

Sicherheit von Gefahrstofflagern

- Anlagensicherheit und Störfallvorsorge -

Thomas Hackbusch, Referat 31 – Umwelttechnologie

Vortrag beim Workshop
"Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen"

am 12. Juli 2007 in der IHK Karlsruhe



Baden-Württemberg

ÜBERBLICK

- Schwere Unfälle in Lageranlagen – Historie
- Sichere Chemikalienlagerung und Stoffeigenschaften
- Lagertypen, Lagercharakteristik
- Gefahrenpotenziale
- Störfallvorsorge, Sicherheitsmanagement
- Ereignisse in Baden-Württemberg
- Materialien

1. November 1986

Sandoz - Brand in Schweizerhalle



Sandoz 1986 - Brand in Schweizerhalle

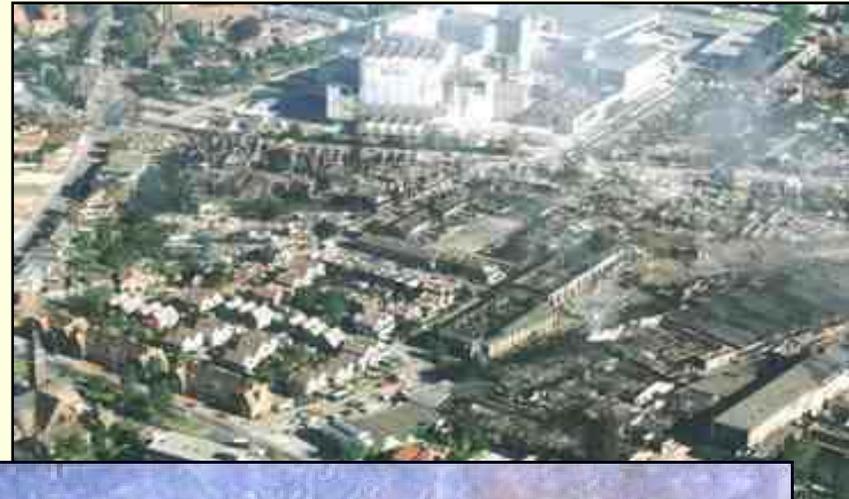
- Entwicklung eines Glimmbrandes nach dem Schrumpfen von Gebinden auf Paletten
- Ausweitung zum Großbrand
- 1351 Tonnen Chemikalien u.a. Herbizide, Insektizide, Quecksilberverbindungen verbrannten
- Stinkende Brandgase über Basel, Angst und Sorgen der Bevölkerung
- ca. 10.000 cbm Löschwasser führen zu Fischsterben im Rhein
- Aufarbeitung der Katastrophe

heute selbstverständlich:

**Sicherheitsstandards, Löschwasserrückhaltung,
Brandschutz, Lagerorganisation, Lagerlisten etc.**

Enschede (NL) 13. Mai 2000 Explosion von Explosivstoffen

- illegale Lagerung und Produktion
- 100 Tonnen Explosivstoffe
- Betroffenes Gebiet: 40 ha mit ca. 4000 Einwohnern
- ca. 400 zerstörte,- ca.1000 beschädigte Wohnungen
- 22 Tote, 947 Verletzte
- ca. 50 zerstörte Geschäfts- und Industriegebäude



Toulouse 21. Sept. 2001 - Ammoniumnitrat-Explosion

- Lagerabschnitt für nicht spezifikationsgerechtes Material ("off-specs")
- Explosion von 300-400 Tonnen Ammoniumnitrat
- 3 km vom Stadtzentrum
- ca. 11200 Häuser oder Dächer beschädigt
- Glasschäden bis 7 km Entfernung
- 31 Tote davon 22 innerhalb Fabrik
- 2500 Verletzte
- ca. 2000 Verletzte in Krankenhäusern



Tanklagerbrand Buncefield, Hemel Hempstead / UK am 11.12.2005



- größtes Brandereignis in Europa seit über 60 Jahren
- Explosion einer Treibstoffwolke und anschließender Brand führen zu erheblichen Sachschäden im Tanklager und in der Nachbarschaft.
- Als Hauptursache gilt die massive Überfüllung eines Lagertanks für Otto-Kraftstoff, die zu einer weit ausgedehnte Treibstoff/Luft-Wolke führte.

Störfallvorsorge und Stoffeigenschaften

- ohne Stoff – keine Gefahr!
 - wenig Stoff - geringe Gefahr?
 - viel Stoff - große Gefahr?

- Grundprinzip der Störfall-Verordnung: Vorhandensein gefährlicher Stoffe in bestimmten Mengen
- Keine Trivialität: genaue Kenntnis der Stoffeigenschaften unter allen Bedingungen etc. ...
 - ... **auch bei Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb (Störungen)**

- Häufige Ursache von Störfällen: Mangelnde Stoffkenntnis

Störfall-Verordnung – Anwendungsbereich

→ **Gesamter Betriebsbereich**, in dem gefährliche Stoffe oberhalb bestimmter Mengenschwellen vorhanden sind i.V.m

→ **Stoffliste** (Stoffkategorien) Anhang I Störfall-Verordnung mit Bezug zu RL 67/548/EWG und 1999/45/EG

Nr.	Gefährliche Stoffe Einstufungen ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Mengenschwellen in kg	
			Betriebsbereiche nach	
			§ 1 Abs. 1 Satz 1	§ 1 Abs. 1 Satz 2
Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5
1	Sehr giftig		5 000	20 000
2	Giftig		50 000	200 000
3	Brandfördernd		50 000	200 000
4	Explosionsgefährlich ³⁾		50 000	200 000
5	Explosionsgefährlich ⁴⁾		10 000	50 000
6	Entzündlich ⁵⁾		5 000 000	50 000 000
7a	Leichtentzündlich ⁶⁾		50 000	200 000
7b	Leichtentzündliche Flüssigkeiten ⁷⁾		5 000 000	50 000 000
8	Hochentzündlich ⁸⁾		10 000	50 000
9a	Umweltgefährlich, in Verbindung mit dem Gefahrenhinweis R 50 oder R 50/53		100 000	200 000
9b	Umweltgefährlich, in Verbindung mit dem Gefahrenhinweis R 51/53		200 000	500 000
10a	Jede Einstufung, soweit nicht oben erfasst, in Verbindung mit dem Gefahrenhinweis R 14 oder R 14/15		100 000	500 000
10b	Jede Einstufung, soweit nicht oben erfasst, in Verbindung mit dem Gefahrenhinweis R 29		50 000	200 000

Gefahren und Risiken von Lageranlagen für gefährliche Stoffe (1)



Die Stofffreisetzung aus einer vorgegebenen Umschließung mit möglichen Folgen der Boden-, Wasser- und Luftverunreinigung



Das Entstehen bzw. Vorliegen einer zündfähigen Atmosphäre, die durch Zündung eine Explosion oder einen Brand nach sich zieht

+ Chemische Reaktion + Zersetzung / Zerfall

Gefahren und Risiken von Lageranlagen für gefährliche Stoffe (2)



Bild: R. Klaus, Liestal

Teilbrand / Vollbrand mit Bildung von gefährlichen Brandgasen wie z.B. CO, SO₂, HCl, HCN, NO_x sowie ggf. Schwelgasen und Anfall großer Mengen verunreinigten Löschwassers

Wichtig: Sicherheitstechnische Kenngrößen (1)

allgemeine Stoffdaten, wie z.B

- Schmelz-/ Gefriertemperatur [$^{\circ}\text{C}$] [K],
- Siedetemperatur [$^{\circ}\text{C}$] [K],
- spezifische Wärme [kJ/kg],
- Dampfdruck [Pa] [mbar],
- Schwergaseigenschaft,
- Dampfdichte [kg/m^3],
- Korngröße – Partikelgrößenverteilung, Median etc.
- Löslichkeit [kg/m^3] [g/l],
- Aggregatzustand bei Normaltemperatur und Normaldruck (1,01325 bar, 273,15 K)
- Verdampfungswärme [kJ/kg];

Wichtig: Sicherheitstechnische Kenngrößen (2)

sicherheitstechnische Stoff- und Reaktionskenndaten z.B

- Explosionsgrenzen [g/m³], [Vol.-%]
- Flammpunkt [°C] ,
- Zündtemperatur [°C] ,
- Mindestzündenergie [mJ],
- Zersetzungstemperatur [°C] ,
- Brennbarkeit von Feststoffen,
- Selbstentzündungstemperatur [°C] ,

Gefahrenpotenziale bei der Chemikalienlagerung

- Stoffmengen und Lagercharakteristik -

Stoffmengen / Adressat	Charakteristik
Gramm – Kilogramm Bereich / Laborbereich	Lagerung in Räumen oder Chemikalienschränken
Kilogramm – Tonnenbereich / Kleine u. mittlere Unternehmen	Lagerung in verträglichen Kategorien, Zusammenlagerungsverbote Lagerung in Räumen, Regallager, Brandabschnitte, Löschwasserrückhaltung
Tonnenbereich - / Chemikaliengroßhandel, chem. Industrie	Lagerung in verträglichen Kategorien, Zusammenlagerungsverbote, Getrennte Brandabschnitte, bauliche Unterteilung Besondere Brandschutzanforderungen Löschwasserrückhaltung Störfallvorsorge, Speziallager

Lagertypen und Sicherheitsrelevanz (Beispiele)

- Tanklager (Flüssigkeiten)
- Gaslager
- Gebindelager (Regallager, Blocklager etc.)
- Schüttgutlager (Silo, Halde etc.)
- Kavernenlager
- Spezialfälle (z.B Containerlager für Brom, PSM-Lager, Sprengstofflager, Sonderabfalllager etc.)

Spezialfälle:

z.B Freilager für UN/ADR Container für Brom



Stand der Sicherheitstechnik: Gaswarnanlage, umlaufendes Hydroschild, unterirdische Auffangbehälter für Brom, Bromwäscher

Varianten der versch. Lagertypen

z.B. Tanklager

- Stehende / liegende Tanks
- oberirdisch, erdgedeckt, eingehaust, in Gebäude, brandschutzisoliert etc.
- im Auffangraum / Doppelmantel / Ring
- Festdach / Schwimmdach
- Umschlag mittels EKW / TKW / Pipeline
- etc.

Varianten der versch. Lagertypen

z.B. Gaslager

- Drucklagerung (gasförmig)
- Druckverflüssigt
- Tiefkalt
- Umschlag- und Verteillager
- Verbrauchslager
- Lagerung von Gasflaschen /
Flaschenbatterien
- etc.



Varianten der versch. Lagertypen

z.B. Gebindelager

- Fasslagerung
- Kleingebindelager
- IBC-Lager
- Palettenlager
- Schranklager
- etc.



A decorative graphic consisting of four vertical bars of varying heights, arranged from left to right in a descending order.

Folgerungen

- Die verschiedenen Lagertypen und ihre Varianten verlangen individuell festgelegte und systematisch überprüfte Sicherheitsanforderungen.
- Die Anforderungen betreffen sicherheitstechnische und organisatorische Bereiche.
- Zentraler Punkt ist ein funktionsfähiges **Sicherheitsmanagementsystem (SMS)**.



Hierarchie eines Sicherheitsmanagementsystems

Sicherheitspolitik z.B

Leitlinien des Chemiehandels (VCH) ... zum sicheren Umgang mit Chemikalien, deren Vermarktung sowie zur Unterrichtung der Öffentlichkeit

2. Anlagensicherheit

- Das Lagern von Chemikalien und alle dazugehörigen Handlungen wie Ein- und Auslagern sowie innerbetrieblicher Transport werden streng in Übereinstimmung mit den einschlägigen Gesetzen, Verordnungen und technischen Regeln durchgeführt.
- Genehmigungsbedürftige Lager- sowie Abfüll- und Umschlagsanlagen werden so betrieben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.
- Nicht genehmigungsbedürftige Lager-, Abfüll- und Umschlagsanlagen werden grundsätzlich genauso sicher betrieben wie genehmigungsbedürftige. Auch hier werden schädliche Umwelteinwirkungen verhindert, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.
- Gleichzeitig werden alle Lager-, Abfüll- und Umschlagsanlagen so betrieben, dass Verunreinigungen des Grundwassers oder oberirdischer Gewässer nicht zu besorgen sind. Der Boden wird so geschützt, dass er in seiner Funktionsvielfalt erhalten bleibt. In der Vergangenheit eingetretene Schäden werden beseitigt. Gegen künftige schädliche Einwirkungen wird Vorsorge getroffen. (Quelle: Internet VCH)

Gefahrenpotenziale in Lägern (Beispiele)

- Beschädigung von Gebinden /Stofffreisetzung
- Einlagerung von beschädigten/ undichten Gebinden
- Fehlerhafte Kennzeichnung
- Stoffverwechslung (z.B bei der Einlagerung)
- Überfüllung von Lagertanks
- Zusammenkommen von unverträglichen / reaktiven Stoffe
- Brandentstehung
- Menschliche Fehler
- Eingriffe Unbefugter
- Umgebungsbedingte Gefahren

Pflichten der Betreiber unter der Störfall-Verordnung

§ 3 Allgemeine Sicherheitspflichten

- **Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfällen:**
 - gegen betriebliche Gefahren
 - gegen umgebungsbedingte Gefahren wie z.B. Erdbeben oder Hochwasser
 - gegen Eingriffe Unbefugter
 - Vorkehrungen um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten
 - **Beschaffenheit und Betrieb der Anlagen des Betriebsbereichs müssen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen**

Umgebungsbedingte Gefahren z.B Hochwasser - bauliche Schutzmaßnahmen (Beispiele)



Hochwasserschott für Gebäudetür



Verschließen eines Kanaleinlaufs



Aufbetonierte Schutzmauer um ein Tanklager

§ 4 Anforderungen zur Verhinderung von Störfällen

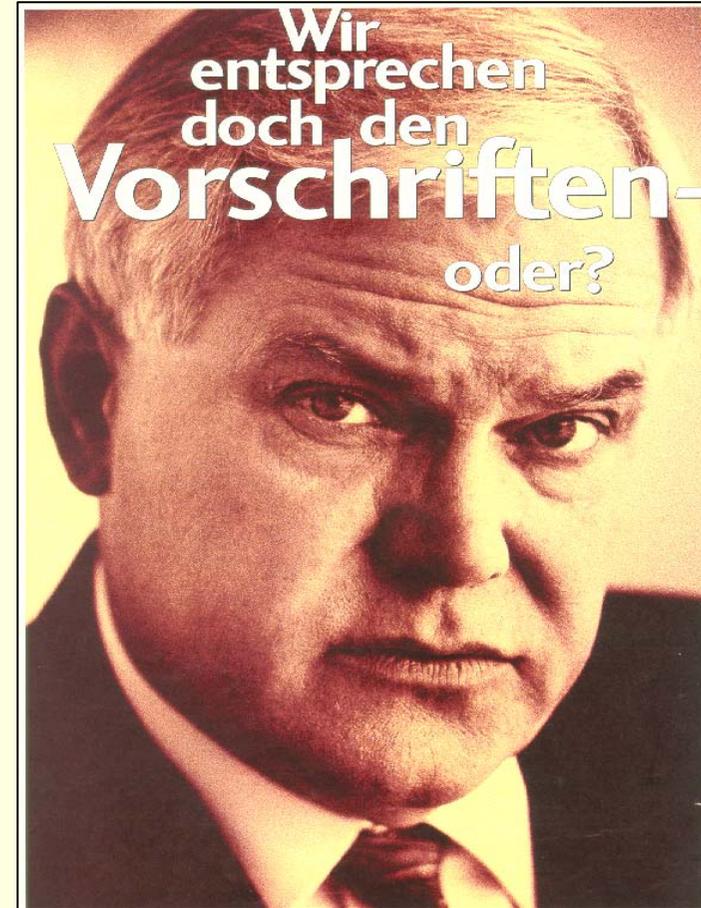
- **Vermeidung von Bränden und Explosionen innerhalb des Betriebsbereichs**
- Keine Beeinträchtigung der Sicherheit des Betriebsbereichs durch Brände und Explosionen von außen
- Keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen von Bränden und Explosionen in einer Anlage auf andere Anlagen
- Ausrüstung des Betriebsbereichs mit ausreichenden Warn-, Alarm- und Sicherheitseinrichtungen
- Ausrüstung der Anlagen des Betriebsbereichs mit zuverlässigen Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (auch redundant und diversitär soweit sicherheitstechnisch geboten)
- Schutz vor Eingriffen Unbefugter

§ 5 Begrenzung von Störfallauswirkungen

- durch Bauweise (Fundamente, Statik) keine zusätzlichen Gefahren im Störfall z.B. Brandschutz für tragende Bauteile, explosionsdruck/-stoßfeste Auslegung von Apparaten etc.
- Anlagen mit sicherheitstechnisch erforderlichen Einrichtungen ausrüsten z.B. Auffangwanne, Schutzwand, Löscheinrichtungen, Notbelüftung über Filter/Wäscher etc.
- technische und organisatorische Schutzvorkehrungen treffen z.B. Feuerwehr, Atemschutz etc.
- Beratung der Behörden und Einsatzkräfte im Störfall

Wichtige Lagervorschriften, Detailregelungen und Erkenntnisquellen (Beispiele)

- **TRGS 514**
Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern vom 15. Mai 1998 (BArbBl. 09/1998 S. 53)
- **TRGS 515**
Lagern brandfördernder Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern vom 15. Mai 1998 (BArbBl. 09/1998 S. 53)
- **TRbF 20 "Läger"** vom 01. Februar 2001 (BArbBl. 4/2001 S. 60)
- **Löschwasserrückhalterichtlinie** (LöRüRL) vom 10. Feb. 1993 (GABI. S. 208)
- **BGV B4 (Okt. 1993)/ BGR 105**
Unfallverhütungsvorschrift "Organische Peroxide"



Meldepflichtige Ereignisse in Lägern in Baden-Württemberg (Auswahl)

- Brand in einem Lager für ca. 18 Tonnen brandfördernde Stoffe am 5.9.1992
- Freisetzung von ca. 290 kg Chlor bei der Chemikalienanlieferung im Tanklager eines Klärwerks am 2.5.1997
- Austritt von 47 m³ Rohalkohol aus einem Tanklager in kommunale Kläranlage und Neckar am 09.09.1998
- Brand und Explosion in einer Flüssiggas-Verladeanlage am 23.4.2004
- Ammoniakfreisetzung an einem Lagertank in einem Kraftwerk am 3.5.2007

Materialien / Informationsquellen (Auswahl)

- **„BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter“**
<http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv/lagerung-gefaehlicher-substanzen.pdf>
- **Konzept für die Zusammenlagerung von Chemikalien,**
Hrsg.:Verband der chemischen Industrie e.V., Frankfurt
- **Kommission für Anlagensicherheit** <http://www.kas-bmu.de/>
- **ZEMA** <http://www.umweltbundesamt.de/zema/>
- **Berufsgenossenschaften**
- **Stoffeinstufung:** <http://ecb.jrc.it/classification-labelling>

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Thomas Hackbusch

Referat 31 - Umwelttechnologie

Tel.: 0721/5600-2327; Fax: 0721/5600-2339

E-mail: thomas.hackbusch@lubw.bwl.de