnitrat kann das Brandrisiko erhöhen. Befolgung der geltenden Brandschutznormen wie z. B. Einbau einer Sprinkleranlage, um die Gefahr einer Feuerausbreitung zu vermindern.
- Überwachung von Zündquellen (z. B. Heißarbeiten, Rauchen, Fahrzeuge) einschl. Kontrolle der elektrischen Anlage im Lager.
- Verunreinigungen wie etwa organische Stoffe (Öle oder Wachse) können die Explosionsgefährlichkeit von Ammoniumnitrat erhöhen. Sichere Handhabung von nicht spezifikationsgerechten („Off-Specs“), deklassierten oder technischen Düngemitteln, die mit organischem Material verunreinigt sind, und Trennung dieser Düngemittel von anderen Produkten.
- Auch für kurzzeitig eingelagerte Düngemittel empfiehlt sich die Durchführung einer Risikobewertung.

Weitere Informationen über Sicherheitsverfahren für die Behandlung von Ammoniumnitrat sind unter den nachfolgenden Links zu finden:

- <http://www.hse.gov.uk/explosives/ammonium/>
- <http://www.ineris.fr/centredoc/synthese65281.pdf>
- <http://www.nfpa.org/>
- https://www.safework.sa.gov.au/uploaded_files/SSAN_Storage.T.pdf

**Unfall 2
Allgemeine Herstellung von Chemikalien**

Unfallhergang

In einem Speichersilo führte die Selbstersetzung von NPK-Dünger zu einem Brand und zur Freisetzung giftiger Stoffe, überwiegend Stickoxide. Der Großspeicher enthielt etwa 15.000 Tonnen des Produkts, doch der Brand wurde früh genug entdeckt (wahrscheinlich durch den Rauch und nicht durch den automatischen Feuermelder), um schwerwiegende Folgen zu verhindern. Fünf Feuerwehrleute wurden mit leichten Verletzungen ins Krankenhaus eingeliefert, und einige Arbeiter auf dem Betriebsgelände erlitten Rachen- und Augenreizungen und Verbrennungen. Einige benachbarte Betriebe und Häuser wurden evakuiert, und in anderen Bereichen wurde angeordnet, für einige Zeit (keine Dauer angegeben) an Ort und Stelle Schutz zu suchen. Meldungen über Verletzte außerhalb der Anlage gab es nicht. Nach Entfernung eines Großteils des Materials mit mechanischen Mitteln konnte der Brand unter Kontrolle gebracht werden.

Ursachen

Es wird vermutet, dass Feuchtigkeitseinwirkung zum teilweisen Zusammenbacken des Produkts führte. Außerdem war das Produkt möglicherweise mit organischem Material, insbesondere Taubenkot, in Berührung gekommen, da die Silos von zahllosen Tauben bevölkert wurden. Über einen Zeitraum von zwei Monaten waren Teile des von dem Unfall betroffenen Produkts während einer regionalen Regenperiode Umgebungsbedingungen ausgesetzt gewesen. Die selbstunterhaltende Zersetzung aufgrund von Verunreinigung dürfte durch das Vorhandensein anomaler Kristallstrukturen (Zusammenbacken) im Produkt beschleunigt worden sein.

Wichtige Feststellungen

- Während einer regenreichen Periode in der Region war ein Teil des Produkts Umgebungstemperaturen ausgesetzt gewesen. Durch undichte Stellen im Silodach gelangte Wasser auf die ungeschützte Charge und verursachte wahrscheinlich eine Rekrystallisation oder ein Zusammenbacken des Düngers.
- In keiner der in der Anlage verfügbaren Unterlagen wurde auf die Möglichkeit eines solchen Unfalls hingewiesen.
- Ein Großteil des NPK-Düngers wurde am gleichen Ort ohne ordnungsgemäße Trennung gelagert. Dieses Vorgehen widersprach an sich der betriebsinternen Praxis hinsichtlich Lagerungsbedingungen.

Gezogene Lehren

- In Lagereinrichtungen sollte alles getan werden, um die Möglichkeit einer Verunreinigung des Ammoniumnitrats auszuschließen. Es sollten entsprechende Vorkehrungen getroffen sein, um einen Kontakt von Vögeln und Tieren mit dem Produkt zu verhindern; falls dies nicht möglich ist, sollte von der Lagerung von Ammoniumnitrat in der betreffenden Einrichtung abgesehen werden.
- Bei der Lagerung von Ammoniumnitrat-Mischdüngern sollte jeder Kontakt mit Wasser vermieden werden, um ein Zusammenbacken zu verhindern. Veränderungen der Düngerstruktur wie etwa ein Zusammenbacken können die Oxidation beschleunigen. Lager sollten so gebaut und unterhalten werden, dass Undichtigkeiten, Überflutungen oder die Bildung von Feuchtigkeitsnestern in den Lagerbereichen für Ammoniumnitrat vermieden werden.
- Mitarbeiter sollten einer regelmäßigen Schulung und Prüfung in sicherheitskritischen Verfahren unterzogen werden, und es sollte eine regelmäßige Kontrolle stattfinden, um sicherzustellen, dass diese Verfahren eingehalten worden sind.
- Bei der Nachuntersuchung wurde auch der Einbau eines Temperaturwächters in jedem Speichersilo empfohlen.

[eMARS-Unfall # 263]

**Unfall 3
Produktion und Lagerung von Düngemitteln**

Unfallhergang

In einem NP-Puffer kam es während des Neutralisationsprozesses im Produktionsbereich zu einer Explosion. Die Düngerproduktion war aufgrund von Wartungsarbeiten im Bereich des Ammoniaklagers unterbrochen worden, und die Anlage konnte deshalb nicht mehr mit Ammoniak versorgt werden. Kurz vor der Explosion wurde ein automatischer Brandmelder ausgelöst, der direkt mit der Leitstelle des örtlichen Katastrophenschutzes und der Fabrik verbunden war. Außerdem wurde vom Bedienpersonal in der Fabrik Gasgeruch wahrgenommen, woraufhin das Gebäude evakuiert und das Personal zu den ausgewiesenen Sammelpunkten geführt wurde. Die Explosion folgte kurz nach der Evakuierung. Durch den Explosionsdruck zerbarsten Fenster im Bereich des Sammelpunkts, und fünf Bedienstete wurden durch herumfliegende Glassplitter verletzt. Die Explosion löste auch einen Brand im dritten Stock des Gebäudes aus, der nach einer guten Stunde gelöscht war.

Ursachen

Als Unfallursache wurde die durch die hohe Temperatur und den niedrigen pH-Wert verursachte Zersetzung des im NP-Pufferbehälter befindlichen Ammoniumnitrats ermittelt. Aufgrund dieser Bedingungen kam es zur Bildung einer größeren Gasmenge und zum Bersten des Behälters durch Überdruck. Die Überhitzung war die Folge eines undichten Dampfventils an der Dampfzufuhr (20 bar) zum Behälter. Der NP-Pufferbehälter war die letzte Geräteeinheit vor dem Einpumpen der Lösung in den Eindampf- und Prillingbereich zur Herstellung der fertigen Prills. Das Abgas aus dem Behälter wird der Rückgewinnungsanlage für Ammoniak zugeführt. Bei diesem Vorgang wird durch die Hinzufügung von Ammoniak die Säureflüssigkeit aus dem Prozess unmittelbar vorher neutralisiert. Der Ammoniakstrom wurde durch eine automatische Online-Messung des pH-Werts an der 25%-Marke des Behälters überwacht. Außerdem wurde zur Erreichung des richtigen N/P-Verhältnisses im Endprodukt Ammoniumnitrat hinzugefügt.

Wichtige Feststellungen

- Der NP-Pufferbehälter verfügte nicht über SIF-Funktionen, war aber mit einem 145°C-Hochtemperaturalarm ausgestattet. Außerdem befand sich am automatischen pH-Messgerät ein Hoch- und Niedertemperaturalarm und am Online-Chlor-Analysator ein Hochtemperaturalarm.
- Weder in der Hazop-Studie noch in der Risikoanalyse war dem NP-Pufferbehälter eine Gefahrenneigung zugeordnet worden.
- Am vorletzten Abend vor dem Unfall wurde ein Hochtemperaturalarm ausgelöst. Er wurde quittiert und ohne weitere Nachprüfung abgewiesen.
- Am Vorabend des Unfalls lag die Temperaturanzeige immer noch im oberen Bereich, doch da die pH-Werte hoch und die Dampfventile geschlossen waren, wurde angenommen, dass die Temperaturmessung fehlerhaft sei.

Gezogene Lehren

- Bei der Gefahrenermittlung hätte auf das mit dem Vorhandensein von Ammoniumnitrat in einem Prozessbehälter verbundene höhere Risiko während des Prozessleerlaufs aufmerksam gemacht werden müssen. Bei Prozessanlagen sind Sicherheitsverfahren und Kontrollen in der Regel auf das Management der Risiken im laufenden Prozess angelegt, und es kann nicht automatisch angenommen werden, dass sie Stoffe auch bei außergewöhnlichen Betriebsbedingungen unter Kontrolle halten können.

(Fortsetzung auf der Rückseite...)

(Fortsetzung von Unfall 3)

Produktion und Lagerung von Düngemitteln

- Bei der Gefahrenermittlung sollte insbesondere auf die Empfindlichkeit von Ammoniumnitrat gegen Änderungen der Betriebsbedingungen geachtet werden. Von daher sollten auch der Lebenszyklus der Anlage und unbeabsichtigte Ereignisse mit potenziell nachteiligen Auswirkungen auf diese Bedingungen berücksichtigt werden, um für diese Situationen geeignete Sicherheitskontrollen und -verfahren festzulegen.
- Die Einführung geeigneter sicherheitstechnischer Funktionen (i.S.v. „SIF - instrumented safety functions“) ist eine typische Kontrollmaßnahme, die den Betreiber bei der Begrenzung der Folgen unerwarteter Ammoniumnitratreaktionen unter verschiedenen Betriebsbedingungen unterstützen könnte.
- Das Alarmmanagement ist eine häufige Herausforderung in vielen Aufbereitungsanlagen, in denen es eine Vielzahl von Prozessen mit jeweils einer Vielzahl von Alarmen gibt, die ein breites Spektrum an Funktionen abdecken. Die ausgebliebene Reaktion auf den Hochtemperaturalarm lässt darauf schließen, dass das Unternehmen kein geeignetes System zur Alarmpriorisierung besaß, das eine angemessene und zügige Reaktion auf Notsituationen gewährleisten hätte. Außerdem sollte durch Mitarbeiterschulungen auch ein geschärftes Bewusstsein des Betriebspersonals für Unregelmäßigkeiten, negative Indikatoren und Notfall-Voralarme während Stillstandszeiten entwickelt werden.

[eMARS-Unfall # 694]

Unfall 4

Allgemeine Herstellung von Chemikalien

Unfallhergang

Am 21. September 2001 kam es auf dem Betriebsgelände der Düngemittelfabrik AZF im französischen Toulouse um 10:17 Uhr in Halle 21, einem Zwischenlager für deklassiertes Ammoniumnitrat, zu einer schweren Explosion. Die kilometerweit spürbare Detonation erreichte eine Stärke von 3,4 auf der Richterskala. Massive Staubemissionen aus den Anlagen und ein sieben Meter tiefer Krater (65x45m) waren außerhalb der Düngemittelfabrik zu beobachten. Eine durch die Detonation verursachte riesige Staubwolke sowie roter Rauch trieben in nordwestlicher Richtung. Die Rauchentwicklung hing mit der Notabschaltung der Anlage zur Herstellung von Salpetersäure zusammen. Die sich rasch verflüchtigende Wolke aus Ammoniak und Stickoxiden verursachte Übelkeit bei den Augenzeugen, die auch über Reizungen im Augen- und Rachenbereich klagten. Die nach der Detonation freigesetzten Luftschadstoffe führten zur Bildung von Salpetersäure (HNO₃), Ammoniak (NH₃), Stickstoffdioxid (NO₂) und Stickoxid (N₂O) aus dem Ammoniumnitrat. Die Stadtverwaltung („Préfecture“) von Toulouse forderte die Bevölkerung auf, in ihren Wohnungen zu bleiben, in denen jedoch die Fensterscheiben zu Bruch gegangen waren. Der Unfall forderte 31 Menschenleben (22 innerhalb und 9 außerhalb der Anlage). 30 Personen wurden schwer verletzt, und 300 mussten ins Krankenhaus eingeliefert werden. Darüber hinaus wurden 2.500 Personen ambulant behandelt.

Ursachen

Es besteht nach wie vor Unklarheit, was die unmittelbaren Ursachen und die möglichen Unfallszenarien betrifft. In ihrem Abschlussbericht kamen die Rechtsexperten zu dem Schluss, dass es sich um einen Chemieunfall handelte, verursacht durch die unabsichtliche Vermischung von Natrium-Dichlorisocyanurat (SDIC, ein für die Wasseraufbereitung verwendetes Produkt) und deklassiertem Ammoniumnitrat, die zu der Explosion führte. Der Betreiber hat diese Theorie stets in Abrede gestellt. In der Anfangsphase der Untersuchung wurden diverse Theorien hinsichtlich der Ursachen wie z. B. terroristische Angriffe oder unabsichtliche äußere Ursachen aufgestellt, doch keine von ihnen ließ sich seinerzeit erhärten.

Wichtige Feststellungen

- Im Sicherheitsbericht von AZF wurde das deklassierte Ammoniumnitrat nicht berücksichtigt, da es (wegen der geringen Lagermenge) als mindergefährlich betrachtet wurde. Außerdem wurde in dem Bericht nicht jedes mögliche Unfallszenario angeführt.
- Die Stadt hatte sich seit Aufnahme der Chemikalienproduktion im Umkreis der Fabrik erheblich ausgedehnt. Zum Zeitpunkt des Unfalls war der Chemiebetrieb von Gewerbeparks, Krankenhäusern und Wohnhäusern umgeben (C. Lenoble, C. Durand et al. / Journal of Loss Prevention in the Process Industries 24, 3 (2011) 227-236).
- Auf dem Fabrikgelände waren 25 Subunternehmen im ständigen Einsatz (100 Subunternehmerkräfte täglich gegenüber 250 von insgesamt 469 Belegschaftsmitgliedern). Drei verschiedene Subunternehmen arbeiteten im Lager (das deklassierte Ammoniumnitrat wurde von ihnen abgeholt, abgeladen und beseitigt), dessen Unterhaltung einem anderen Subunternehmer oblag (N. Dechy et al. / Journal of Hazardous Materials 111 (2004) 131-138).

Unfall 4

Allgemeine Herstellung von Chemikalien

- In dem von dem Unfall betroffenen Lagergebäude gab es keine Stickoxid-Detektoren, obwohl andere Werksanlagen mit solchen Messfühlern ausgestattet waren.

Gezogene Lehren

- Aufgrund der Tatsache, dass Ammoniumnitrat Unfälle auf unterschiedlichste Art und Weise verursachen kann und dass diese Unfälle durch eine Vielzahl von Umständen verschlimmert werden können, ist die Anzahl der Unfallszenarien, die Betreiber zu berücksichtigen haben, enorm groß. In die für die Betriebsstätte durchzuführende Risikobewertung sollten alle potenziellen Störfallszenarien und Dominoeffekte für die dort gelagerten oder produzierten gefährlichen Stoffe einbezogen werden.
- Die Betreiber sollten alle mit der Handhabung und Lagerung von ammoniumnitrat-haltigen Düngemitteln verbundenen Gefahren kennen und die Betriebsvorschriften regelmäßig überprüfen, um sicherzustellen, dass sie auch tatsächlich eingehalten werden.
- Die Ammoniumnitratlager wurden nicht direkt von AZF geführt, sondern von Subunternehmern, deren Kenntnisse über die Produkte und die Betriebsstätte teilweise lückenhaft gewesen sein dürften. Bei der Vergabe eines technischen Prozesses an eine Fremdfirma sollte der Betreiber sicherstellen, dass alle in dem Bereich vorhandenen und mit der Arbeit der Fremdfirma zusammenhängenden Risiken identifiziert und beherrscht sind. Wenn der Tätigkeitsbereich auch das Vorhandensein von Ammoniumnitrat einschließt, müssen alle Fremdfirmenmitarbeiter eine entsprechende Schulung und Aufklärung über die Arbeit in der Umgebung dieser Substanz und insbesondere über die Gefahr einer Entzündung erhalten. (MAHB Lessons Learned Bulletin No. 2 on major accidents involving contractors – JRC77996).
- Um die Auswirkungen auf die Bevölkerung so gering wie möglich zu halten, sollten - auch rückwirkend - Zonierungsbeschränkungen im Bereich der Flächennutzungs- bzw. Stadtentwicklungsplanung eingeführt werden.

Weitere Informationen:

<http://en.azf.fr/the-disaster/september-21-2001-800283.html>

[EMARS-Unfall # 403]



Abbildung 3: Der von der Explosion betroffene Bereich (Quelle: ©Archives Grande Paroisse)

Unfall 5

Lager- und Vertriebseinrichtung

Unfallhergang

Am Abend des 17. April 2013 brach in der Lager- und Vertriebseinrichtung der West Fertilizer Company in der Stadt West im US-Bundesstaat Texas ein Feuer unklarer Ursache aus. Der Betrieb war bereits geschlossen und unbeaufsichtigt. Als die Feuerwehr ankam, stand das gesamte Lagergebäude in Flammen. Nach dem Ausrollen der Schläuche versuchten die Feuerwehrleute, das Flammenmeer mit Wasser zu bekämpfen. Die von den Behältern mit Ammoniak-anhydrid ausgehende Gefahr war ihnen zwar aus früheren Freisetzungen bekannt, doch sie wussten nichts von der Explosionsgefahr, die von den etwa 60 Tonnen Ammoniumnitrat in Düngemittelqualität im Innern des Lagerhauses ausging. Während sich die Wehrleute in der Nähe in Stellung brachten, detonierte das Ammoniumnitrat plötzlich. Eine Druckwelle, die sich mit Überschallgeschwindigkeit ausbreitete, zerstörte Gebäude, riss Mauern nieder und zerschlug Fenster. Unzählige Trümmerschosse aus Stahl, Holz und Beton - manche mehrere hundert Kilogramm schwer - wurden in die Umgebung geschleudert. Zwölf Feuerwehrleute und Einsatzkräfte sowie mindestens zwei unbeteiligte Bürger wurden getötet. Über 200 Personen wurden verletzt, und über 150 Gebäude wurden beschädigt oder zerstört. Wenn sich dieser Unfall früher am Tag ereignet hätte, wären womöglich viel mehr Menschen getötet oder verletzt worden.

Ursachen

Die Ermittler haben bestätigt, dass es sich bei dem explodierten Material um Ammoniumnitrat handelte. Die Ursache des Entstehungsbrands ist jedoch immer noch unklar. Trotz allem lassen die vorläufigen Ergebnisse darauf schließen, dass das Fehlen angemessener Vorsorge- und Schutzmaßnahmen im Lager das Risiko eines Katastrophenereignisses beträchtlich erhöht hat. Das gilt insbesondere für das Vorhandensein von brennbaren Materialien und die fehlende Brandschutzanlage.

Wichtige Feststellungen

- Das Gebäude, in dem das Ammoniumnitrat gelagert war, bestand aus Holz, und das Ammoniumnitrat selbst war in getrennten Holzboxen untergebracht. Im Gebäudeinneren befanden sich auch erhebliche Mengen brennbaren Saatguts, durch das sich die Intensität des Feuers verstärkt haben könnte.
- Die geltenden Branchennormen für die Verhütung von Ammoniumnitratunfällen waren unübersichtlich und widersprüchlich und entsprachen nicht der geltenden Praxis in anderen Ländern. Beispielsweise sahen sie kein Verbot der Lagerung von Ammoniumnitrat in Holzbauten oder Holzboxen vor.
- Es gab keine Monitore, Alarmsysteme oder automatisierte Brandschutzmaßnahmen, um die verhängnisvolle Ereigniskette nach der Entzündung des Ammoniumnitrats zu stoppen. Nach den geltenden Branchennormen waren automatische Sprinkleranlagen erst ab einer Lagermenge von 2.500 Tonnen Ammoniumnitrat vorgeschrieben. Schätzungen zufolge hätten ganze 30 Tonnen ausgereicht, um weite Teile von West zu zerstören.
- Die Feuerwehrleute waren nicht über das Bestehen einer Explosionsgefahr informiert worden und führten deshalb ihre Bekämpfungsmaßnahmen nicht in sicherer Entfernung von der Explosionsquelle durch.