

## Anforderungen an Tanklager für brennbare Flüssigkeiten

(Stand: Dezember 2008)

### 1. Einleitung

In Nordrhein-Westfalen gibt es zahlreiche Tanklager, in denen brennbare Flüssigkeiten wie z. B. Otto- und Dieselmotorenstoffe, Kerosine, Heizöle, Methanol, Benzol, etc. gelagert werden. Diese Lager sind zum einen Teil selbständige Betriebsbereiche, zum anderen Teil gehören sie zu Raffinerien, in denen Erdöl verarbeitet wird, oder zu verfahrenstechnischen Anlagen, in denen beispielsweise hochwertige Produkte für die Synthese von Waschmitteln hergestellt werden.

Das Gefahrenpotenzial der gelagerten Stoffe liegt im Wesentlichen in der Brennbarkeit und in der Fähigkeit, mit Luft explosionsfähige Gemische zu bilden. Diese Eigenschaften der brennbaren Flüssigkeiten haben in der Vergangenheit zu teils großen Bränden geführt. In Nordrhein-Westfalen gab es z. B. einen umfangreichen Tanklagerbrand im Duisburger Hafen im Jahre 1979. Weit verheerender war jedoch in jüngster Vergangenheit der über Tage andauernde Brand des Tanklagers Buncefield in Großbritannien im Dezember 2005.

Eine charakteristische Größe für die Gefährlichkeit einer brennbaren Flüssigkeit ist der Flammpunkt; hierbei handelt es sich um die niedrigste Temperatur, bei der ein entflammbares Dampf-/Luftgemisch entstehen kann. Die – mittlerweile außer Kraft gesetzte – Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) teilte die brennbaren Flüssigkeiten ihren Flammpunkten entsprechend ein; es wurden insgesamt vier Gefahrklassen gebildet. In der folgenden Tabelle werden die Stoffe und Stoffkategorien gem. Anhang I der StörfallVO diesen Gefahrklassen zugeordnet:

Flammpunkt	Alte VbF-Klasse	R-Satz	Nummer und Stoffbezeichnung laut Anhang I der StörfallVO (2005)
< 0°C (Siedepkt. ≤ 35°C)	AI / B	R12	8 hochentzündlich 13.1 Ottokraftstoffe und Naphta
< 21°C	AI / B	R11	7 b leichtentzündliche Flüssigkeiten 13.1 Ottokraftstoffe und Naphta 26 Methanol
21°C – 55°C	AII	R10	6 entzündlich 13.2 Kerosine (einschl. Flugturbinenkraftstoffe)
> 55°C – 100°C	AIII		13.3 Gasöle (einschließlich Dieselmotorenstoffe, leichtes Heizöl und Gasölmischströme)

Viele brennbare Flüssigkeiten besitzen chronisch oder akut toxische Wirkung (z.B. Benzol, Methanol) und haben umweltgefährdende Eigenschaften.

Entsprechend der Störfallverordnung sind nicht nur die Beschäftigten auf dem Betriebsgelände und die Menschen in der Umgebung außerhalb der Werksgrenze vor einem Störfall zu schützen. Ebenso ist eine ernste Gefahr für die Umwelt, insbesondere Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser und Luft durch Schutzmaßnahmen im Rahmen praktischer Vernunft auszuschließen. Weiter sind durch geeignete Maßnahmen Sachschäden, die über die in der StörfallVO fixierten Werte hinausgehen, zu verhindern.

Ein einzelner Tank kann als Flachbodentank (s. u.) oder als Klöpperbodentank konzipiert werden. Klöpperbodentanks haben in der Regel kleinere Volumina (Größenordnungen  $10 - 100 \text{ m}^3$ ) und werden auf Standzargen oder Gerüsten errichtet. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die in großen Tanklagern hauptsächlich vorhandenen Flachbodentanks. Flachbodentanks können durchaus Volumina in der Größenordnung von  $100.000 \text{ m}^3$  erreichen.

Die Anforderungen an ein Tanklager richten sich nach dem jeweiligen Gefährdungspotenzial und Schutzziel. Grundsätzlich gilt, dass die sicherheitstechnische Ausrüstung auf den jeweiligen Einzelfall abzustimmen ist.

## **2. Anforderungen an Flachbodentanks**

Material, Wandstärke, Statik usw. werden vom technischen Regelwerk und der Baugesetzgebung vorgegeben.

Flachbodentanks sind entweder mit festem Dach, mit Schwimmdach oder mit festem Dach und innen liegendem Schwimmdach versehen.

Folgende sicherheitstechnische Maßnahmen sind an Flachbodentanks umzusetzen, um die Schutzziele der StörfallVO zu erreichen:

- Füllstandsüberwachung
- Temperaturüberwachung
- Bauartzugelassene Überfüllsicherung mit Alarmauslösung, automatischer Abschaltung der Förderpumpe und automatischem Schließen der Zulaufarmatur
- Tankatmung zur Verhinderung gefährlicher Unter- und Überdrücke
- ausreichende Leckageauffangvolumina
- Leckagedetektion
- Erdung gegen elektrostatische Entladung
- Blitzschutz
- Dauerbrandsichere Flammendurchschlagsicherungen
- Brandbekämpfungseinrichtungen (s.unten)

Ausreichende Löschwasserrückhaltevolumina gemäß der Löschwasserrückhalterichtlinie /1/ sind vorzuhalten.

Emissionen in die Atmosphäre sind bei akut und chronisch toxischen Stoffen grundsätzlich zu vermeiden. Hierzu ist die Tankatmung an ein System zur weiteren

Verwendung (z. B. Rekondensation, Gasometer), zur thermischen Umwandlung (Fackel, thermische Nachverbrennung) oder zur Abscheidung (Wäscher, Filter) anzuschließen. Eine ausreichende explosionsschutztechnische Entkopplung dieser Systeme mittels Detonationssicherungen und Sicherheitstauchungen ist obligatorisch.

Die Ummantelung eines Tanks mit einem Ringmantel ist der Aufstellung in einer Tanktasse vorzuziehen und bei der Lagerung hoch- oder leichtentzündlicher Flüssigkeiten oder solcher, die zusätzlich eine akute bzw. chronische Toxizität aufweisen in aller Regel zu fordern, da mit dieser Art von Auffangraum sicherheitstechnische Vorteile verbunden sind:

- Die Abdampftrate und Emission von Leckagen wird verringert, je schmaler und höher ein Ringraum gestaltet ist. Wegen der erforderlichen Begehbarkeit müssen die Ringräume gem. TRbF 20, Nr. 4.3.1.4 eine Mindestbreite von 1,0 m besitzen. Bei größeren Flachbodentanks ab ca. 10.000 m<sup>3</sup> ergibt sich wegen des vorzuhaltenden Auffangvolumens eine Ringmantelhöhe von mindestens 80% der Tankmantelhöhe. Die Ringmäntel werden in aller Regel – auch bei deutlich kleineren Flachbodentanks – in einer Höhe von 80 – 100% der Tankmantelhöhe ausgeführt.
- Ringmäntel aus Stahlbeton bzw. Spannbeton besitzen eine hohe Standfestigkeit und bieten passiven Schutz gegen die von einem Brand in der Umgebung abgegebenen Wärmestrahlung. Dieser Schutz greift umso mehr, je höher der Ringmantel ist. Diese Schutzfunktion muss natürlich mit fortschreitender Branddauer durch die im Rahmen der Brandbekämpfung einsetzenden Lösch- und Kühlmaßnahmen gestützt werden.

Der Ringraum ist mit einer Leckagedetektion mit Alarmierung sowie einer halbstationären bzw. stationären Löschanlage zur Beschäumung auszustatten.

## 2.1 Überfüllsicherungen

Überfüllsicherungen sind als Überwachungs- oder Sicherheits- bzw. Schutzeinrichtung einzustufen. Wenn die zu lagernde Flüssigkeit neben den aus der Brennbarkeit erwachsenden Gefahren (Explosionsdruckwelle, Wärmestrahlung, etc.) wegen ihrer akuten oder chronischen Toxizität weitere Gefahren für die Nachbarschaft in der Umgebung birgt, ist eine sehr hohe Zuverlässigkeit der Überfüllsicherungen anzustreben. Im Sinne des §3 der Störfall-VO ist der Verhinderung einer Freisetzung gegenüber der Begrenzung von Auswirkungen der Vorzug zu geben. Dies gilt umso mehr für Flachbodentanks mit ihren großen Lagermengen, die in den vorliegenden Ausführungen angesprochen werden, da hierbei von entsprechend hohen Pumpenförderleistungen bei der Befüllung – ggf. sogar aus einer Pipeline – ausgegangen werden muss.

Grundsätzlich sind Überfüllsicherungen bei den in Rede stehenden Flüssigkeiten als PLT-Schutzeinrichtung gemäß VDI/VDE 2180 auszuführen, es sei denn, eine systematische Gefahrenanalyse führt zu dem Ergebnis, dass im Falle einer Überfüllung ein Störfall definitiv auszuschließen ist. Dies ist im Einzelfall plausibel und

nachvollziehbar zu begründen. Im Übrigen kann ein Überfüllen eines größeren Flachbodentanks – wie anscheinend in Buncefield – zu einem solchen Brandereignis führen, das allein wegen des eingetretenen Sachschadens als Störfall im Sinne der Störfall-VO einzustufen wäre. Auch in solchen Fällen ist eine Einstufung der Überfüllsicherung in die Schutzebene erforderlich.

Eine Überfüllsicherung kann durch eine kontinuierliche Füllstandsmessung mit nachgeschaltetem Grenzwertgeber oder durch einen Füllstandgrenzschalter realisiert werden. Grenzwertgeber und Füllstandgrenzschalter liefern aus der gemessenen physikalischen Größe ein binäres Ausgangssignal, das zur Alarmausgabe zwingend erforderlich ist. Auf der Schutzebene werden Überfüllsicherungen üblicherweise als Grenzschalter ausgeführt.

Die Prüfungen und Zulassungen beschränken sich auf Standaufnehmer und Messumformer, nicht aber auf die gesamte Meldeanlage. Diese muss aber den Bau- und Prüfgrundsätzen der TRbF 510 entsprechen. Die TRbF 510 ist wegen der Verabschiedung der Betriebssicherheitsverordnung zwar im Juni 2002 aufgehoben worden; deren Beschaffenheitsanforderungen sind derzeit aber noch gültig. Bei der Meldeanlage wird in aller Regel das akustische Signal quittierbar ausgeführt; das optische Signal muss dagegen bis zum Unterschreiten der Alarmgrenze des Füllstandes erhalten bleiben.

Angesichts der Vorkommnisse in Buncefield ist im jeweils vorliegenden Einzelfall zu erwägen, ob hierbei nicht eine modifizierte Konzeption anzustreben ist. Das durch die Quittierung stummgeschaltete akustische Signal könnte z. B. nach einem für die jeweilige Anlage sinnvollen Zeitrahmen automatisch wieder aktiviert werden, wenn das Personal bis dahin nicht die erforderlichen Schritte eingeleitet hat.

Schaltungsmäßig bedeuten die Bau- und Prüfgrundsätze im wesentlichen, die Steuerungs- und Meldeeinrichtungen nach dem Ruhestromprinzip zu betreiben bzw. die Stromkreise für Hupen und Lampen hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit leicht überprüfbar zu gestalten.

Da sich unter den bestehenden Flachbodentanks eine gewisse Anzahl befindet, die schon vor mehreren Jahrzehnten errichtet wurden, ist davon auszugehen, dass Schwimmerschalter als Standaufnehmer für die Überfüllsicherung eingesetzt worden sind. Im Gegensatz zu neueren Messmethoden (z. B. nach dem Schwinggabelprinzip) kann ein Schwimmerstandaufnehmer im eingebauten Zustand keiner Funktionsprüfung unterzogen werden. Durch Verklemmen oder Leckwerden eines Schwimmers kann es also geschehen, dass die Überfüllsicherung im Anforderungsfall unbemerkt nicht ordnungsgemäß funktioniert (passiver Fehler). Eine Bauteilfehlersicherheit ist nicht gegeben. Die Meßmethode mit Schwimmerstandaufnehmern für den Einsatz als Überfüllsicherung entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Sicherheitstechnik.

Demgegenüber stehen moderne Meßmethoden wie Schwingsonden, kapazitive Messung oder Kaltleiter, die mit Hilfe moderner Auswerteelektronik eine vollständige kontinuierliche Selbstüberwachung einer Überfüllsicherung vom Sensor bis zum Aktor

erlauben. Alternativ kann die geforderte Funktionssicherheit durch teilweise oder komplette (diversitäre) Redundanz erzielt werden.

Auf dem Markt sind Überfüllsicherungen mit SIL (Safety Integrity Level)-Nachweis verfügbar, die dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen und den Anforderungen an Schutzeinrichtungen gemäß VDI/VDE 2180 genügen.

## 2.2 Brandbekämpfung

Grundsätzlich ist eine ausreichende Löschwasserversorgung vorzusehen; dies bedeutet in aller Regel für Industriegebiete eine Mindestversorgung von  $192 \text{ m}^3/\text{h} = 3.200 \text{ l}/\text{min} / 2/$ . Für die in den vorliegenden Ausführungen angesprochenen Tanklager für brennbare Flüssigkeiten sollte eine noch deutlich höhere, d. h. doppelte oder dreifache Löschwassermenge im Umkreis von 300 m aus unerschöpflichen Wasserquellen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sollte im Rahmen der Notfallplanung für größere Brandszenarien das Heranführen von zusätzlichen Wassermengen aus dem weiteren Umfeld durchgeplant werden, um im Ernstfall Zeitverzögerungen zu vermeiden. Erst im März 2008 zeigte beispielsweise ein Großbrand in Köln-Worringen, dass in solchen Fällen leicht die zehnfache Menge der o. g. Mindestversorgung erforderlich werden kann /3/.

Ein Brandschutzkonzept kann sich aus folgenden Maßnahmen, die zum einen der Leckage- und Brandfrüherkennung dienen und zum anderen die Bemühungen der Feuerwehr in der Brandbekämpfung unterstützen, zusammensetzen:

- Gaswarngeräte an Pumpen, Armaturen und anderen potenziellen Leckagestellen
- Flammenmelder
- (automatische) Tankberieselung gem. DIN 14495
- Innenbeschäumung von Tanks
- halbstationäre / stationäre Löschanlage zur Beschäumung der Tanktasse bzw. des Ringmantels
- Wasserwerfer

Welches Maßnahmenpaket letztendlich festzulegen ist, hängt von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise der Tankgröße oder den Abständen zwischen den Tanks bzw. zu der zu schützenden Nachbarschaft der Tanks ab.

Angesichts der möglichen großen Freisetzung von brennbaren Flüssigkeiten in den betrachteten Tanklagern ist die unverzügliche Einleitung von Lösch- und Kühlmaßnahmen unabdingbar. Dies ist in Raffinerien und Chemieparks mit Hilfe der dort vorgehaltenen Werkfeuerwehren wegen der kurzen Anrückzeit in Verbindung mit deren personeller und technischer Ausstattung ohne weiteres realisierbar.

Eine Reihe eigenständiger Tanklager haben dagegen keine Werkfeuerwehr; hier muss im Brandfall die Berufs- oder gar die Freiwillige Feuerwehr anrücken. Die Anrückzeiten sind zum Teil wesentlich länger, die Ausstattung weniger umfangreich, so dass ein massiver Löschangriff erst nach einem deutlich längeren Zeitintervall einsetzen

kann. Umso wichtiger ist es, dass Personal in solchen Tanklagern rund um die Uhr verfügbar ist, um ggf. mit Hilfe halbstationärer/stationärer Lösch- und Berieselungsanlagen und vor Ort bereit gehaltener Löschmonitore selbst erste Lösch- und Kühlmaßnahmen vornehmen zu können. Die Zugänglichkeit für die Einspeisestellen dieser Lösch- und Berieselungsanlagen und die ortsfesten Löschmonitore muss gewährleistet sein, d. h. diese Einrichtungen sind in brandlastfreien Zonen zu installieren.

In allen Fällen ist es für die oben angesprochene unverzügliche Einleitung der Brandbekämpfungsmaßnahmen von hoher Wichtigkeit, eine jederzeit wirkungsvolle Leckagen- und Brandfrüherkennung zu haben. Angesichts des zu beobachtenden Trends, Personalkapazitäten in den Betriebsbereichen zu reduzieren, ist dies in aller Regel mittels automatischer Brandmeldeanlagen und Gaswarnanlagen mit Alarmdurchschaltung zu einer ständig besetzten Stelle bzw. zur Feuerwehr zu realisieren.

### **2.3 Leckage- und Löschwasserrückhaltung**

Bei dem Brand von Buncefield im Dezember 2005 hielt das dauerelastische Fugendichtmaterial der lang anhaltenden Wärmebelastung während des Brandes nicht stand. Im Hinblick auf den Gewässerschutz bzw. den Aspekt „Sachschaden“ bei der Definition eines Störfalls im Sinne der StörfallVO muss im Einzelfall geklärt werden, ob die Auffangvolumina ausreichen und ob die Dichtflächen und die Fugenabdichtungssysteme auch im Falle einer Wärmebelastung standhalten.

In der TRwS 786 werden die Bauausführungen von Dichtflächen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen, dargestellt /4/. Unter den 10 aufgeführten Varianten finden sich z. B. auch zwei Ortbetonsysteme aus hochwertigem FD/FDE-Beton nach der DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ /5/. In Verbindung hiermit werden zur Fugenabdichtung u. a. Fugenbleche empfohlen; Ausführungsdetails für diese Bleche werden aus Teil 1, Abschnitt 7.3.3 (3) und (4) sowie Bild 1-8 ersichtlich.

Es sind also durchaus Fugenabdichtungssysteme verfügbar, die einer Wärmebelastung sehr viel besser standhalten können als Bitumenheißvergussmassen.

### **2.4 Sicherheitsmanagement und der menschliche Faktor**

Die sicherheitsgerichteten Aufgaben des Personals im Tanklager und dementsprechend Anforderungen an Anzahl und Qualifikation der Beschäftigten hängen in starkem Maße von der vorliegenden technischen Ausstattung des Lagers ab. Dies betrifft vor allem sicherheitsrelevante Maßnahmen wie z. B. folgende:

- Tanklagermanagement (Feststellung zulässiger Füllmengen, u. dergl.)
- Abschaltungen, Schließvorgänge  
(wenn eine Überfüllsicherung nur alarmiert, jedoch nicht schaltet)
- Unverzögliche Lösch- und Kühlmaßnahmen (wenn keine automatischen

Lösch-, Beschäumungs-, Berieselungssysteme installiert sind)

Selbständige Tanklager sind oft nicht rund um die Uhr mit Personal besetzt. Dann müssen unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten eine Reihe von Maßnahmen automatisiert werden. Dies gilt vor allem, wenn bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes für die dann anfallenden Aufgaben die Personalstärke zu knapp bemessen ist.

Das Sicherheitsmanagement muss eingebettet sein in ein Sicherheitsmanagementsystem, das die Anforderungen nach Anh. III der StörfallVO erfüllt, und sollte auch Erkenntnisse aus dem Bereich „Menschlicher Faktor“, z.B. bei der Gestaltung von Alarmen, berücksichtigen /6/.

### 3. Quellen

- /1/ Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LÖRüRL)  
z.B. in NRW: RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen v. 14.10.1992 – II A 5 – 190.6 (am 01.01.2003: MSWKS), MBl.NRW. 1992 S. 1719 ber. 1993 S. 879
- /2/ DVGW-Arbeitsblatt W405  
„Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung“  
Februar 2008  
DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- /3/ Stefan Neuhoff, Johannes Feyrer:  
„Gravierender Störfall in einem Chemiebetrieb in Köln“  
Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 8/2008, S. 592 - 606
- /4/ Arbeitsblatt DWA-A 786  
Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS)  
„Ausführung von Dichtflächen“  
Oktober 2005  
DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- /5/ DAfStb-Richtlinie  
„Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“  
Teil 1 – 3, Ausgabe Oktober 2004  
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton – DAfStb  
im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- /6/ NAMUR - Arbeitsblatt NA 102 „Alarm-Management“ vom 15.12.2005  
NAMUR - Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regelungstechnik in der Chemischen Industrie