

**Integrierte Vermeidung und Verminderung der  
Umweltverschmutzung (IVU)**

**„BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken  
zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender  
Güter“**

**Januar 2005**

**mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung**



Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und die 16 Bundesländer haben eine Verwaltungsvereinbarung geschlossen, um gemeinsam eine auszugsweise Übersetzung der BVT-Merkblätter ins Deutsche zu organisieren und zu finanzieren, die im Rahmen des Informationsaustausches nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) (Sevilla-Prozess) erarbeitet werden. Die Vereinbarung ist am 10.1.2003 in Kraft getreten. Von den BVT-Merkblättern sollen die für die Genehmigungsbehörden wesentlichen Kapitel übersetzt werden. Auch Österreich unterstützt dieses Übersetzungsprojekt durch finanzielle Beiträge.

Als Nationale Koordinierungsstelle für die BVT-Arbeiten wurde das Umweltbundesamt (UBA) mit der Organisation und fachlichen Begleitung dieser Übersetzungsarbeiten beauftragt.

Die Kapitel des von der Europäischen Kommission veröffentlichten BVT-Merkblattes „Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter“, in denen die Besten Verfügbaren Techniken beschrieben sind (Kapitel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.0, 5.1, 5.2, 7. und Glossar), sind im Rahmen dieser Verwaltungsvereinbarung in Auftrag des Umweltbundesamtes übersetzt worden.

Die nicht übersetzten Kapitel liegen in diesem Dokument in der englischsprachigen Originalfassung vor. Diese englischsprachigen Teile des Dokumentes enthalten weitere Informationen (u.a. Emissionssituation der Branche, Technikbeschreibungen etc.), die nicht übersetzt worden sind. In Ausnahmefällen gibt es in der deutschen Übersetzung Verweise auf nicht übersetzten Textpassagen. Die deutsche Übersetzung sollte daher immer in Verbindung mit dem englischen Text verwendet werden.

Die Kapitel „Zusammenfassung“, „Vorwort“ und „Umfang“ basieren auf den offiziellen Übersetzungen der Europäischen Kommission in einer zwischen Deutschland, Luxemburg und Österreich abgestimmten korrigierten Fassung.

Die Übersetzungen der weiteren Kapitel sind ebenfalls sorgfältig erstellt und fachlich durch das Umweltbundesamt und Fachleute der Bundesländer geprüft worden. Diese deutschen Übersetzungen stellen keine rechtsverbindliche Übersetzung des englischen Originaltextes dar. Bei Zweifelsfragen muss deshalb immer auf die von der Kommission veröffentlichte englischsprachige Version zurückgegriffen werden.

Dieses Dokument ist auf der Homepage des Umweltbundesamtes unter der Webadresse [www.bvt.umweltbundesamt.de](http://www.bvt.umweltbundesamt.de) abrufbar.

### **Durchführung der Übersetzung in die deutsche Sprache:**

#### **Rainer Remus**

Alexandrastraße 19

06844 Dessau

Tel.: +49 (0)340-8595038

E-Mail: [rainerremus@web.de](mailto:rainerremus@web.de)

#### **Werner Behnke**

Carstennstraße 43B

12205 Berlin

Tel.: +49 (0)30-8173840

E-Mail: [wbehnke@trans-tech.de](mailto:wbehnke@trans-tech.de)

This document is one of a series of foreseen documents as below (at the time of writing, not all documents have been drafted):

<b>Full title</b>	<b>BREF code</b>
Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs	ILF
Reference Document on the General Principles of Monitoring	MON
Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins	TAN
Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry	GLS
Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry	PP
Reference Document on Best Available Techniques on the Production of Iron and Steel	I&S
Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries	CL
Reference Document on the Application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems	CV
Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor – Alkali Manufacturing Industry	CAK
Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry	FMP
Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries	NFM
Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry	TXT
Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries	REF
Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry	LVOC
Reference Document on Best Available Techniques in the Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector	CWW
Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry	FM
Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry	SF
Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage	ESB
Reference Document on Best Available Techniques on Economics and Cross-Media Effects	ECM
Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants	LCP
Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animals By-products Industries	SA
Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities	MTWR
Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals	STM
Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries	WT
Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals (Ammonia, Acids and Fertilisers)	LVIC-AAF
Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration	WI
Reference Document on Best Available Techniques for Manufacture of Polymers	POL
Reference Document on Energy Efficiency Techniques	ENE
Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Organic Fine Chemicals	OFC
Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Specialty Inorganic Chemicals	SIC
Reference Document on Best Available Techniques for Surface Treatment Using Solvents	STS
Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals (Solids and Others)	LVIC-S
Reference Document on Best Available Techniques in Ceramic Manufacturing Industry	CER

## ZUSAMMENFASSUNG

Das horizontale Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken (BVT-Merkblatt) mit dem Titel 'Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter' beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates (IVU-Richtlinie). In der vorliegenden Zusammenfassung, die im Zusammenhang mit der im Vorwort des BVT-Merkblatts gegebenen Erläuterung der Zielsetzungen, der Verwendung und des rechtlichen Rahmens zu betrachten ist, werden die wichtigsten Erkenntnisse, die wesentlichen Schlussfolgerungen zu den BVT und den mit diesen verbundenen Emissions-/Verbrauchswerten beschrieben. Sie kann als eigenständiges Dokument betrachtet werden, das jedoch als Zusammenfassung nicht die gesamte Vielschichtigkeit der vollständigen Textfassung des Referenzdokuments widerspiegelt. Die Zusammenfassung kann daher nicht als Ersatz für die vollständige Textversion des Dokuments dienen, bei dem es sich um ein Hilfsmittel im Prozess der Bestimmung der BVT handelt.

### Umfang

Das Thema 'Emissionen aus der Lagerung von Schüttgut oder gefährlichen Stoffen' wurde für alle in Anhang I der IVU-Richtlinie beschriebenen Tätigkeiten als horizontale Fragestellung erkannt. Dies bedeutet, dass sich dieses Dokument auf die Lagerung, den Transport und den Umschlag von Flüssigkeiten, Flüssiggasen und Feststoffen bezieht, unabhängig vom Sektor oder Industriezweig. Behandelt werden Emissionen in die Atmosphäre, in Böden und in Gewässer, wobei der Schwerpunkt allerdings auf den Emissionen in die Atmosphäre liegt. Bei den Informationen über Emissionen aus der Lagerung und dem Umschlag/Transport von Feststoffen in die Atmosphäre liegt der Schwerpunkt auf Stäuben.

### Allgemeine Informationen, Stoffe und Klassifizierung

Kapitel 1, Allgemeine Informationen, enthält allgemeine Informationen zur Umweltrelevanz der Lagerung und des Umschlags von Schüttgut und gefährlichen Stoffen sowie zur Emissionssituation bei Lageranlagen; dabei werden in allgemeiner Weise die wichtigsten Quellen von Emissionen in die Atmosphäre und in Gewässer sowie von Emissionen in Form von Abfällen identifiziert. Kapitel 2, Stoffe und Klassifizierung, behandelt die verschiedenen Klassifizierungssysteme für Stoffe und die verschiedenen Stoffkategorien, beispielsweise Toxizität, Entflammbarkeit und Umweltschädlichkeit. Für als Schüttgut vorliegende Feststoffe wird auch die Staubneigungsklasse behandelt.

### Angewandte Lagerungs-, Transport- und Umschlagtechniken sowie Techniken, die bei der Festlegung von BVT in Betracht zu ziehen sind

In Kapitel 3, Angewandte Lagerungs-, Transport- und Umschlagtechniken, werden die Techniken beschrieben, die bei der Lagerung, beim Transport und beim Umschlag von Flüssigkeiten, Flüssiggasen und Feststoffen angewandt werden. In Kapitel 4 werden Techniken beschrieben, die bei der Festlegung von BVT in Betracht zu ziehen sind, ebenfalls bezogen auf Flüssigkeiten, Flüssiggase und Feststoffe. Die Zusammenfassung befasst sich zuerst mit den Themen betreffend Flüssigkeiten und Flüssiggase, Themen im Zusammenhang mit den Feststoffen werden danach behandelt.

### *Flüssigkeiten und Flüssiggase*

Für die Lagerung von Flüssigkeiten und Flüssiggasen werden in Kapitel 3 die folgenden Lagerarten beschrieben:

- offene Lagertanks
- Schwimmdachtanks
- (stehende) Festdachtanks
- oberirdische liegende Lagertanks (drucklos)
- liegende Lagertanks (unter innerem Überdruck)
- stehende Lagertanks (unter innerem Überdruck)
- Kugeltanks (unter innerem Überdruck)
- umwallte Lagerung (unter innerem Überdruck)
- Hubdachtanks (mit variablem Dampfraum)
- gekühlte Lagertanks
- unterirdische liegende Lagertanks
- Behälter und Lagerung von Behältern
- Becken und Teiche
- Kavernen in Bergwerken (drucklos)
- Kavernen in Bergwerken (unter innerem Überdruck)
- Salzkavernen und
- schwimmende Lagerung.

Für Tanks und andere Lagerungsarten werden Ausrüstungen wie Be- und Entlüftungseinrichtungen, Messinstrumente, Probenahme- und Zugangsluken, Messschächte und Verankerungsmasten, Abflüsse, Dichtungselemente und Ventile sowie gemeinsame Fragen behandelt; auch die Punkte Auslegung, Inbetriebnahme und Stilllegung, Wirtschaftlichkeit, Management und Betrieb werden behandelt.

Für den Transport und den Umschlag von Flüssigkeiten und Flüssiggasen werden Ausrüstungen wie Be- und Entlüftungseinrichtungen, Abflüsse, Dichtungselemente und Druckentlastungseinrichtungen sowie die folgenden Techniken oder Operationen beschrieben:

- oberirdische offene und geschlossene Rohrleitungssysteme
- unterirdische Rohrleitungssysteme
- Be- und Entladung von Lieferfahrzeugen
- Schwerkraftstrom
- Pumpen und Kompressoren
- Edelgase
- Flansche und Dichtungen sowie
- Ventile und Armaturen.

Für jede Lagerungsart und für jede Transport- und Umschlagoperation werden die relevanten betrieblichen Tätigkeiten, beispielsweise Befüllung, Entleerung, Tankatmung, Reinigung, Ablassen, Rohrreinigung und –durchspülung, Herstellen/Trennen von Anschlüssen sowie mögliche Vor- und Zwischenfälle, beispielsweise Überfüllung und Leckagen, die potenziell zu einer Emission führen, aufgeführt. Dies bildet die Grundlage für die Beschreibung der möglichen Emissionen nach Lagerungsart und Tätigkeit. Die möglichen Emissionsquellen aus Lagerungsarten sowie Transport- und Umschlagoperationen werden insbesondere mittels eines Risikomatrixkonzepts für weitere Analysen ausgewählt. Bei diesem Konzept findet ein Bewertungssystem Anwendung, bei dem durch die Multiplikation der Emissionshäufigkeit mit der Emissionsmenge für jede einzelne Lagerungsart sowie Transport- und Umschlagoperation Punktwerte für Emissionen aus betrieblichen Quellen errechnet werden. Alle potenziellen Emissionsquellen mit einer Bewertung von 3 oder mehr Punkten werden als relevant betrachtet; daher werden in Kapitel 4, Techniken, die bei der Festlegung von BVT in Betracht zu ziehen sind, Emissionskontrollmaßnahmen zur Verhinderung oder Verringerung der potenziellen Emissionen aus diesen Quellen erörtert.

Kapitel 4 enthält Informationen zu den möglichen Emissionskontrollmaßnahmen für jede in Kapitel 3 erörterte Lagerungsart, was auch eine Bewertung der relevanten Sicherheitsaspekte und betrieblichen Aspekte sowie wirtschaftliche Überlegungen umfasst. Tanks werden für die Lagerung einer großen Vielfalt von Stoffen eingesetzt, beispielsweise Dünger, Kühlwasser sowie Chemikalien und Petrochemikalien jeglicher Art. In der petrochemischen Industrie, wo große Mengen chemischer Erzeugnisse und Ölerzeugnisse in Tanks gelagert werden, wurden umfangreiche Erfahrungen bezüglich der Vermeidung und Verringerung von Emissionen gesammelt; daher bezieht sich ein erheblicher Teil der Informationen in diesem BVT-Merkblatt auf die Lagerung von petrochemischen Erzeugnissen in Tanks.

In Bezug auf Emissionen aus dem normalen Betrieb eines Tanks werden die folgenden Emissionskontrollmaßnahmen, bei denen es sich nicht nur um technische Maßnahmen, sondern auch um betriebliche Instrumente und Managementinstrumente handelt, erörtert und bewertet:

- Tankauslegung
- Inspektion, Instandhaltung und Überwachung
- Grundsatz der Emissionsminimierung
- schwimmende, flexible und feste Abdeckungen
- Kuppeln
- Tankanstrich
- Sonnenschutz
- natürliche Tankkühlung
- Schwimmdächer und Schwimmdecken sowie Dachabdichtungen
- Überdruck- und Unterdruckventile
- Ablasssysteme
- Dampfstabilisierung und Dampfaufbereitung sowie
- Mischung und Schlammabseparierung.

Dieses Kapitel enthält auch ein allgemeines methodisches Instrument für die Bewertung der Emissionskontrollmaßnahmen für Tanks für spezifische Fälle (spezifisches Produkt, spezifischer Standort und spezifischer Lagertank) sowie mehrere Fallstudien.

Als Emissionskontrollmaßnahmen für potenzielle Emissionen aus Tanks infolge von Zwischenfällen und (schweren) Unfällen werden erörtert und bewertet:

- Sicherheit und Risikomanagement
- betriebliche Verfahren und Schulung
- Anzeige für geringen Füllstand bei Schwimmdachtanks
- Leckagen und Überfüllung, z. B.:
  - Leckagen aufgrund von Korrosion und Erosion
  - Messgeräteausrüstung und Automatisierung zur Verhinderung von Überfüllung und zur Erfassung von Leckagen
  - undurchlässige Sperren und Tankwälle
  - doppelwandige Tanks
- Brandschutz-, Feuerlöschschrüstung und Umschließung.

Bei den in Kapitel 3 beschriebenen Lagerungstechniken für verpackte gefährliche Stoffe handelt es sich um Lagerzellen, Lagergebäude und Lagerplätze. Emissionen aus dem normalen Betrieb treten bei verpackten Stoffen nicht auf; die einzig möglichen Emissionen sind auf Zwischenfälle und (schwere) Unfälle zurückzuführen. Bei den in Kapitel 4 erörterten und bewerteten Emissionskontrollmaßnahmen handelt es sich um:

- Sicherheit und Risikomanagement
- Konstruktion sowie Be- und Entlüftung
- Strategien für Trennung und Getrenntlagerung
- Rückhaltung von Leckagen und kontaminiertem Löschmittel sowie
- Brandschutz- und Feuerlöschschrüstung.

In der Industrie dienen meistens Becken und Teiche als Reservoir für Kühl- und Löschmittel sowie für behandeltes und unbehandeltes Abwasser. In der Landwirtschaft ist ihre Nutzung für die Lagerung von Dünger weit verbreitet. Die in Kapitel 4 für Becken und Teiche erörterten und bewerteten Emissionskontrollmaßnahmen umfassen schwimmende Abdeckungen sowie Kunststoffabdeckungen oder starre Abdeckungen, undurchlässige Sperren und Sicherheitsvorkehrungen gegen ein Überfüllen infolge von Regenfällen.

Bei den identifizierten Arten von Kavernen handelt es sich um Kavernen in Bergwerken, die zwar drucklos sein können, die aber meistens unter innerem Überdruck stehen, sowie Salzkavernen. Kavernen dienen typischerweise zur Lagerung von Kohlenwasserstoffen, beispielsweise von Rohöl, Benzin, Dieselmotorenöl, Heizöl und flüssigem Propangas. Emissionen aus dem normalen Betrieb von unter innerem Überdruck stehenden Kavernen in Bergwerken und Salzkavernen werden als nicht signifikant betrachtet, weshalb keine Emissionskontrollmaßnahmen identifiziert werden. Für drucklose Kavernen in Bergwerken wird jedoch die Dampfstabilisierung als Emissionsminderungsmaßnahme für Emissionen aus dem normalen Betrieb erörtert und bewertet. Die Emissionskontrollmaßnahmen für Emissionen aus Zwischenfällen und (schweren) Unfällen, deren bedarfsweise Anwendung für die verschiedenen Arten von Kavernen erörtert wird, umfassen:

- Sicherheit und Risikomanagement
- Überwachung
- inhärente Sicherheitseigenschaften
- Aufrechterhaltung des hydrostatischen Druckes
- Zementeinspritzung
- verkettetes Verriegelungssystem und
- automatischer Überfüllungsschutz.

Die schwimmende Lagerung, d. h. die Lagerung auf Schiffen, dient manchmal dazu, zusätzliche, temporäre Lagerkapazitäten bei einem Schiffsterminal bereitzustellen. Bei diesen Schiffen handelt es sich üblicherweise um ehemalige Handelsschiffe. Über- und Unterdruckventile, Tankanstrich sowie Dampfstabilisierung, Dampfpendelung oder Dampfaufbereitung ähneln den für Lagertanks identifizierten Emissionskontrollmaßnahmen. Einige Emissionskontrollmaßnahmen für Emissionen aus Zwischenfällen und (schweren) Unfällen wurden identifiziert, weitere diesbezügliche Informationen wurden jedoch nicht vorgelegt.

Für den Transport und Umschlag von Flüssigkeiten und Flüssiggasen werden, im Vergleich zur Lagerung dieser Stoffe, weit weniger Emissionskontrollmaßnahmen identifiziert und erörtert. Die wichtigsten dieser Maßnahmen sind: einige Managementinstrumente, Vermeidung interner und externer Korrosion, Dampfstabilisierung sowie Aufbereitung für die Beladung (und Entladung) von Lieferfahrzeugen. Für den Umschlag der Produkte werden Hochleistungsventilarten und –pumpenarten erörtert und bewertet, beispielsweise Federbalgventile und Membranventile sowie dichtungsfreie Pumpen und Pumpen mit doppelten Druckdichtungen oder drucklosen Dichtungen.

### ***Feststoffe***

In Kapitel 3 werden auch die bei der Lagerung, beim Transport und beim Umschlag von Feststoffen in Form von Schüttgut angewandten Techniken beschrieben. Behandelt werden verschiedene Arten der Freilagerung, die eine wichtige potenzielle Quelle von Staubemissionen darstellt, ebenso wie die Lagerung in Säcken und Schüttgutbeuteln, Silos und Bunkern sowie die Lagerung von verpackten gefährlichen Feststoffen. Der eigentliche Umschlag von Schüttgut ist eine weitere – und im Vergleich zur Lagerung sogar noch größere – potenzielle Quelle von Staubemissionen. Beschrieben werden mehrere Be- und Entladetechniken sowie Fördertechniken, nämlich:

- Greifer
- Schütttrichter
- Kübel
- Saugluftförderer
- mobile Verladeeinrichtungen
- Schüttgossen
- Beladerohre und Verladeschläuche



- Kaskadenschläuche
- Rutschen
- Schleuderbänder
- Bandförderer
- Becherwerk
- Ketten- und Schneckenförderer
- Druckluftförderer und
- Aufgabereinrichtungen.

In Kapitel 4, Techniken, die bei der Festlegung von BVT in Betracht zu ziehen sind, werden Emissionskontrollmaßnahmen zur Vermeidung von Staubemissionen aus der Lagerung, dem Transport und dem Umschlag von Feststoffen beschrieben und bewertet. Es werden drei Ansätze zur Staubbekämpfung identifiziert, die zur Minimierung der Stäube aus der Lagerung und dem Umschlag dienen, nämlich: prä-primäre Maßnahmen, primäre Maßnahmen und sekundäre Maßnahmen. Prä-primäre Maßnahmen sind Teil des Erzeugungs- oder Gewinnungsprozesses und liegen daher außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments. Primäre Maßnahmen sind Maßnahmen zur Verhinderung der Staubentstehung; sie können in organisatorische, technische und bauliche Maßnahmen unterteilt werden, wobei die letztgenannten Maßnahmen nur auf die Lagerung anwendbar sind, nicht auf den Umschlag. Sekundäre Maßnahmen sind Minderungstechniken zur Begrenzung der Staubausbreitung, wenn die Staubentstehung nicht verhindert werden konnte. Für die Lagerung von Feststoffen sind die Maßnahmen und Techniken zur Verhinderung und Begrenzung von Staubemissionen in Tabelle 1 aufgeführt.

Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen aus der Lagerung von Feststoffen		
Primär	Organisatorisch	• Überwachung
		• Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal)
		• Instandhaltung (von Vermeidungs-/Minderungstechniken)
		• Verringerung von Windangriffsflächen
	Baulich	• Großraumsilos
		• Lagerhallen oder überdachte Lager
		• Kuppeln
		• selbsterrichtende Abdeckungen
		• Silos und Schüttgutbehälter
	Technisch	• Windschutzwälle, -zäune und/oder -pflanzungen
• Einsatz von Windschutzeinrichtungen		
• Abdeckung bei offener Lagerung		
Sekundär	• Befeuchtung von offenen Lagerflächen	
	• Wasserbesprühung/Wasservorhänge und Bedüsung mit Wasser	
		• Absaugung aus Lagerhallen und Silos

Tabelle 1: Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen aus der Lagerung von Feststoffen

Alle diese Techniken werden in Kapitel 4 beschrieben und bewertet. Die Maßnahmen und Techniken zur Vermeidung und Begrenzung von Staubemissionen beim Umschlag von Feststoffen werden in Tabelle 3 aufgeführt. Diese Techniken werden ebenfalls in Kapitel 4 beschrieben und bewertet.

Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen aus dem Transport und Umschlag von Feststoffen		
Primär	Organisatorisch	Wetterbedingungen
		Maßnahmen (für den Kranführer) beim Einsatz eines Greifers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Abwurfhöhe beim Abgeben des Materials</li> <li>• vollständiges Schließen des Greifers/der Schalen nach der Materialaufnahme</li> <li>• ausreichend langes Verweilen des Greifers in den Trichtern nach dem Abwurf</li> <li>• Einstellen des Greiferbetriebs bei starkem Wind.</li> </ul>
		Maßnahmen (für den Bediener) beim Einsatz eines Bandförderers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• angemessene Geschwindigkeit des Förderers</li> <li>• Vermeidung der Bandbelastung bis zu den Rändern.</li> </ul>
		Maßnahmen (für den Bediener) beim Einsatz eines mechanischen Schaufelladers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Abwurfhöhe beim Abgeben des Materials</li> <li>• Wahl der richtigen Position beim Entladen in einen Lkw.</li> </ul>
		Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Transportwege</li> <li>• Anpassung der Fahrzeuggeschwindigkeiten</li> <li>• befestigte Straßenoberflächen</li> <li>• Verringerung von Windangriffsflächen</li> </ul>
	Technisch	Optimierte Greifer
		Einsatz geschlossener Förderer (z. B. Schlauchgurtförderer, Schneckenförderer)
		Förderband ohne Stützrollen
		Primäre Maßnahmen an konventionellen Förderbändern
		Primäre Maßnahmen an Übergaberutschen
		Minimierung der Fallgeschwindigkeit
		Minimierung der freien Fallhöhen (z. B. Kaskadenschurren)
		Einsatz von Staubsperren an Schüttgossen und Schüttrichtern
		Staubarme Bunker
Fahrgestelle von Fahrzeugen mit runden Aufbauten		
Sekundär	Abschirmungen für offene Förderbänder	
	Einhausung oder Abdeckung der Emissionsquellen	
	Anwendung von Staubschürzen/-hauben, Aufsatzkonus und Verschlusskegel bei Beladerohren	
	Absaugsysteme	
	Filtersysteme für pneumatische Förderer	
	Schüttgossen mit Absaugvorrichtung, Einhausung und Staubsperren	
	Optimierte Schüttrichter (in Häfen)	
	Techniken der Wasserbesprühung/Wasservorhänge und Bedüsung mit Wasser	
	Reinigung von Förderbändern	
	Ausrüstung von Lkw mit mechanischen/hydraulischen Klappen	
	Straßenreinigung	
Reinigung von Fahrzeugreifen		

**Tabelle 2: Maßnahmen und Techniken zur Verringerung von Staubemissionen aus dem Transport und Umschlag von Feststoffen**

### Beste verfügbare Techniken

Die folgenden Absätze enthalten eine Zusammenfassung von Kapitel 5, Beste verfügbare Techniken. Dabei werden die Techniken, Maßnahmen oder Tätigkeiten beschrieben, aus denen Schlussfolgerungen zu BVT gewonnen werden. Diese beziehen sich auf die Umweltschutzprobleme mit der höchsten Relevanz, nämlich auf Emissionen aus dem normalen Betrieb in die Atmosphäre und den Boden bei der Lagerung und dem Umschlag von Flüssigkeiten sowie auf Staubemissionen aus der Lagerung und dem Umschlag von Feststoffen. In einigen Situationen werden auch Schlussfolgerungen zu BVT betreffend Emissionen aus Zwischenfällen und (schweren) Unfällen aufgeführt. Diese Absätze sollten nicht anstelle des Kapitels ‘Beste verfügbare Techniken’ betrachtet werden. Ferner sollte das Kapitel über BVT nicht isoliert von dem Rest des BVT-Merkblatts betrachtet werden. Aus diesem Grund enthält jede Schlussfolgerung über BVT Querverweise auf die relevanten Abschnitte in anderen Kapiteln.

Die Schlussfolgerungen zu BVT in Kapitel 5 werden wie folgt zusammengefasst. Zuerst werden Schlussfolgerungen zu BVT bei der Lagerung von Flüssigkeiten und Flüssiggasen aufgeführt, wobei die allgemeinen Grundsätze zur Verhinderung und Verringerung von Emissionen behandelt werden, nämlich:

- Inspektion und Instandhaltung
- Standort und Gestaltung
- Tankanstrich
- Grundsatz der Emissionsminimierung bei der Tanklagerung
- Überwachung von VOC und
- spezielle Systeme.

Darauf folgen tankspezifische Schlussfolgerungen zu BVT betreffend Emissionen aus dem normalen Betrieb, wobei alle in Kapitel 4 beschriebenen Arten von Tanks behandelt werden, in logischer Weise gefolgt von Schlussfolgerungen zu BVT betreffend (potenzielle) Emissionen, die nicht aus dem normalen Tankbetrieb resultieren, nämlich betreffend die Verhütung von Zwischenfällen und (schweren) Unfällen, wobei folgende Punkte behandelt werden:

- Sicherheit und Risikomanagement
- betriebliche Verfahren und Schulung
- Leckagen aufgrund von Korrosion und/oder Erosion
- betriebliche Verfahren und Messgeräteausrüstung zur Verhinderung von Überfüllung
- Messgeräteausrüstung und Automatisierung zur Erfassung von Leckagen
- risikobasiertes Konzept für Emissionen in den Boden unter den Tanks
- Bodenschutz im Umfeld von Tanks (Rückhaltung)
- feuergefährliche Bereiche und Zündquellen
- Brandschutz
- Feuerlöschschrüstung und
- Rückhaltung von kontaminiertem Löschmittel.

Auf die BVT-Schlussfolgerungen betreffend die Tanklagerung folgen die BVT-Schlussfolgerungen betreffend die anderen Lagerungstechniken, nämlich:

- Lagerung verpackter gefährlicher Stoffe
- Becken und Teiche sowie
- Kavernen in Bergwerken und Salzkavernen

Es wird der Schluss gezogen, dass die schwimmende Lagerung keine BVT ist.

An zweiter Stelle werden BVT-Schlussfolgerungen betreffend den Transport und den Umschlag von Flüssigkeiten und Flüssiggasen aufgeführt, ebenfalls beginnend mit den allgemeinen Grundsätzen zur Vermeidung und Verringerung von Emissionen, wobei es sich in diesem Fall handelt um:

- Inspektion und Instandhaltung
- Programm für Lecksuche und Reparatur
- Grundsatz der Emissionsminimierung bei der Tanklagerung
- Sicherheit und Risikomanagement sowie
- betriebliche Verfahren und Schulung.

Es werden BVT-Schlussfolgerungen zu spezifischen Techniken gezogen, und zwar betreffend Rohrleitungssysteme, wobei oberirdische und unterirdische Rohrleitungssysteme behandelt werden, Bekämpfung von Emissionen aus Be- und Entladetätigkeiten, Verbindungselemente in den Rohrleitungssystemen und Korrosionsverhütung, Ventile, Pumpen und Kompressoren sowie Anschlüsse für Probenahmen.

An dritter Stelle werden BVT-Schlussfolgerungen betreffend Staubemissionen aus der offenen und der geschlossenen Lagerung sowie aus der Lagerung von verpackten Stoffen aufgeführt, die mit einer BVT-Schlussfolgerung betreffend die Sicherheit und das Risikomanagement enden.

Schließlich werden die BVT-Schlussfolgerungen betreffend Staubemissionen aus dem Transport und dem Umschlag von Feststoffen aufgeführt, wobei mit Schlussfolgerungen zu den folgenden allgemeinen Maßnahmen zur Minimierung von Staubemissionen begonnen wird:

- Planung der Umschlagstätigkeiten
- kontinuierlicher Transport
- Minderungsmaßnahmen bei diskontinuierlichem Transport, und zwar:
  - Reinigung von Straßen und Fahrzeugreifen
  - Befeuchtung des Produkts
  - Minimierung der Austrittsgeschwindigkeit und
  - Minimierung der freien Fallhöhe.

Auf die BVT-Schlussfolgerungen zu allgemeinen Maßnahmen folgen Schlussfolgerungen betreffend die Minimierung von Staubemissionen aus den Umschlagstechniken Greifer und Förderer.

### Abschließende Bemerkungen

In Kapitel 7 – Abschließende Bemerkungen – findet der Leser Informationen betreffend:

- welche von der technischen Arbeitsgruppe vorgelegten Informationen die Eckpfeiler dieses BVT-Merkblatts bilden
- das hinsichtlich der BVT-Schlussfolgerungen erzielte Maß an Konsens
- die Empfehlungen für künftige Arbeiten und
- die für künftige FuE-Projekte vorgeschlagenen Themen.

Es wird der Schluss gezogen, dass ein hohes Maß an Konsens erreicht wurde, da bei insgesamt 110 BVT-Schlussfolgerungen nur 5 geteilte Meinungen zu verzeichnen waren. Diese geteilten Meinungen beziehen sich auf einige BVT-Schlussfolgerungen in den Abschnitten über Lagerung und Umschlag von Flüssigkeiten und Flüssiggasen. Bei den BVT-Schlussfolgerungen betreffend die Lagerung und den Umschlag von Feststoffen waren keine geteilten Meinungen zu verzeichnen. Geteilte Meinungen gab es zu folgenden Themen:

- Bewertungsmethodik (Methodik für Emissionskontrollmaßnahmen)
- Erfordernis des Einsatzes einer Dampfaufbereitungsanlage bei der Lagerung bestimmter flüchtiger Stoffe im Zusammenhang mit drei verschiedenen Arten von Tanks und
- für die Quantifizierung von VOC-Emissionen einzusetzendes Instrument.

Auf der Sitzung des Informationsaustauschforums (IEF) im Dezember 2004 war eine generelle abweichende Meinung einiger Mitgliedstaaten bezüglich der Konzentration auf die Festlegung von BVT auf Einzelfallbasis zu verzeichnen, die in Kapitel 5 aufgenommen wurde.

Die Empfehlungen für die künftige Überarbeitung des BVT-Merkblatts betreffen die folgenden Themen:

- Entwicklung eines europäischen Klassifizierungssystems für Luftschadstoffe
- Trennung der Lagerung und des Umschlags von Flüssigkeiten und Flüssiggasen von der Lagerung und dem Umschlag von Feststoffen, weil es sich dabei um zwei völlig verschiedene Gebiete handelt, die demzufolge unterschiedliches Fachwissen erfordern
- Überwachung von VOC-Emissionen und Instrumente zur Validierung der Methoden für die Berechnung der Emissionen
- Aktualisierung der Aufstellung von Techniken zur Verhinderung oder Verringerung von Emissionen aus Tanks in den Boden
- Datensammlung über Be- und Entladung von Lieferfahrzeugen bezüglich flüchtiger Stoffe, und
- Sammlung von Feedback bezüglich der Bewertungsmethodik.

Die Europäische Kommission lanciert und unterstützt über ihre FTE-Programme eine Reihe von Projekten, die sich mit sauberen Technologien, mit in Entwicklung befindlichen Technologien im Bereich der Aufbereitung von Ableitungen sowie mit Recyclingtechnologien und Managementstrategien befassen. Diese Projekte könnten einen sinnvollen Beitrag zu künftigen Überarbeitungen des BVT-Merkblatts leisten. Die Leser werden daher ersucht, das EIPPCB über eventuelle Forschungsergebnisse, die für den Anwendungsbereich dieses Dokuments relevant sind, zu unterrichten (siehe auch das Vorwort dieses Dokuments).

## VORWORT

### 1. Status des Dokuments

Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich alle Hinweise auf “die Richtlinie” im vorliegenden Dokument auf die Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. Dieses Dokument ist Teil einer Reihe, in der die Ergebnisse eines Informationsaustauschs zwischen den EU-Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über beste verfügbare Techniken (BVT), die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet vorgestellt werden. Es wird von der Europäischen Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie veröffentlicht und muss daher gemäß Anhang IV der Richtlinie bei der Festlegung der “besten verfügbaren Techniken” berücksichtigt werden.

### 2. In der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung verankerte rechtliche Pflichten und Definitionen der BVT

Um dem Leser das Verständnis des Rechtsrahmens für die Erarbeitung des vorliegenden Dokuments zu erleichtern, werden im Vorwort die wichtigsten Bestimmungen der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung beschrieben und eine Definition des Begriffs “beste verfügbare Techniken” gegeben. Diese Beschreibung muss zwangsläufig unvollständig sein und dient ausschließlich Informationszwecken. Sie hat keine rechtlichen Konsequenzen und ändert oder präjudiziert in keiner Weise die Bestimmungen der Richtlinie.

Die Richtlinie dient der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, die durch die im Anhang I aufgeführten Tätigkeiten verursacht wird, damit insgesamt ein hohes Umweltschutzniveau erreicht wird. Die Rechtsgrundlage der Richtlinie bezieht sich auf den Umweltschutz. Bei ihrer Umsetzung sollten auch die anderen Ziele der Gemeinschaft wie die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie berücksichtigt werden, damit sie zu einer nachhaltigen Entwicklung beiträgt.

Im Einzelnen sieht sie ein Genehmigungsverfahren für bestimmte Kategorien industrieller Anlagen vor und verlangt sowohl von den Betreibern als auch den regelnden Behörden und sonstigen Einrichtungen ein integriertes, ganzheitliches Betrachten des Umweltverschmutzungs- und Verbrauchspotentials der Anlage. Das Gesamtziel dieses integrierten Konzepts muss darin bestehen, das Management und die Kontrolle der industriellen Prozesse so zu verbessern, dass ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt sichergestellt wird. Von zentraler Bedeutung für dieses Konzept ist das in Artikel 3 definierte allgemeine Prinzip, das die Betreiber auffordert, alle geeigneten Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen zu treffen, insbesondere durch den Einsatz der besten verfügbaren Techniken, mit deren Hilfe sie ihre Leistungen im Hinblick auf den Umweltschutz verbessern können.

Der Begriff “beste verfügbare Techniken” wird in Artikel 2 Absatz 11 der Richtlinie definiert als “der effizienteste und fortschrittlichste Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch erscheinen lässt, grundsätzlich als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern.” Weiter heißt es in der Begriffsbestimmung in Artikel 2 Absatz 11:

“Techniken” beinhalten sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise, wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird;

Als “verfügbar” werden jene Techniken bezeichnet, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter in dem betreffenden industriellen Sektor wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht, gleich, ob diese Techniken innerhalb des betreffenden Mitgliedstaats verwendet oder hergestellt werden, sofern sie zu vertretbaren Bedingungen für den Betreiber zugänglich sind;

Als “beste” gelten jene Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.

Anhang IV der Richtlinie enthält eine Liste von “Punkten, die bei Festlegung der besten verfügbaren Techniken im Allgemeinen wie auch im Einzelfall zu berücksichtigen sind unter Berücksichtigung der sich aus einer

Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens sowie des Grundsatzes der Vorsorge und Vermeidung.“ Diese Punkte schließen jene Informationen ein, die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 veröffentlicht werden.

Die für die Erteilung von Genehmigungen zuständigen Behörden haben bei der Festlegung der Genehmigungsaufgaben die in Artikel 3 definierten allgemeinen Prinzipien zu berücksichtigen. Diese Genehmigungsaufgaben müssen Emissionsgrenzwerte enthalten, die gegebenenfalls durch äquivalente Parameter oder technische Maßnahmen ergänzt bzw. ersetzt werden. Entsprechend Artikel 9 Absatz 4 der Richtlinie sind diese Emissionsgrenzwerte, äquivalenten Parameter und technischen Maßnahmen unbeschadet der Einhaltung der Umweltqualitätsnormen auf die besten verfügbaren Techniken zu stützen, ohne dass die Anwendung einer bestimmten Technik oder Technologie vorgeschrieben wird; hierbei sind die technische Beschaffenheit der betreffenden Anlage, ihr geografischer Standort und die jeweiligen örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. In jedem Fall haben die Genehmigungsaufgaben Vorkehrungen zur weitestgehenden Verminderung weiträumiger oder grenzüberschreitender Umweltverschmutzungen vorzusehen und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu sichern.

Gemäß Artikel 11 der Richtlinie haben die Mitgliedstaaten dafür zu sorgen, dass die zuständigen Behörden die Entwicklungen bei den besten verfügbaren Techniken verfolgen oder darüber informiert sind.

### **3. Zielsetzungen des Dokuments**

Entsprechend Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie hat die Kommission “einen Informationsaustausch zwischen den Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über die besten verfügbaren Techniken, die damit verbundenen Überwachungsmaßnahmen und die Entwicklungen auf diesem Gebiet” durchzuführen und die Ergebnisse des Informationsaustauschs zu veröffentlichen.

Der Zweck des Informationsaustauschs ist unter Erwägung 25 der Richtlinie erläutert, in der es heißt: “Die Entwicklung und der Austausch von Informationen auf Gemeinschaftsebene über die besten verfügbaren Techniken werden dazu beitragen, das Ungleichgewicht auf technologischer Ebene in der Gemeinschaft auszugleichen, die weltweite Verbreitung der in der Gemeinschaft festgesetzten Grenzwerte und der angewandten Techniken zu fördern und die Mitgliedsstaaten bei der wirksamen Durchführung dieser Richtlinien zu unterstützen.”

Zur Unterstützung der unter Artikel 16 Absatz 2 vorgesehenen Maßnahmen hat die Kommission (GD Umwelt) ein Informationsaustauschforum (IEF) geschaffen, und mehrere technische Arbeitsgruppen wurden unter der Schirmherrschaft des IEF eingesetzt. Im Informationsaustauschforum und in den technischen Arbeitsgruppen sind, wie im Artikel 16 Absatz 2 verlangt, sowohl die Mitgliedsstaaten als auch die Industrie vertreten.

Ziel dieser Reihe von Dokumenten ist es, den stattgefundenen und unter Artikel 16 Absatz 2 geforderten Informationsaustausch genau wiederzugeben und der Genehmigungsbehörde Referenz-Informationen zur Verfügung zu stellen, die von dieser bei der Festlegung der Genehmigungsaufgaben zu berücksichtigen sind. Mit ihren Informationen über die besten verfügbaren Techniken sollen diese Dokumente als wertvolle Instrumente zur Verbesserung des Umweltschutzes dienen.

### **4. Informationsquellen**

Dieses Dokument enthält eine Zusammenfassung über Informationen, die aus verschiedenen Quellen, einschließlich insbesondere sachkundiger Angaben der zur Unterstützung der Tätigkeit der Kommission geschaffenen Arbeitsgruppen, stammen und durch die Dienste der Kommission geprüft wurden. Für alle Beiträge wird anerkennend gedankt.

### **5. Anleitung zum Verständnis und zur Benutzung des Dokuments**

Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen sind als Unterstützung bei der Bestimmung der BVT in speziellen Fällen gedacht. Bei der Bestimmung der BVT und Festlegung der auf BVT gestützten Genehmigungsaufgaben ist stets vom Gesamtziel, das heißt, einem insgesamt hohen Umweltschutzniveau, auszugehen.

Der verbleibende Teil des vorliegenden Abschnitts beschreibt die Art der Information, die in den einzelnen Kapiteln des Dokuments enthalten ist.



Kapitel 1.1, 1.2, 2.1 und 2.2 geben allgemeine Informationen über die Branche und über die in der Branche angewandten industriellen Verfahren. Kapitel 3 enthält Daten und Angaben zu den Emissions- und Verbrauchswerten in bestehenden Anlagen. Sie zeigen den Stand zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Dokuments.

In Kapitel 1.4 und 2.4 werden Verfahren zur Emissionsverminderung und andere Methoden eingehend beschrieben, die als die wichtigsten für die Bestimmung der BVT sowohl allgemein als auch bei der Festlegung der auf BVT gestützten Genehmigungsaufgaben betrachtet werden. Diese Information schließt die Verbrauchs- und Emissionswerte ein, die bei Einsatz des Verfahrens als erreichbar betrachtet werden, und Angaben zu den mit der jeweiligen Technik verbundenen Kosten und den medienübergreifenden Aspekten sowie zu ihrer Anwendbarkeit auf Anlagen, die der IVU-Genehmigung unterliegen, zum Beispiel neue, bestehende, große oder kleine Anlagen. Verfahren, die allgemein als veraltet gelten, finden keine Berücksichtigung.

In Kapitel 1.5 und 2.5 werden die Verfahren und Emissions- und Verbrauchswerte aufgeführt, die allgemein den Anforderungen an die besten verfügbaren Techniken entsprechen. Dabei geht es darum, allgemeine Angaben zu den Emissions- und Verbrauchswerten bereitzustellen, die bei der Festlegung von auf BVT gestützten Genehmigungsaufgaben oder allgemein verbindlichen Vorschriften gemäß Artikel 9 Absatz 8 als geeignete Referenz gelten können. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass es sich in diesem Dokument nicht um Vorschläge für Emissionsgrenzwerte handelt. Bei der Festlegung der jeweiligen Genehmigungsaufgaben sind lokale standortspezifische Faktoren wie die technische Beschaffenheit der betreffenden Anlage, ihr geografischer Standort und die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen. Ferner ist bei bestehenden Anlagen die wirtschaftliche und technische Vertretbarkeit möglicher Modernisierungen zu beachten. Allein die Zielsetzung der Sicherung eines hohen Umweltschutzniveaus insgesamt fordert nicht selten ein Abwägen der einzelnen Auswirkungen auf die Umwelt, und diese Abwägungen sind oftmals von lokalen Erwägungen beeinflusst.

Ogleich im vorliegenden Dokument der Versuch unternommen wurde, einige dieser Aspekte aufzugreifen, ist eine umfassende Behandlung in diesem Rahmen nicht möglich. Somit sind die in Kapitel 1.5 und 2.5 aufgeführten Verfahren und Zahlenwerte nicht notwendigerweise auf alle Anlagen anwendbar. Andererseits verlangt die Pflicht zur Sicherung eines hohen Umweltschutzniveaus einschließlich der weitestgehenden Verminderung der weiträumigen oder grenzüberschreitenden Umweltverschmutzung, dass Genehmigungsaufgaben nicht aus rein lokalen Erwägungen festgesetzt werden. Somit ist die vollständige Berücksichtigung der im vorliegenden Dokument enthaltenen Informationen durch die Genehmigungsbehörden von größter Bedeutung.

Da sich die besten verfügbaren Techniken mit der Zeit ändern, wird dieses Dokument ggf. überprüft und aktualisiert. Stellungnahmen und Vorschläge sind an das Europäische IVU-Büro beim Institute for Prospective Technological Studies mit folgender Anschrift zu senden:

World Trade Center, Isla de la Cartuja s/n, E-41092 Sevilla – Spanien  
Telefon: +34 95 4488 284  
Fax: +34 95 4488 426  
E-mail: [eippcb@jrc.es](mailto:eippcb@jrc.es)  
Internet: <http://eippcb.jrc.es>

# BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Emissionen aus der Lagerung

EXECUTIVE SUMMARY .....	I	ZUSAMMENFASSUNG .....	I
PREFACE .....	XVI	VORWORT .....	IX
SCOPE .....	XXVIII	Anwendungsbereich .....	XXVII
1. GENERAL INFORMATION .....	1	1. ALLGEMEINE ANGABEN .....	1
1.1. Environmental relevance of storage .....	1	1.1. Umwelttechnische Relevanz der Lagerung .....	1
1.2. Emission situation at storage installations .....	2	1.2. Emissionen an Lagerstandorten .....	2
1.2.1. Emissions to air .....	2	1.2.1. Luftemissionen .....	2
1.2.2. Emissions to water .....	3	1.2.2. Wasseremissionen .....	3
1.2.3. Noise emissions .....	3	1.2.3. Lärmemissionen .....	3
1.2.4. Waste aspects .....	3	1.2.4. Abfallaspekte .....	3
1.2.5. Incidents and (major) accidents .....	3	1.2.5. Ereignisse und (größere) Unfälle .....	3
2. SUBSTANCES AND CLASSIFICATION .....	5	2. STOFFE UND KLASSIFIZIERUNG .....	5
2.1. Nature and classification of dangerous materials .....	5	2.1. Eigenarten und Klassifizierung von Gefahrstoffen .....	5
2.2. Classification of packaged substances .....	6	2.2. Klassifizierung verpackter Stoffe .....	6
2.3. Dispersiveness classes of solid bulk material .....	6	2.3. Ausbreitungsklassen bei festem Schüttgut .....	6
2.4. How to use classification systems in this document .....	7	2.4. Wie in diesem Dokument Klassifizierungssystem zu verwenden sind .....	7
3. APPLIED STORAGE, TRANSFER AND HANDLING TECHNIQUES .....	9	3. ANGEWANDTE LAGER-, TRANSPORT- UND HANDHABUNGSTECHNIKEN .....	9
3.1. Storage of liquids and liquefied gases .....	9	3.1. Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	9
3.1.1. Open top storage tanks .....	12	3.1.1. Offene Lagertanks .....	12
3.1.2. External floating roof tanks (EFRT) .....	14	3.1.2. Tanks mit Schwimmdecke .....	14
3.1.3. (Vertical) fixed roof tanks (FRT) .....	16	3.1.3. (Stehende) Festdachtanks .....	16
3.1.4. Aboveground horizontal storage tanks (atmospheric) .....	19	3.1.4. Oberirdische liegende Lagertanks (drucklos) .....	19
3.1.5. Horizontal storage tanks (pressurised) .....	21	3.1.5. Liegende Lagertanks (unter innerem Überdruck) .....	21
3.1.6. Vertical storage tanks (pressurised) .....	23	3.1.6. Stehende Lagertanks (unter innerem Überdruck) .....	23
3.1.7. Spheres (pressurised) .....	25	3.1.7. Kugeltanks (mit innerem Überdruck) .....	25
3.1.8. Mounded storage (pressurised) .....	26	3.1.8. Umwallte Lagerung (mit innerem Überdruck) .....	26
3.1.9. Variable vapour space tanks .....	29	3.1.9. Tanks mit variablem Dampfraum .....	29
3.1.10. Refrigerated storage tanks .....	30	3.1.10. Gekühlte Lagertanks .....	30
3.1.11. Underground horizontal storage tanks .....	33	3.1.11. Unterirdische liegende Lagertanks .....	33
3.1.12. Considerations related to tanks .....	35	3.1.12. Betrachtungen im Zusammenhang mit Tanks .....	35
3.1.12.1. Economics .....	35	3.1.12.1. Wirtschaftlichkeit .....	35
3.1.12.2. Design and construction .....	35	3.1.12.2. Auslegung und Bau .....	35
3.1.12.3. Commissioning .....	38	3.1.12.3. Inbetriebnahme .....	38
3.1.12.4. Management .....	38	3.1.12.4. Management .....	38
3.1.12.5. Operation .....	38	3.1.12.5. Betrieb .....	38
3.1.12.6. Decommissioning and demolition .....	39	3.1.12.6. Außerbetriebnahme und Abbruch .....	39
3.1.12.7. Tank equipment .....	39	3.1.12.7. Geräte und Vorrichtungen für Tanks .....	39
3.1.12.7.1. Vents .....	40	3.1.12.7.1. Auslassöffnungen .....	40
3.1.12.7.2. Gauging and sample hatches .....	41	3.1.12.7.2. Messgeräte und einfache Luken .....	41
3.1.12.7.3. Still wells and guide poles .....	41	3.1.12.7.3. Messschächte und Verankerungsmasten .....	41
3.1.12.7.4. Instrumentation .....	41	3.1.12.7.4. Messgeräteausrüstung .....	41
3.1.12.7.5. Access hatches .....	42	3.1.12.7.5. Zugangsluken .....	42
3.1.12.7.6. Drains .....	42	3.1.12.7.6. Abläufe .....	42
3.1.12.7.7. Mixers .....	43	3.1.12.7.7. Mischer .....	43
3.1.12.7.8. Heating systems .....	43	3.1.12.7.8. Heizungssysteme .....	43
3.1.12.7.9. Sealing elements .....	43	3.1.12.7.9. Dichtungselemente .....	43
3.1.12.7.10. Valves .....	44	3.1.12.7.10. Ventile .....	44
3.1.13. Containers and the storage of containers .....	44	3.1.13. Behälter und Lagerbehälter .....	44
3.1.13.1. Storage cells .....	46	3.1.13.1. Lagerzellen .....	46
3.1.13.2. Storage buildings .....	46	3.1.13.2. Lagergebäude .....	46
3.1.13.3. Outside storage (storage yards) .....	47	3.1.13.3. Freilagerung (Lagerplätze/Lagerhöfe) .....	47
3.1.14. Basins and lagoons .....	48	3.1.14. Becken und Teiche .....	48
3.1.15. Mined caverns (atmospheric) .....	49	3.1.15. Kavernen in Bergwerken (drucklos) .....	49



3.1.16.	Mined caverns (pressurised) .....	56	3.1.16.	Kavernen in Bergwerken (unter innerem Überdruck)	56
3.1.17.	Salt leached caverns .....	58	3.1.17.	Ausgespülte Salzkavernen .....	58
3.1.18.	Floating storage .....	60	3.1.18.	Schwimmende Lager .....	60
3.2.	Transfer and handling of liquids and liquefied gases .....	62	3.2.	Transport und Umschlag von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	62
3.2.1.	Product transfer .....	64	3.2.1.	Produktübertragung .....	64
3.2.1.1.	Aboveground closed piping transfer systems .....	64	3.2.1.1.	Oberirdische geschlossene Rohrleitungssysteme .....	64
3.2.1.2.	Aboveground open piping transfer systems .....	65	3.2.1.2.	Oberirdische offene Rohrleitungssysteme .....	65
3.2.1.3.	Underground piping transfer systems .....	67	3.2.1.3.	Unterirdische Rohrleitungssysteme .....	67
3.2.1.4.	Loading and unloading of transporters .....	68	3.2.1.4.	Be- und Entladung von Lieferfahrzeugen .....	68
3.2.2.	Product handling .....	70	3.2.2.	Umschlag/Handhabung von Produkten .....	70
3.2.2.1.	Gravity flow .....	71	3.2.2.1.	Schwerkraftstrom .....	71
3.2.2.2.	Pumps .....	72	3.2.2.2.	Pumpen .....	72
3.2.2.3.	Compressors .....	73	3.2.2.3.	Verdichter .....	73
3.2.2.4.	Inert gases .....	73	3.2.2.4.	Edelgase .....	73
3.2.2.5.	Flanges and gaskets .....	74	3.2.2.5.	Flansche und Dichtungen .....	74
3.2.2.6.	Valves and fittings .....	75	3.2.2.6.	Ventile und Fittings .....	75
3.2.3.	Considerations related to transfer and handling systems .....	76	3.2.3.	Betrachtungen im Zusammenhang mit Übertragungs- und Umschlagsystemen .....	76
3.2.3.1.	Economics .....	76	3.2.3.1.	Wirtschaftlichkeit .....	76
3.2.3.2.	Design and construction .....	76	3.2.3.2.	Auslegung und Bau .....	76
3.2.3.3.	Commissioning and decommissioning .....	78	3.2.3.3.	In- und Ausserbetriebnahme .....	78
3.2.4.	Equipment and fittings .....	78	3.2.4.	Geräte und Fittings .....	78
3.2.4.1.	Sealing elements .....	79	3.2.4.1.	Dichtungselemente .....	79
3.2.4.2.	Vents, drains and sample points .....	80	3.2.4.2.	Auslassöffnungen, Abläufe und Probeentnahmestellen .....	80
3.2.4.3.	Instrumentation on piping systems .....	80	3.2.4.3.	Messeinrichtungen an Rohrleitungssystemen .....	80
3.2.4.4.	Pressure relief devices .....	81	3.2.4.4.	Druckentlastungsvorrichtungen .....	81
3.2.5.	Transfer and handling of packaged goods .....	81	3.2.5.	Transport und Umschlag verpackter Güter .....	81
3.3.	Storage of solids .....	83	3.3.	Lagerung fester Stoffe .....	83
3.3.1.	Open storage .....	83	3.3.1.	Lagerung im Freien .....	83
3.3.2.	Sacks and bulk bags .....	84	3.3.2.	Säcke und Schüttgutbeutel .....	84
3.3.3.	Silos and bunkers .....	85	3.3.3.	Silos und Bunker .....	85
3.3.4.	Packaged dangerous solids .....	85	3.3.4.	Verpackte Gefahrenstoffe .....	85
3.4.	Transfer and handling of solids .....	86	3.4.	Transport und Umschlag fester Stoffe .....	86
3.4.1.	The construction and reclaiming of heaps .....	87	3.4.1.	Auf- und Abbau von Halden .....	87
3.4.2.	Loading and unloading devices .....	88	3.4.2.	Be- und Entladevorrichtungen .....	88
3.4.2.1.	General emission sources from transfer and handling .....	88	3.4.2.1.	Allgemeine Emissionsquellen beim Transport und Umschlag .....	88
3.4.2.2.	Grabs .....	89	3.4.2.2.	Greifer .....	89
3.4.2.3.	Discharge hoppers .....	91	3.4.2.3.	Schütttrichter .....	91
3.4.2.4.	Tubs .....	91	3.4.2.4.	Kübel .....	91
3.4.2.5.	Suction air conveyors .....	92	3.4.2.5.	Saugluftförderer .....	92
3.4.2.6.	Mobile loading devices .....	93	3.4.2.6.	Mobile Verladeeinrichtungen .....	93
3.4.2.7.	Wagon and truck emptying .....	94	3.4.2.7.	Entleeren von Wagen und LKWs .....	94
3.4.2.8.	Dump pits .....	95	3.4.2.8.	Schüttgossen .....	95
3.4.2.9.	Fill pipes .....	96	3.4.2.9.	Füllrohre .....	96
3.4.2.10.	Fill tubes .....	96	3.4.2.10.	Verladeschläuche .....	96
3.4.2.11.	Cascade tubes .....	97	3.4.2.11.	Kaskadenschläuche .....	97
3.4.2.12.	Chutes .....	98	3.4.2.12.	Rutschen .....	98
3.4.2.13.	Thrower belts .....	99	3.4.2.13.	Schleuderbänder .....	99
3.4.2.14.	Belt conveyors .....	100	3.4.2.14.	Bandförderer .....	100
3.4.2.15.	Bucket elevator .....	104	3.4.2.15.	Becherwerk .....	104
3.4.2.16.	Chain conveyors .....	106	3.4.2.16.	Kettenförderer .....	106
3.4.2.16.1.	Trough chain conveyors .....	106	3.4.2.16.1.	Trogkettenförderer .....	106
3.4.2.16.2.	Scraper conveyors .....	107	3.4.2.16.2.	Kratzförderer .....	107
3.4.2.17.	Screw conveyors .....	107	3.4.2.17.	Schneckenförderer .....	107
3.4.2.18.	Pressure air conveyors .....	108	3.4.2.18.	Druckluftförderer .....	108
3.4.2.19.	Feeders .....	109	3.4.2.19.	Aufgabeeinrichtungen .....	109
3.4.3.	Transfer and handling of packaged good .....	110	3.4.3.	Transport und Umschlag verpackter Güter .....	110
4.	TECHNIQUES TO CONSIDER IN THE DETERMINATION OF BAT .....	111	4.	TECHNIKEN, DIE BEI DER BESTIMMUNG VON BVT ZU BERÜCKSICHTIGEN SIND .....	111

4.1.	Storage of liquid and liquefied gas .....	111	4.1.	Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	111
4.1.1.	ECM assessment methodology for the storage of liquid and liquefied gas.....	111	4.1.1.	ECM-Bewertungsmethodik für die Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	111
4.1.2.	ECM for tanks – general .....	113	4.1.2.	Emissionskontrollmaßnahmen (ECM) für Tanks - Allgemeines.....	113
4.1.2.1.	Tank design.....	113	4.1.2.1.	Tank-Auslegung .....	113
4.1.2.2.	Inspection, maintenance and monitoring .....	114	4.1.2.2.	Inspektion, Wartung und Überwachung .....	114
4.1.2.2.1.	Risk and Reliability Based Maintenance (RRM).....	116	4.1.2.2.1.	Risiko- und zuverlässigkeitsbasierte Wartung (RRM).....	116
4.1.2.2.2.	In-service and out-of-service inspections .....	117	4.1.2.2.2.	Inspektionen während des Betriebs und während der Außerbetriebnahme .....	117
4.1.2.2.3.	Monitoring .....	119	4.1.2.2.3.	Überwachung.....	119
4.1.2.2.4.	Gas detection techniques.....	120	4.1.2.2.4.	Techniken zur Gaserkennung.....	120
4.1.2.3.	Location and layout.....	120	4.1.2.3.	Ort und räumliche Anordnung.....	120
4.1.3.	ECM for tanks – operational – gas emissions .....	121	4.1.3.	Emissionskontrollmaßnahmen - betrieblich - Gasemissionen.....	121
4.1.3.1.	Emissions minimisation principle in tank storage .....	121	4.1.3.1.	Prinzipien zum Minimieren von Emissionen bei Tanklagerung.....	121
4.1.3.2.	Floating covers.....	122	4.1.3.2.	Schwimmdecken .....	122
4.1.3.3.	Flexible covers or tent covers .....	123	4.1.3.3.	Flexible Abdeckungen oder Zeltdächer .....	123
4.1.3.4.	Fixed/rigid covers .....	124	4.1.3.4.	Feste/starre Abdeckungen .....	124
4.1.3.5.	Domes.....	124	4.1.3.5.	Kuppeln .....	124
4.1.3.6.	Tank colour .....	126	4.1.3.6.	Tankfarbe .....	126
4.1.3.7.	Solar shields.....	127	4.1.3.7.	Sonnenschutz.....	127
4.1.3.8.	Natural tank cooling .....	128	4.1.3.8.	Natürliche Tankkühlung .....	128
4.1.3.9.	Roof seals for external and internal floating roofs .....	128	4.1.3.9.	Dachabdichtungen für Schwimmdächer und innere Schwimmdecken .....	128
4.1.3.9.1.	Rim seals .....	128	4.1.3.9.1.	Randdichtungen .....	128
4.1.3.9.2.	Still wells and guide poles .....	133	4.1.3.9.2.	Messschächte und Führungsstangen.....	133
4.1.3.10.	Internal floating roof (IFR) .....	135	4.1.3.10.	Schwimmdach (IFR).....	135
4.1.3.11.	Pressure and vacuum relief valves (PVRV) .....	137	4.1.3.11.	Überdruck- und Unterdruckventile (PVRV).....	137
4.1.3.12.	Closed drain systems .....	138	4.1.3.12.	Geschlossene Ablasssysteme.....	138
4.1.3.13.	Vapour balancing .....	139	4.1.3.13.	Gaspendelung .....	139
4.1.3.14.	Vapour holders – flexible diaphragm tanks .....	140	4.1.3.14.	Gasbehälter - Tanks mit flexibler Membran.....	140
4.1.3.15.	Vapour treatment .....	141	4.1.3.15.	Abgasbehandlung .....	141
4.1.3.15.1.	Thermal oxidation.....	144	4.1.3.15.1.	Thermische Oxidation.....	144
4.1.3.15.2.	Adsorption .....	145	4.1.3.15.2.	Adsorption .....	145
4.1.3.15.3.	Absorption ('washing').....	146	4.1.3.15.3.	Absorption ('waschen').....	146
4.1.3.15.4.	Condensation .....	147	4.1.3.15.4.	Kondensation .....	147
4.1.3.15.5.	Membrane separation .....	148	4.1.3.15.5.	Membrantrennung.....	148
4.1.3.16.	Compatibility of ECM (Emission Control Measures) for gas emissions – operational .....	148	4.1.3.16.	Verträglichkeit von ECM (Emissionskontrollmaßnahmen) für Gasemissionen – betrieblich.....	148
4.1.4.	ECM for tanks – operational – liquid emissions.....	151	4.1.4.	ECM für Tanks – betrieblich – Flüssigemissionen .....	151
4.1.4.1.	Manual draining.....	151	4.1.4.1.	Manuelle Entleerung .....	151
4.1.4.2.	Semi-automatic tank drain valves .....	151	4.1.4.2.	Halbautomatische Tankablassventile .....	151
4.1.4.3.	Fully automatic tank drain valves .....	152	4.1.4.3.	Vollautomatische Tankablassventile.....	152
4.1.4.4.	Dedicated systems .....	153	4.1.4.4.	Dedizierte Systeme .....	153
4.1.5.	ECM for tanks – waste .....	153	4.1.5.	Emissionskontrollmaßnahmen für Tanks – Abfall .....	153
4.1.5.1.	Tank mixing.....	153	4.1.5.1.	Tankmischen .....	153
4.1.5.2.	Sludge removal .....	154	4.1.5.2.	Schlammfernung.....	154
4.1.6.	ECM for tanks – incidents and (major) accidents .....	155	4.1.6.	ECM für Tanks – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	155
4.1.6.1.	Safety and risk management .....	155	4.1.6.1.	Sicherheits- und Risikomanagement .....	155
4.1.6.1.1.	Corrosion and erosion.....	158	4.1.6.1.1.	Korrosion und Erosion .....	158
4.1.6.1.2.	Operational procedures and training to prevent overflow .....	159	4.1.6.1.2.	Betriebsverfahren und Schulungsmaßnahmen zum Verhindern einer Überfüllung .....	159
4.1.6.1.3.	Instrumentation and automation to prevent overflow.....	159	4.1.6.1.3.	Messgeräte und Automation zum Verhindern einer Überfüllung.....	159
4.1.6.1.4.	Instrumentation and automation to detect		4.1.6.1.4.	Messeinrichtungen und Automatisierung zum	

leakage .....	160	Erkennen von Leckagen.....	160
4.1.6.1.5. Risk-based approach for emissions to soil below tanks .....	163	4.1.6.1.5. Risikobasierter Ansatz für Bodenemissionen unterhalb von Tanks.....	163
4.1.6.1.6. Double tank bottoms under aboveground tanks ....	165	4.1.6.1.6. Doppeltankböden unter oberirdischen Tanks....	165
4.1.6.1.7. Impervious barriers under aboveground tanks .....	166	4.1.6.1.7. Undurchlässige Sperren unter oberirdischen Tanks.....	166
4.1.6.1.8. Tank bunds and liner systems .....	167	4.1.6.1.8. Tankwälle und Beschichtungssysteme .....	167
4.1.6.1.9. Laminated concrete containment under aboveground tanks .....	168	4.1.6.1.9. Beschichtete Betonumschließung unter oberirdischen Tanks.....	168
4.1.6.1.10. Aboveground double wall tanks .....	169	4.1.6.1.10. Oberirdische doppelwandige Tanks .....	169
4.1.6.1.11. Cup-tanks.....	170	4.1.6.1.11. Schalentanks.....	170
4.1.6.1.12. Aboveground double wall tank with monitored bottom discharge .....	171	4.1.6.1.12. Oberirdischer Doppelwand-Tank mit überwachter Bodenentleerung.....	171
4.1.6.1.13. Underground double wall tanks .....	172	4.1.6.1.13. Unterirdische Doppelwand-Tanks .....	172
4.1.6.1.14. Underground single wall tanks with secondary containment .....	172	4.1.6.1.14. Unterirdische einwandige Tanks mit Sekundärumschließung .....	172
4.1.6.2. Fire protection, fire-fighting equipment and containment .....	173	4.1.6.2. Brandschutz-, Feuerlösch-ausrüstung und Umschließung .....	173
4.1.6.2.1. Flammable areas and ignition sources .....	173	4.1.6.2.1. Entzündliche Bereiche und Zündquellen.....	173
4.1.6.2.2. Fire protection .....	174	4.1.6.2.2. Brandschutz .....	174
4.1.6.2.3. Fire-fighting equipment .....	174	4.1.6.2.3. Brandbekämpfungseinrichtungen.....	174
4.1.6.2.4. Containment of contaminated extinguishant.....	174	4.1.6.2.4. Umschließung kontaminierter Löschmittel .....	174
4.1.7. ECM for storing containers – incidents and (major) accidents.....	175	4.1.7. ECM für Lagertanks – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	175
4.1.7.1. Safety and risk management .....	176	4.1.7.1. Sicherheit und Risikomanagement .....	176
4.1.7.2. Construction and ventilation.....	176	4.1.7.2. Konstruktion sowie Be- und Entlüftung .....	176
4.1.7.3. Separation policy .....	179	4.1.7.3. Strategien für Trennung .....	179
4.1.7.4. Segregation and separation policy for incompatible materials .....	182	4.1.7.4. Strategien für Abscheidung und Trennung inkompatibler Stoffe .....	182
4.1.7.5. Containment of leakage and contaminated extinguishant.....	183	4.1.7.5. Umschließung von Leckagen und kontaminierten Löschmitteln.....	183
4.1.7.6. Fire protection and fire-fighting equipment .....	184	4.1.7.6. Brandschutz- und Feuerlösch-ausrüstung.....	184
4.1.7.6.1. Preventing ignition .....	184	4.1.7.6.1. Schutz vor Zündung .....	184
4.1.7.6.2. Fire-fighting systems.....	186	4.1.7.6.2. Brandbekämpfungssysteme.....	186
4.1.8. ECM for basins and lagoons – operational – gas emissions .....	186	4.1.8. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Gasemissionen.....	186
4.1.8.1. Floating covers.....	186	4.1.8.1. Schwimmdecken.....	186
4.1.8.2. Plastic or rigid covers.....	187	4.1.8.2. Plastik- oder starre Abdeckungen.....	187
4.1.9. ECM for basins and lagoons – operational – emissions to soil and water.....	188	4.1.9. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Boden- und Wasseremissionen.....	188
4.1.9.1. Impervious barriers .....	188	4.1.9.1. Undurchlässige Sperrschichten .....	188
4.1.10. ECM for basins and lagoons – operational – waste.....	188	4.1.10. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Abfall .....	188
4.1.11. ECM for basins and lagoons – incidents and accidents.....	188	4.1.11. ECM für Becken und Teiche – Ereignisse und Unfälle .....	188
4.1.11.1. Protection for overfill due to rainfall.....	188	4.1.11.1. Schutz gegen Überfüllung durch Niederschlag.....	188
4.1.12. ECM for mined caverns (atmospheric) – operational – gas emissions .....	188	4.1.12. ECM für Kavernen in Bergwerken (drucklos) – betrieblich – Gasemissionen .....	188
4.1.12.1. Vapour balancing.....	188	4.1.12.1. Gaspendingung .....	188
4.1.13. ECM for mined caverns (atmospheric) – incidents and (major) accidents .....	189	4.1.13. ECM für Kavernen in Bergwerken (drucklos) – Ereignisse und (größere) Unfälle.....	189
4.1.13.1. Safety and risk management .....	189	4.1.13.1. Sicherheits- und Risikomanagement .....	189
4.1.13.2. Monitoring .....	189	4.1.13.2. Überwachung .....	189
4.1.13.3. Intrinsic safety properties .....	189	4.1.13.3. Inhärente Sicherheitseigenschaften .....	189
4.1.13.4. Blanketing .....	190	4.1.13.4. Schutzgasabdeckung .....	190
4.1.13.5. Maintaining hydrostatic pressure .....	191	4.1.13.5. Aufrechterhaltung des hydrostatischen Drucks.....	191
4.1.13.6. Cement injection .....	191	4.1.13.6. Zementeinspritzung.....	191
4.1.13.7. Interlock-system.....	192	4.1.13.7. Verriegelungssystem.....	192
4.1.13.8. Automated overfill protection .....	192	4.1.13.8. Automatisierter Überfüllschutz.....	192
4.1.14. ECM for mined caverns (pressurised) – incidents and (major) accidents .....	192	4.1.14. ECM für Kavernen in Bergwerken (unter innerem Druck) – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	192
4.1.14.1. Safety and risk management .....	192	4.1.14.1. Sicherheits- und Risikomanagement .....	192
4.1.14.2. Monitoring .....	192	4.1.14.2. Überwachung .....	192

4.1.14.3.	Intrinsic safety properties .....	193	4.1.14.3.	Inhärente Sicherheitseigenschaften.....	193
4.1.14.4.	Fail-safe valves .....	193	4.1.14.4.	Sicherheitsventile.....	193
4.1.14.5.	Maintaining hydrostatic pressure .....	193	4.1.14.5.	Aufrechterhaltung des hydrostatischen Drucks	193
4.1.14.6.	Cement injection .....	193	4.1.14.6.	Zementeinspritzung .....	193
4.1.14.7.	Interlock-system .....	193	4.1.14.7.	Verriegelungssystem .....	193
4.1.14.8.	Automated overfill protection.....	193	4.1.14.8.	Automatisierter Überfüllschutz.....	193
4.1.15.	ECM for salt leached caverns – incidents and (major) accidents.....	194	4.1.15.	ECM für ausgespülte Salzkavernen – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	194
4.1.15.1.	Safety and risk management .....	194	4.1.15.1.	Sicherheit und Risikomanagement .....	194
4.1.15.2.	Monitoring .....	194	4.1.15.2.	Überwachung.....	194
4.1.15.3.	Intrinsic safety properties .....	194	4.1.15.3.	Inhärente Sicherheitseigenschaften.....	194
4.1.16.	ECM for floating storage – operational – gas emissions .....	195	4.1.16.	ECM für schwimmende Lagerung – betrieblich – Gasemissionen.....	195
4.1.16.1.	Pressure and vacuum relief valves (PVRV) .....	195	4.1.16.1.	Überdruck- und Unterdruckventile (PVRV).....	195
4.1.16.2.	Tank colour .....	195	4.1.16.2.	Tankfarbe .....	195
4.1.16.3.	Vapour balancing, collection or treatment.....	195	4.1.16.3.	Gaspendingung, -sammlung oder -behandlung...	195
4.1.17.	ECM for floating storage – operational – emissions to water .....	195	4.1.17.	ECM für schwimmende Lagerung – betrieblich – Emissionen in Gewässer.....	195
4.1.18.	ECM for floating storage – incidents and (major) accidents .....	195	4.1.18.	ECM für schwimmende Lagerung – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	195
4.1.18.1.	Safety and risk management .....	195	4.1.18.1.	Sicherheit und Risikomanagement .....	195
4.1.18.2.	Inspection and maintenance of the hull.....	195	4.1.18.2.	Inspektion und Wartung des Rumpfes.....	195
4.1.18.3.	Prevention of overfill.....	195	4.1.18.3.	Verhindern einer Überfüllung.....	195
4.2.	Transfer and handling of liquid and liquefied gas .....	196	4.2.	Transport von und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	196
4.2.1.	Management tools for transfer and handling.....	196	4.2.1.	Management-Hilfsmittel für Transport und Umgang .....	196
4.2.1.1.	Operational procedures and training.....	196	4.2.1.1.	Betriebsverfahren und Schulung.....	196
4.2.1.2.	Inspection, maintenance and monitoring .....	196	4.2.1.2.	Inspektion, Wartung und Überwachung .....	196
4.2.1.3.	Leak detection and repair (LDAR) programme.....	196	4.2.1.3.	Leckerkennungs- und Reparaturprogramm (LDAR-Programm).....	196
4.2.1.4.	Safety and risk management .....	196	4.2.1.4.	Sicherheits- und Risikomanagement .....	196
4.2.2.	ECM for aboveground closed piping – operational – gas emissions.....	197	4.2.2.	ECM für oberirdische, geschlossene Leitungssysteme – betrieblich - Gasemissionen.....	197
4.2.2.1.	Reduction in number of flanges and connectors.....	197	4.2.2.1.	Verringern der Anzahl von Flanschen und Verbindungsarmaturen.....	197
4.2.2.2.	Selection and maintenance of gaskets .....	197	4.2.2.2.	Auswahl und Wartung von Dichtungen .....	197
4.2.2.3.	Improved flanges.....	199	4.2.2.3.	Verbesserte Flansche .....	199
4.2.2.4.	Vapour collection.....	200	4.2.2.4.	Auffangen von Dämpfen.....	200
4.2.3.	ECM for aboveground closed piping – incidents and (major) accidents.....	200	4.2.3.	ECM für oberirdische, geschlossene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	200
4.2.3.1.	Internal corrosion and erosion.....	200	4.2.3.1.	Innenkorrosion und Erosion .....	200
4.2.3.2.	External corrosion – aboveground piping.....	200	4.2.3.2.	Außenkorrosion – oberirdische Leitungen.....	200
4.2.4.	ECM for aboveground open piping – operational – gas emissions .....	200	4.2.4.	ECM für oberirdische offene Leitungssysteme - betrieblich – Gasemissionen.....	200
4.2.4.1.	Replacement with closed piping systems .....	200	4.2.4.1.	Ersetzen durch geschlossene Leitungssysteme.....	200
4.2.4.2.	Reduced length.....	201	4.2.4.2.	Reduzierte Länge .....	201
4.2.5.	ECM for aboveground open piping – incidents and (major) accidents.....	201	4.2.5.	ECM für oberirdische offene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle.....	201
4.2.6.	ECM for underground closed piping – operational – gas emissions .....	201	4.2.6.	ECM für unterirdische geschlossene Leitungssysteme – betrieblich - Gasemissionen .....	201
4.2.7.	ECM for underground closed piping – incidents and (major) accidents.....	201	4.2.7.	ECM für unterirdische geschlossene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle .....	201
4.2.7.1.	External corrosion – underground piping .....	202	4.2.7.1.	Außenkorrosion – unterirdische Leitungen.....	202
4.2.8.	ECM for the loading and unloading of transporters .....	202	4.2.8.	ECM für das Be- und Entladen von Transportfahrzeugen .....	202
4.2.8.1.	Vapour balancing for the loading and unloading of transporters .....	202	4.2.8.1.	Gaspendingung beim Be- und Entladen von Transportfahrzeugen .....	202
4.2.8.2.	Vapour treatment for the loading of transporters .....	204	4.2.8.2.	Abgasreinigung beim Beladen von Transportfahrzeugen .....	204
4.2.9.	ECM for product handling systems – operational – gas emissions .....	205	4.2.9.	ECM für Produkt-Umfüllsysteme – betrieblich - Gasemissionen .....	205



4.2.9.1.	High quality equipment .....	205	4.2.9.1.	Ausrüstungen hoher Qualität .....	205
4.2.9.2.	Elimination of open-ended lines and valves.....	206	4.2.9.2.	Weglassen von freien Leitungsenden und Ventilen .....	206
4.2.9.3.	Bellows valves .....	206	4.2.9.3.	Glockenventile.....	206
4.2.9.4.	Valves with a diaphragm.....	206	4.2.9.4.	Schieber mit Membrane.....	206
4.2.9.5.	Rotating control valves.....	207	4.2.9.5.	Dreh-Steuerschieber.....	207
4.2.9.6.	Variable speed pumps .....	207	4.2.9.6.	Pumpen mit variabler Drehzahl .....	207
4.2.9.7.	Double walled valves .....	208	4.2.9.7.	Doppelwandige Schieber .....	208
4.2.9.8.	Pressure and thermal relief valves.....	208	4.2.9.8.	Überdruck- und Temperatur-Entlastungsventile	208
4.2.9.9.	Seal-less pumps .....	209	4.2.9.9.	Dichtunglose Pumpen .....	209
4.2.9.10.	Improved single seals for pumps .....	210	4.2.9.10.	Verbesserte Einzeldichtungen für Pumpen.....	210
4.2.9.11.	Dual unpressurised seals for pumps.....	211	4.2.9.11.	Drucklose Doppeldichtungen für Pumpen .....	211
4.2.9.12.	Dual pressurised seals for pumps .....	211	4.2.9.12.	Druckbeaufschlagte Doppeldichtungen für Pumpen.....	211
4.2.9.13.	Seals for compressors .....	212	4.2.9.13.	Dichtungen für Kompressoren .....	212
4.2.9.14.	Improved sampling connections .....	212	4.2.9.14.	Verbesserte Anschlüsse zur Probenentnahme..	212
4.2.10.	ECM for product handling systems – incidents and (major) accidents .....	213	4.2.10.	ECM für Produkt-Umgangssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle.....	213
4.2.10.1.	Flanged connections in liquid tight pits .....	213	4.2.10.1.	Flanschverbindungen in flüssigkeitsdichten Gruben .....	213
4.3.	Storage of solids .....	214	4.3.	Lagerung fester Stoffe.....	214
4.3.1.	General – Emission Control Measures (ECM).....	214	4.3.1.	Allgemein – Emissionskontrollmaßnahmen (ECM).....	214
4.3.2.	General approaches to minimise dust from storage .....	214	4.3.2.	Allgemeine Ansätze zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung .....	214
4.3.3.	Primary organisational approaches to minimise dust from storage.....	215	4.3.3.	Primäre organisatorische Maßnahmen zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung.....	215
4.3.3.1.	Monitoring dust emissions from open storage .....	215	4.3.3.1.	Überwachung der Staubemissionen bei offener Lagerung.....	215
4.3.4.	Primary constructional techniques to minimise dust from storage.....	216	4.3.4.	Primäre bauliche Techniken zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung.....	216
4.3.4.1.	Large volume silos .....	216	4.3.4.1.	Großraumsilos.....	216
4.3.4.2.	Sheds or roofs.....	217	4.3.4.2.	Lagerhallen oder überdachte Lager.....	217
4.3.4.3.	Domes.....	218	4.3.4.3.	Kuppeln.....	218
4.3.4.4.	Self-erecting covers .....	218	4.3.4.4.	Selbsterrichtende Abdeckungen .....	218
4.3.4.5.	Silos and hoppers .....	219	4.3.4.5.	Silos und Schüttgutbehälter .....	219
4.3.5.	Dust prevention/reduction techniques and measures applied to open storage .....	220	4.3.5.	Angewandte Techniken und Maßnahmen zur Vermeidung/Verminderung von Staubemissionen bei offener Lagerung.....	220
4.3.6.	Primary techniques to minimise dust from storage.....	223	4.3.6.	Primäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Lagern .....	223
4.3.6.1.	Spraying of water with or without additives.....	223	4.3.6.1.	Wasserbesprühung mit oder ohne Additive.....	223
4.3.6.2.	Wind protection methods .....	225	4.3.6.2.	Windschutzmethoden.....	225
4.3.6.3.	Tarpaulins or nets .....	225	4.3.6.3.	Abdeckplanen oder -netze .....	225
4.3.7.	Secondary techniques to minimise dust from storage – dust filters on silos and hoppers .....	226	4.3.7.	Sekundäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung – Staubfilter bei Silos und Schüttgutbehältern ..	226
4.3.8.	Measures to prevent incidents and (major) accidents.....	227	4.3.8.	Maßnahmen zur Vermeidung von Ereignissen und (größeren) Unfällen .....	227
4.3.8.1.	Safety and risk management .....	227	4.3.8.1.	Sicherheits- und Risikomanagement.....	227
4.3.8.2.	Warehouse fires involving solid materials .....	227	4.3.8.2.	Lagerhausbrände unter Beteiligung fester Materialien .....	227
4.3.8.3.	Explosion resistant silos.....	229	4.3.8.3.	Explosionsbeständige Silos .....	229
4.3.8.4.	Relief vents .....	229	4.3.8.4.	Explosionsdeckel/-ventile .....	229
4.3.9.	Leaching to soil or surface water .....	230	4.3.9.	Auslaugen in Boden und Oberflächenwasser....	230
4.4.	Handling of solids.....	231	4.4.	Umgang mit festen Stoffen .....	231
4.4.1.	General – Emission Control Measures (ECM).....	231	4.4.1.	Allgemein – Emissionskontrollmaßnahmen (ECM).....	231

4.4.2.	General approaches to minimise dust from handling.....	231	4.4.2.	Allgemeine Ansätze zur Minimierung von Staubemissionen beim Umgang.....	231
4.4.3.	Primary organisational approaches to minimise dust from handling.....	234	4.4.3.	Primäre organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Staubemissionen beim Umgang.....	234
4.4.3.1.	Weather conditions .....	234	4.4.3.1.	Wetterbedingungen.....	234
4.4.3.2.	Measures for the crane operator when using a grab .....	234	4.4.3.2.	Maßnahmen für den Kranfahrer bei Einsatz eines Greifers .....	234
4.4.3.3.	Measures (for the operator) when using a belt conveyor.....	235	4.4.3.3.	Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz eines Bandförderers .....	235
4.4.3.4.	Measures (for the operator) when using a mechanical shovel.....	236	4.4.3.4.	Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz einer mechanischen Schaufel.....	236
4.4.3.5.	Layout and operation of storage sites (by the planner and the operating personnel) .....	236	4.4.3.5.	Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal) ...	236
4.4.3.5.1.	Reduction of discontinuous transport and transport distances .....	236	4.4.3.5.1.	Verringerung diskontinuierlicher Transporte und Transportentfernungen .....	236
4.4.3.5.2.	Adjusting the speed of vehicles.....	237	4.4.3.5.2.	Anpassung der Fahrzeuggeschwindigkeiten.....	237
4.4.3.5.3.	Roads with hard surfaces.....	237	4.4.3.5.3.	Befestigte Straßenoberflächen .....	237
4.4.4.	Primary constructional techniques to minimise dust from loading and unloading.....	238	4.4.4.	Primäre bauliche Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Be- und Entladen ...	238
4.4.4.1.	Loading and unloading in a closed building.....	238	4.4.4.1.	Be- und Entladen in geschlossenen Gebäuden.....	238
4.4.5.	Primary techniques to minimise dust from handling.....	238	4.4.5.	Primäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Umschlag.....	238
4.4.5.1.	Optimised grabs .....	238	4.4.5.1.	Optimierte Greifer.....	238
4.4.5.2.	Closed conveyors.....	239	4.4.5.2.	Geschlossene Bandförderer .....	239
4.4.5.3.	Conveyor belt without support pulleys .....	240	4.4.5.3.	Förderband ohne Stützrollen .....	240
4.4.5.3.1.	Aerobelt.....	241	4.4.5.3.1.	Luftgetragene Bänder .....	241
4.4.5.3.2.	Low friction conveyor.....	241	4.4.5.3.2.	Bandförderer mit geringem Reibungswiderstand .....	241
4.4.5.3.3.	Conveyor with diablo .....	242	4.4.5.3.3.	Bandförderer mit Diabolo .....	242
4.4.5.4.	Primary measures on conventional conveyor belts.....	242	4.4.5.4.	Primäre Maßnahmen an konventionellen Förderbändern.....	242
4.4.5.5.	Primary measures on transfer chutes (e.g. on belt conveyors).....	243	4.4.5.5.	Primäre Maßnahmen an Übergaberutschen (z.B. zu Bandförderern).....	243
4.4.5.6.	Minimising the speed of descent of the loaded material .....	244	4.4.5.6.	Minimierung der Fallgeschwindigkeit des zu entladenden Materials.....	244
4.4.5.7.	Minimisation of free fall heights .....	244	4.4.5.7.	Minimierung der freien Fallhöhen.....	244
4.4.5.8.	Dump pits with dust barriers.....	244	4.4.5.8.	Schüttgossen mit Staubsperrn.....	244
4.4.5.9.	Low dust bunker .....	245	4.4.5.9.	Staubarme Bunker .....	245
4.4.5.10.	Chassis of vehicles with round tops .....	245	4.4.5.10.	Fahrgestelle von Fahrzeugen mit runden Aufbauten.....	245
4.4.6.	Secondary techniques to minimise dust from handling.....	246	4.4.6.	Sekundäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Umschlag.....	246
4.4.6.1.	Screens for open conveyor belts.....	246	4.4.6.1.	Abschirmungen für offene Förderbänder .....	246
4.4.6.2.	Housing or covering of the emission source .....	246	4.4.6.2.	Einhausung oder Abdeckung der Emissionsquellen.....	246
4.4.6.3.	Applying covers, aprons or cones on fill tubes .....	247	4.4.6.3.	Anwendung von Staubschürzen/-hauben, Aufsatzkonus und Verschlusskegel bei Beladerohren .....	247
4.4.6.4.	Extraction systems .....	247	4.4.6.4.	Absaugsysteme.....	247
4.4.6.5.	Lamellae filters for pneumatic conveyors.....	248	4.4.6.5.	Filtersysteme für pneumatische Förderer .....	248
4.4.6.6.	Dump pits with suction equipment, housing and dust barriers.....	249	4.4.6.6.	Schüttgossen, ausgestattet mit Absaugung, Einhausung und Staubsperrn .....	249
4.4.6.7.	Optimised discharge hoppers (in ports) .....	250	4.4.6.7.	Optimierte Schütttrichter (in Häfen) .....	250
4.4.6.8.	The techniques of water spraying/ water curtains .....	250	4.4.6.8.	Technik der Wasserbesprühung/ Wasservorhänge .....	250
4.4.6.9.	Jet spraying .....	251	4.4.6.9.	Bedüsung mit Wasser.....	251
4.4.6.10.	Cleaning conveyor belts .....	252	4.4.6.10.	Reinigung von Förderbändern.....	252
4.4.6.11.	Fitting trucks with mechanical/ hydraulic flaps .....	253	4.4.6.11.	Ausrüstung von Lkw mit mechanischen/ hydraulischen Klappen.....	253
4.4.6.12.	Cleaning of roads .....	253	4.4.6.12.	Straßenreinigung.....	253
4.4.6.13.	Cleaning of vehicle tyres .....	254	4.4.6.13.	Reinigung von Fahrzeugreifen.....	254

4.4.7.	Measures to prevent emissions from handling packaged good .....	255	4.4.7.	Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen beim Umgang mit verpackten Gütern .....	255
4.4.8.	Safety and risk management in handling solids .....	255	4.4.8.	Sicherheits- und Risikomanagement beim Umgang mit Feststoffen .....	255
5.	BEST AVAILABLE TECHNIQUES .....	257	5.	BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN .....	257
5.1.	Storage of liquids and liquefied gases .....	259	5.1.	Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	259
5.1.1.	Tanks .....	259	5.1.1.	Tanks .....	259
5.1.1.1.	General principles to prevent and reduce emissions .....	259	5.1.1.1.	Allgemeine Prinzipien zur Emissionsvermeidung und -verminderung .....	259
5.1.1.2.	Tank specific considerations .....	260	5.1.1.2.	Tankspezifische Gesichtspunkte .....	260
5.1.1.3.	Preventing incidents and (major) accidents .....	264	5.1.1.3.	Vermeiden von Ereignissen und (größeren) Unfällen .....	264
5.1.2.	Storage of packaged dangerous substances .....	267	5.1.2.	Lagerung von verpackten gefährlichen Stoffen .....	267
5.1.3.	Basins and lagoons .....	268	5.1.3.	Becken und Teiche .....	268
5.1.4.	Atmospheric mined caverns .....	268	5.1.4.	Drucklose Kavernen in Bergwerken .....	268
5.1.5.	Pressurised mined caverns .....	269	5.1.5.	Unter Überdruck stehende gegrabene Kavernen in Bergwerken .....	269
5.1.6.	Salt leached caverns .....	270	5.1.6.	Ausgespülte Salzkavernen .....	270
5.1.7.	Floating storage .....	270	5.1.7.	Schwimmende Lager .....	270
5.2.	Transfer and handling of liquids and liquefied gases .....	270	5.2.	Transport von und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen .....	270
5.2.1.	General principles to prevent and reduce emissions .....	270	5.2.1.	Allgemeine Prinzipien zur Emissionsvermeidung und -verminderung .....	270
5.2.2.	Considerations on transfer and handling techniques .....	271	5.2.2.	Betrachtungen zu Transport- und Umgangstechniken .....	271
5.2.2.1.	Piping .....	271	5.2.2.1.	Rohrleitungen .....	271
5.2.2.2.	Vapour treatment .....	271	5.2.2.2.	Abgasreinigung .....	271
5.2.2.3.	Valves .....	272	5.2.2.3.	Ventile .....	272
5.2.2.4.	Pumps and compressors .....	272	5.2.2.4.	Pumpen und Kompressoren .....	272
5.2.2.5.	Sampling connections .....	273	5.2.2.5.	Anschlüsse zur Probenentnahme .....	273
5.3.	Storage of solids .....	274	5.3.	Lagerung fester Stoffe .....	274
5.3.1.	Open storage .....	274	5.3.1.	Lagerung im Freien .....	274
5.3.2.	Enclosed storage .....	274	5.3.2.	Geschlossene Lagerung .....	274
5.3.3.	Storage of packaged dangerous solids .....	275	5.3.3.	Lagerung verpackter gefährlicher Feststoffe .....	275
5.3.4.	Preventing incidents and (major) accidents .....	275	5.3.4.	Vermeidung von Ereignissen und (größeren) Unfällen .....	275
5.4.	Transfer and handling of solids .....	275	5.4.	Transport von und Umgang mit festen Stoffen .....	275
5.4.1.	General approaches to minimise dust from transfer and handling .....	275	5.4.1.	Allgemeine Ansätze zur Verringerung von Staubemissionen beim Transport und Umgang .....	275
5.4.2.	Considerations on transfer techniques .....	276	5.4.2.	Berücksichtigung von Transporttechniken .....	276
6.	EMERGING TECHNIQUES .....	279	6.	IN DER ENTWICKLUNG BEFINDLICHE TECHNIKEN .....	279
6.1.	Handling of solids .....	279	6.1.	Umgang mit festen Stoffen .....	279
6.1.1.	Screw conveyor .....	279	6.1.1.	Schneckenförderer .....	279
6.1.2.	Low-dust dock transshipment containers without negative pressure extraction .....	280	6.1.2.	Dockumschlagbehälter mit geringem Staub ohne negative Druckextraktion .....	280
6.1.3.	Screw conveyor for non-ferrous ores and concentrates .....	281	6.1.3.	Schneckenförderer für Nichteisenerze und Konzentrate .....	281
7.	CONCLUDING REMARKS .....	283	7.	SCHLUSSBEMERKUNGEN .....	283
7.1.	Timing of the work .....	283	7.1.	Zeitablauf der Arbeit .....	283
7.2.	Sources of information .....	283	7.2.	Informationsquellen .....	283
7.3.	Degree of consensus reached .....	283	7.3.	Erreichter Grad der Übereinstimmung .....	283
7.4.	Recommendations for future work .....	285	7.4.	Empfehlungen für künftige Arbeiten .....	285
7.5.	Suggested topics for future R & D projects .....	286	7.5.	Für künftige FuE-Projekte vorgeschlagene Themen .....	286

REFERENCES .....	287
GLOSSARY .....	293
8. ANNEXES .....	299
8.1. International Codes .....	299
8.2. Dangerous substances and classification .....	331
8.3. Compatibility of hazardous substances .....	359
8.4. Dispersiveness classes of solid bulk materials .....	360
8.5. Relevant solid bulk materials .....	366
8.6. Summary of MS requirements on underground tank storage modes and equipment for liquids .....	368
8.7. Storage modes and relevant solid bulk materials .....	369
8.8. Handling techniques and relevant solid bulk material .....	370
8.9. ECM Scorecards for storing liquid and liquefied gas - operational .....	372
8.10. ECM Scorecards for transfer and handling of liquid and liquefied gas .....	385
8.11. Methodology for completion of the ECM Assessment Table .....	389
8.12. Gaseous and liquid emission control measure assessment matrix .....	393
8.13. Case studies for ECM assessment methodology .....	394
8.13.1. Case study number 1; existing EFRT .....	394
8.13.2. Case study number 2; new FRT .....	398
8.13.3. Case study number 2a; new FRT .....	401
8.13.4. Case study number 3; new FRT .....	403
8.13.5. Case study number 4; new FRT .....	406
8.14. ECM Scorecards for the storage of solids .....	412
8.15. ECM Scorecards for the handling of solids .....	415
8.16. Characteristics of fire-fighting systems .....	420
8.17. Distances for the storage of gas cylinders .....	422
8.18. Examples of applied distances for the storage of flammable liquid in tanks .....	424
8.19. Typical checklist for the design of a product storage tank in a chemical plant facility .....	426
8.20. Efficiency of an EFRT depending on the number of filling cycles per year and tank .....	428
8.21. Efficiency of an EFRT depending on the turnover rate per year and tank diameter for crude oil and gasoline .....	429
8.22. Efficiency of different types of floating roof seals .....	430
8.23. Efficiency of an IFRT depending on the number of filling cycles per year and the tank diameter .....	431

REFERENZEN .....	287
GLOSSAR .....	293
8. ANHÄNGE .....	299
8.1. Internationale Normen .....	299
8.2. Gefahrenstoffe und Klassifizierung .....	331
8.3. Kompatibilität von Gefahrenstoffen .....	359
8.4. Ausbreitungsklassen von festen Schüttgutmaterialien .....	360
8.5. Relevante feste Schüttgutmaterialien .....	366
8.6. Übersicht über die Anforderungen der Mitgliedstaaten an unterirdische Tanklagerungsmethoden für flüssige Stoffe .....	368
8.7. Lagerungsmethoden und relevantes festes Schüttgutmaterial .....	369
8.8. Umgangstechniken und relevantes festes Schüttgutmaterial .....	370
8.9. ECM-Punktetabellen zur Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigtem Gas - betrieblich .....	372
8.10. ECM-Punktetabellen für den Transport von und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigtem Gas .....	385
8.11. Methode zum Ausfüllen der ECM-Beurteilungstabelle .....	389
8.12. Beurteilungsmatrix für Emissionskontrollmaßnahmen für gasförmige und flüssige Stoffe .....	393
8.13. Fallstudien für die ECM Beurteilungsmethoden .....	394
8.13.1. Fallstudie 1: bestehender Schwimmdachtank .....	394
8.13.2. Fallstudie 2: neuer Schwimmdachtank .....	398
8.13.3. Fallstudie 2a: neuer Schwimmdachtank .....	401
8.13.4. Fallstudie 3: neuer Schwimmdachtank .....	403
8.13.5. Fallstudie 4: neuer Schwimmdachtank .....	406
8.14. ECM-Punktetabellen für die Lagerung von Feststoffen .....	412
8.15. ECM-Punktetabellen für den Umschlag fester Stoffe .....	415
8.16. Eigenschaften von Brandbekämpfungssystemen .....	420
8.17. Abstände für die Lagerung von Gasflaschen .....	422
8.18. Beispiele für angewandte Abstände bei der Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten in Tanks .....	424
8.19. Typische Checkliste für die Auslegung eines Produktlagertanks in einer chemischen Anlage .....	426
8.20. Effizienz eines Schwimmdachtanks in Abhängigkeit von der Anzahl Befüllungszyklen pro Jahr und Tank .....	428
8.21. Effizienz eines Schwimmdachtanks in Abhängigkeit vom Umsatz pro Jahr und Tankdurchmesser für Rohöl und Benzin .....	429
8.22. Effizienz verschiedener Arten Dichtungen für Schwimmdachtanks .....	430
8.23. Effizienz einer Schwimmdecke in Abhängigkeit von der Anzahl Befüllungszyklen pro Jahr und Tankdurchmesser .....	431



---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maßnahmen und Techniken zur Verringerung von Staubemissionen aus der Lagerung von Feststoffen .....	v
Tabelle 2: Maßnahmen und Techniken zur Verringerung von Staubemissionen aus dem Transport und Umschlag von Feststoffen.....	vi
Table 2.1: Categories of dangerous substance according to Directive 67/548/EEC.....	5
Table 3.1: Cross-references of storage modes for liquids and liquefied gases .....	9
Table 3.2: Cross-references for open top tanks.....	13
Table 3.3: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with open top storage tanks.....	13
Table 3.4: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with open top storage tanks.....	13
Table 3.5: Cross-references for EFRT.....	15
Table 3.6: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with EFRT.....	16
Table 3.7: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with EFRT.....	16
Table 3.8: Design ratings for the different types of fixed roof tanks.....	18
Table 3.9: Cross-references for FRT.....	18
Table 3.10: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with FRT.....	18
Table 3.11: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with FRT.....	19
Table 3.12: Cross references for aboveground horizontal tanks.....	20
Table 3.13: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground horizontal storage tanks.....	21
Table 3.14: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with aboveground horizontal storage tanks.....	21
Table 3.15: Cross-references for horizontal storage tanks (pressurised).....	22
Table 3.16: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with horizontal storage tanks (pressurised).....	23
Table 3.17: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with horizontal storage tanks (pressurised).....	23
Table 3.18: Cross-references for relevant tank equipment and fitting for vertical storage tanks (pressurised).....	24
Table 3.19: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with vertical storage tanks (pressurised).....	25
Table 3.20: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with vertical storage tanks (pressurised).....	25
Table 3.21: Cross-references for spheres (pressurised).....	25
Table 3.22: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with spheres (pressurised).....	26
Table 3.23: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with spheres (pressurised).....	26
Table 3.24: Cross-references for mounded storage.....	28
Table 3.25: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with pressurised mounded storage.....	28
Table 3.26: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with pressurised mounded storage.....	28
Table 3.27: Cross-references for lifter roof tanks.....	29
Table 3.28: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with lifter roof tanks.....	30
Table 3.29: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with lifter roof tanks.....	30
Table 3.30: Cross-references for refrigerated storage tanks.....	32
Table 3.31: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with refrigerated storage.....	32
Table 3.32: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with refrigerated storage.....	32
Table 3.33: Cross-references for underground horizontal storage tanks.....	34
Table 3.34: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with underground horizontal storage.....	34
Table 3.35: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with underground horizontal storage.....	34
Table 3.36: Cost elements for storage tanks.....	35
Table 3.37: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with basins and lagoons.....	49
Table 3.38: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with basins and lagoons.....	49
Table 3.39: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with atmospheric mined caverns of the fixed waterbed type.....	55
Table 3.40: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with atmospheric mined caverns of the fluctuating waterbed type.....	55
Table 3.41: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with mined caverns (atmospheric).....	55
Table 3.42: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with mined caverns (pressurised).....	57
Table 3.43: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with mined caverns (pressurised).....	57
Table 3.44: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with salt leached caverns.....	60
Table 3.45: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with salt leached caverns.....	60
Table 3.46: Cross references for floating storage.....	61
Table 3.47: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with floating storage.....	61
Table 3.48: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with floating storage.....	61
Table 3.49: Cross-references of transfer and handling modes for liquids and liquefied gases.....	62
Table 3.50: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground closed piping transfer systems.....	65

Table 3.51: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with aboveground closed piping transfer systems .....	65
Table 3.52: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground open piping transfer systems .....	66
Table 3.53: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with aboveground open piping transfer systems .....	66
Table 3.54: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with underground closed piping transfer systems .....	67
Table 3.55: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with underground piping transfer systems .....	68
Table 3.56: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with flexible hoses or loading arms .....	70
Table 3.57: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with flexible hoses or loading arms .....	70
Table 3.58: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with product handling .....	71
Table 3.59: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with product handling .....	72
Table 3.60: Average emissions from seals in process pumps when handling mineral oils .....	79
Table 3.61: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with transfer and handling of packaged goods .....	81
Table 3.62: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with transfer and handling of packaged goods .....	82
Table 3.63: Storage modes for solids and reference to the sections .....	83
Table 3.64: Criteria for the selection of longitudinal and ring-shaped storage places .....	84
Table 3.65: Techniques for the transfer and handling of solids, with section references .....	86
Table 3.66: Typical techniques to construct a heap .....	87
Table 3.67: Survey of typical wagons/trucks for bulk materials .....	94
Tabelle 4.1: Farbfaktoren .....	126
Tabelle 4.2: Reflektionsvermögen verschiedener Tankfarben für Wärmestrahlung .....	126
Tabelle 4.3: Technologien zur Emissionskontrolle – Grenzen der Anwendbarkeit und normalisierte Kosten gemäß CWW BREF-Dokument .....	142
Tabelle 4.4: In einer Abgasbehandlungsanlage behandelte Stoffe .....	144
Tabelle 4.5: ECM-Kompatibilität .....	149
Tabelle 4.6: Mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen nach Lagerungsart .....	150
Tabelle 4.7: Punktermittlungssystem zur Kennzeichnung von Risikoeinstufungen bei Bodenemissionen .....	164
Tabelle 4.8: Definition der Zonen .....	173
Tabelle 4.9: Die wichtigsten Gefahrenereignisse bei der Lagerung verpackter Gefahrenstoffe .....	175
Tabelle 4.10: Mindesttrennabstände eines Freilagers mit brennbarer Flüssigkeit .....	179
Tabelle 4.11: Mindesttrennabstände eines Freilagers mit gefährlichen Stoffen .....	181
Tabelle 4.12: Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen beim Lagern und Querverweise .....	215
Tabelle 4.13: Möglichkeiten zur Reduzierung von Staubemissionen bei offener Lagerung und deren Grenzen .....	222
Tabelle 4.14: Vorhandene Materialien bei den 290 Bränden .....	228
Tabelle 4.15: Zündquellen .....	228
Tabelle 4.16: Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen beim Transport und Umschlag [17, UBA, 2001, 134, Corus, 1995] [91, Meyer and Eickelpasch, 1999] .....	233
Tabelle 4.17: Vergleich verschiedener geschossener Bandförderer .....	239
Tabelle 4.18: Emissionsminderung in Bunker Nummer 3 und 4 .....	245
Tabelle 4.19: Effizienz einiger Kehrfahrzeugsysteme .....	254
Table 8.1: Assignment of the industrial activities according to Annex I of the IPPC Directive to the relevant solid bulk materials .....	367
Table 8.2: Summary of MS requirements on underground tanks .....	368
Tabelle 8.3: Storage modes and relevant bulk materials .....	369
Table 8.4: Loading and unloading techniques and relevant bulk materials .....	370
Table 8.5: ECM-cards operational emissions; Aboveground Open Top Tank .....	372
Table 8.6: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: External Floating Roof Tank .....	373
Table 8.7: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: Fixed Roof Tank .....	374
Table 8.8: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: Horizontal Storage Tank .....	375
Table 8.9: ECM-cards operational emissions; Aboveground Pressurised Storage: Spheres .....	376
Table 8.10: ECM-cards operational emissions; Aboveground Pressurised Storage: Horizontal Storage Tank .....	377
Table 8.11: ECM-cards operational emissions; Aboveground Refrigerated Storage .....	378
Table 8.12: ECM-cards operational emissions; Underground Tank .....	379
Table 8.13: ECM-cards operational emissions; Atmospheric Cavern .....	380
Table 8.14: ECM-cards operational emissions; Atmospheric Salt Dome .....	381
Table 8.15: ECM-cards operational emissions; Pressurised Cavern .....	381
Table 8.16: ECM-cards operational emissions; Lagoon and Basin .....	382
Table 8.17: ECM-cards operational emissions; Floating Storage .....	383
Table 8.18: ECM-cards operational emissions; Lifter Roof Tank .....	384
Table 8.19: ECM-cards operational emissions; Aboveground Transfer Systems: Closed Piping .....	385
Table 8.20: ECM-cards operational emissions; Aboveground Transfer Systems: Open Piping .....	386

---

Table 8.21: ECM-cards operational emissions; Underground Transfer Systems: Closed Piping .....	387
Table 8.22: ECM-cards operational emissions; Product Handling Methods: Pumps & Compressor .....	388
Table 8.23: Case study number 1 – Initial ECM Assessment .....	409
Table 8.24: Case study number 1 – Second Round of ECM Assessment .....	409
Table 8.25: Case study number 2 – Initial ECM Assessment .....	410
Table 8.26: Case study number 2a – Initial ECM Assessment .....	410
Table 8.27: Case study number 3 – Initial ECM Assessment .....	411
Table 8.28: Case study number 4 – Initial ECM Assessment .....	411
Tabelle 8.29: ECM Scorecard for the storage of solids .....	413
Table 8.30: ECM Scorecard on the handling of solids .....	416
Table 8.31: Distances for closed storage of gas cylinders .....	422
Table 8.32: Distances for open storage of gas cylinders .....	423
Table 8.33: Distances for the aboveground storage of K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> , K <sub>3</sub> and crude applied in the Netherlands .....	424
Table 8.34: Distances for the aboveground storage of flammable liquids in ‘large’ tanks applied in the UK .....	425

---

## Abbildungsverzeichnis

Figure 3.1: Flow chart with potential emissions resulting from aboveground and underground storage facilities .....	10
Figure 3.2: Risk matrix for emissions from storage of liquids and liquefied gases.....	11
Figure 3.3: Example of an open top slurry tank with underground receiving pit.....	12
Figure 3.4: Typical floating roof tank with pontoon floating roof .....	14
Figure 3.5: Typical floating roof tank with double-deck floating roof.....	15
Figure 3.6: Vertical fixed roof tank with some emission control equipment installed.....	17
Figure 3.7: Typical example of a fixed roof tank.....	17
Figure 3.8: Aboveground horizontal tank with some emission control equipment installed.....	20
Figure 3.9: Horizontal storage tanks (pressurised) with some emission control equipment installed.....	22
Figure 3.10: Vertical pressurised tank with some emission control equipment installed.....	24
Figure 3.11: Mounded storage.....	27
Figure 3.12: Typical example of a single containment refrigerated tank .....	31
Figure 3.13: Typical example of a double containment refrigerated tank .....	31
Figure 3.14: Typical example of a full containment refrigerated tank .....	31
Figure 3.15: Underground double wall tank with some emission control equipment installed.....	33
Figure 3.16: Possible locations for the storage of dangerous materials in containers .....	45
Figure 3.17: Example of an earth-banked slurry store and design features.....	48
Figure 3.18: Schematic of a cavern with a fixed waterbed.....	50
Figure 3.19: Schematic of a cavern with a fluctuating waterbed.....	51
Figure 3.20: Schematics of a pressurised cavern and a refrigerated cavern for the storage of LPG .....	51
Figure 3.21: Relative investment costs for oil storage in surface tanks and unlined rock caverns at a refinery location in Finland.....	53
Figure 3.22: Relative investment costs for LPG storage alternatives at a refinery location in Finland.....	53
Figure 3.23: Scheme of a dry pump room at the bottom level of caverns.....	54
Figure 3.24: LPG underground storage operation shaft with instrumentation .....	57
Figure 3.25: Example of a salt leached cavern in operation.....	59
Figure 3.26: Flow chart of the potential emissions resulting from transfer and handling facilities.....	63
Figure 3.27: Risk matrix for emissions from handling and transfer of liquid and liquefied gases.....	64
Figure 3.28: Example of bulk unloading and storage system for chlorinated solvents .....	69
Figure 3.29: Shapes of heaps.....	84
Figure 3.30: Two-shell grab .....	90
Figure 3.31: Different shapes of grab edges.....	90
Figure 3.32: Different tub types .....	92
Figure 3.33: Function principle of a suction air conveyor.....	93
Figure 3.34: Dump trucks.....	95
Figure 3.35: Dump pits with suction and dust barriers.....	95
Figure 3.36: Ship loader with fill pipe.....	96
Figure 3.37: Fill tube.....	97
Figure 3.38: Cascade tube .....	97
Figure 3.39: Loading of a wagon by a chute .....	98
Figure 3.40: Thrower belt.....	99
Figure 3.41: Thrower belt used for constructing heaps .....	99
Figure 3.42: Conventional belt conveyor .....	100
Figure 3.43: Principle of a steep belt conveyor .....	100
Figure 3.44: Examples of hanging belt conveyors .....	101
Figure 3.45: Different designs of tube belt conveyors .....	102
Figure 3.46: Example of a double belt conveyor.....	103
Figure 3.47: Examples of folding belt conveyors.....	103
Figure 3.48: Zipper conveyor.....	104
Figure 3.49: Construction and function principle of a bucket elevator .....	105
Figure 3.50: Continuous ship unloader with bucket elevator technique and L-shaped pick-up foot.....	105
Figure 3.51: Principle of a trough chain conveyor .....	106
Figure 3.52: Scheme of a trough screw conveyor .....	107
Figure 3.53: Function principle of a pressure air conveyor.....	109
Figure 3.54: Feeders.....	110
Abbildung 4.1: Schwimmdachtank, ausgerüstet mit einer geodätischen Aluminiumkuppel .....	125
Abbildung 4.2: Dichtungen mit Dampfkontakt (typische Anordnung).....	129
Abbildung 4.3: Skizzen einer Dichtung mit Flüssigkeitskontakt (links) und Schaumstoffkontakt (rechts).....	129
Abbildung 4.4: Mechanische Schuhdichtungen mit Flüssigkeitskontakt (typische Anordnung).....	130

Abbildung 4.5: Mechanische Schuhdichtung mit Flüssigkeitskontakt mit einer schuhgelagerten und einer am Dachrand sitzenden Sekundärdichtung (typische Anordnung).....	131
Abbildung 4.6: Emissionen aus Messschächten .....	133
Abbildung 4.7: Konstruktion zur Emissionsminderung aus Messschächten .....	134
Abbildung 4.8: Konstruktion mit Gewebemanschette zur Emissionsminderung aus Messschächten .....	134
Abbildung 4.9: JPM doppelwandige Tanks, ein patentiertes System .....	169
Abbildung 4.10: Beispiel eines Schalentanks .....	170
Abbildung 4.11: Doppelwandtank mit Bodenentleerung und patentiertem doppelmanteligem Ventil .....	171
Abbildung 4.12: Allgemeine Anordnung eines externen Lagerbereiches für Behälter .....	177
Abbildung 4.13: Beispiel eines feuerbeständigen externen Lagergebäudes .....	177
Abbildung 4.14: Beispiel eines internen Lagergebäudes .....	177
Abbildung 4.15: Trennabstände für leichtentzündliche Flüssigkeiten in Fässern und ähnlichen beweglichen Behältern, die im Freien gelagert werden (Draufsicht).....	180
Abbildung 4.16: Prinzipieller Aufbau eines patentierten Doppelmantelventils.....	208
Abbildung 4.17: Beispiele für Lagerhallen.....	217
Abbildung 4.18: Beispiel für eine Kuppel.....	218
Abbildung 4.19: Krustenbildung auf der Oberfläche einer Halde .....	223
Abbildung 4.20: Gleichmäßiges Besprühen ist extrem wichtig für die Ausbildung einer geeigneten Kruste .....	224
Abbildung 4.21: Beispiel eines Explosionsventils (geschütztes Design) .....	229
Abbildung 4.22: Entscheidungsdiagramm für einen Kranfahrer zur Vermeidung von Staubansammlungen .....	235
Abbildung 4.23: Darstellung, wie sich die Ansammlung von Staub bei Einsatz eines mechanischen Schaufelladers vermeiden lässt[134, Corus, 1995] .....	236
Abbildung 4.24: Geschlossene Greiferschalenkonstruktion mit trichterförmiger Öffnung (Front- und Seitenansicht) .....	238
Abbildung 4.25: Förderer mit niedrigem Rollwiderstand.....	241
Abbildung 4.26: Bandförderer mit Diabolos .....	242
Abbildung 4.27: Staubemissionen aus Bunkern verschiedener Ausführung .....	245
Abbildung 4.28: Genaue Darstellung der Staubemissionen aus Bunker Nummer 4 .....	245
Abbildung 4.29: Bauarten von Einhausungen .....	247
Abbildung 4.30: Einhausung und Entstaubung an einer Förderbandübergabestelle.....	248
Abbildung 4.31: Drehender Aufzug zur Sammlung von abgekratztem Material des Bandförderers .....	252
Abbildung 4.32: Ein Wasserbad in Verbindung mit fließendem Wasser für die Reifenlaufflächen .....	254
Figure 8.1: Wagons for transporting solid bulk materials, used in Germany .....	371



## UMFANG

Dieses horizontale BVT-Merkblatt (engl. BREF), mit dem Titel "Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter" umfasst die Lagerung, den Transport und den Umschlag von Flüssigkeiten, Flüssiggasen und Feststoffen, unabhängig von der Branche oder Industrie.

Es umfasst Emissionen in die Luft, den Boden und ins Wasser. Die meiste Beachtung wird aber den Emissionen in die Luft geschenkt. Energie und Lärm spielen in geringerem Umfang eine Rolle.

Für die nachfolgenden Lagerungsmethoden für die Aufbewahrung von Flüssigkeiten und Flüssiggasen sind kurze Beschreibungen gegeben und deren Hauptemissionsquellen werden genannt:

Tanks:

- Oben offene Tanks
- Schwimmdachtank
- Festdachtanks
- oberirdische liegende Lagertanks (drucklos)
- liegende Lagertanks (unter innerem Überdruck)
- stehende Lagertanks (unter innerem Überdruck)
- Kugeltanks (unter innerem Überdruck)
- umwallte Lagerungstanks (unter innerem Überdruck)
- Hubdachtanks (mit variablem Dampfraum)
- gekühlte Lagertanks
- unterirdische Lagertanks.

Andere Lagerungsarten:

- Behälter und Lagerung von Behältern
- Becken und Teiche
- Kavernen in Bergwerken
- Salzbergwerkshöhlen
- schwimmende Lagerung.

Und, insbesondere für die Lagerung von Feststoffen:

- Halden
- Säcke und Schüttgutbeutel
- Silos und Bunker
- Verpackte gefährliche Feststoffe.

Für den Transport von und den Umgang mit Flüssigkeiten und Flüssiggasen werden Techniken, wie zum Beispiel Leitungssysteme und Be- und Entlademaschinen besprochen, so beispielsweise Ventile, Pumpen, Kompressoren, Flansche, Dichtungen, usw.

Zum Transport und Umschlag von Feststoffen werden Techniken wie mobile Entladeeinrichtungen, Greifer, Schüttgossen, Füllrohre, Schleuderbänder, Bandförderer und Aufgabegeräte beschrieben und in allen Fällen die Emissionsquellen angegeben.

Für alle erheblichen Emissionsquellen in der Lagerung und dem Transport von und dem Umgang mit Flüssigkeiten und Flüssiggasen werden emissionsmindernde Techniken wie Managementinstrumente und -techniken beschrieben, z.B. Tankwälle, doppelwändige Tanks, pegelsteuernde Instrumente, Dichtungen, Dampfaufbereitung und Feuerschutz.

Informationen über Emissionen in die Luft aus der Lagerung und dem Umschlag/Transport von Feststoffen fokussieren sich auf Staub. Techniken zur Vermeidung oder Verminderung von Staub wie das Versprühen von Wasser, Abdeckungen, geschlossene Lager- und Umschlageinrichtungen werden beschrieben, zusammen mit einigen Betriebsmitteln.

Die Lagerung und der Umschlag von Gas ist ebenfalls Gegenstand dieses Dokuments, wurde aber nicht weiter beschrieben, weil hierzu im Rahmen des Informationsaustausches zu besten verfügbaren Techniken keine Informationen übermittelt wurden. Die Ursache dafür liegt darin, dass Gas in den meisten Fällen unter Druck als Flüssiggas gelagert wird. Die Lagerung und der Umschlag von Flüssiggas wird zusammen mit den Flüssigkeiten beschrieben, da vergleichbare Techniken eingesetzt werden.



## 1. GENERAL INFORMATION

[18, UBA, 1999]

Storage is an activity which occurs in connection with practically all industrial activities, including, in particular, those industrial activities cited in Article 1 of the IPPC Directive. The techniques or systems described in this document could be applied to basically all categories of industrial activities.

### 1.1. Environmental relevance of storage

The environmental relevance of storage is essentially dependent on its potential to pollute the environment and on the physico-chemical properties of the stored substances. It is important to note that there is a difference between hazard (the inherent properties of a chemical) and risk (the probability of the hazardous properties of the chemical causing harm to people or the environment). Different substances create very different risks because of their hazards. It is therefore important that applied emission control measures are based on an understanding of the physico-chemical properties of the substances concerned. A risk-based approach is commonly applied and is hence also used in this document.

An example of this risk-based approach is the storage of solids. The danger of solids (immobile) polluting groundwater during storage is, as a rule, smaller than that of liquid (mobile) substances. However, in this context it is also necessary to consider possible accident scenarios. For example, in the event of a fire with solids which may not be hazardous themselves, dangerous gases may be produced. In this way, substances which are immobile and/or are considered to be harmless can still cause air pollution and may contaminate soil and waters e.g. through the fire-extinguishing water and the wasting out of the combustion gases. In addition, extinguishing additives, which serve as solvents, can dissolve substances adsorbed on soot particles, which when in the extinguishing water pathway, poses a hazard to water.

Hence it is not possible to come up with generally applicable statements about environmental significance, which cover all substances for storage in connection with industrial activities. Nevertheless, almost all substances are capable of adversely changing the physical, chemical and biological characteristics of the environment.

Concerning dust, several epidemiological studies (e.g. by the American 'Environmental Protection Agency') have shown that an adverse health impact can be discerned even at the airborne dust concentrations normally found in the open air. Increased particle intake raises the likelihood of respiratory ailments, disorder of the cardiovascular system and the general impairment of lung performance. The extent of the adverse impact on health depends on – over and above the individual constitution and susceptibility – the composition of the dust, their concentration, the exposure time and the particle size distribution.

A special significance is attached to particles smaller than 10  $\mu\text{m}$ . The designation  $\text{PM}_{10}$  (particulate matter < 10  $\mu\text{m}$ ) is used in the corresponding EU regulations. Analogous terminology is used for other particle sizes (e.g.  $\text{PM}_{2.5}$  for particle diameters less than 2.5  $\mu\text{m}$ ).

Fine dust can penetrate deep into the lungs, reach the alveoli and accumulate there or may cross the alveolus wall to enter into the bloodstream. This applies in particular to particles less than 10  $\mu\text{m}$ . Particles with an aerodynamic diameter of 10  $\mu\text{m}$  are 1.3 % alveolus penetrative, particles of 5  $\mu\text{m}$  30 %, of 4  $\mu\text{m}$  50 % and 1  $\mu\text{m}$  penetrates at a rate of 97 %. A proportion of smaller particles are exhaled. Specific causality investigations have shown that amongst the particles that penetrate the alveoli, the fine particles (2 to 4  $\mu\text{m}$ ) and the ultra-fine particles (less than 0.1  $\mu\text{m}$ ) exhibit the highest rate of deposition. In relation to the effect of fine particles (2 to 4  $\mu\text{m}$ ) a dose effect relationship is assumed, whereby the mass of particles remaining in the respiratory system is the decisive factor.

Apart from the potential adverse impact on health from dust, the impairment of water quality and the risk for explosion and fire are other examples of potential effects of the storage and handling of solids.

The consumption of energy during storage, for example:

- for the warm storage of special substances (warm ‘cupboards’ for various containers or heat generating covers in the case of stationary tanks)
- if applicable, for the heating of buildings in container depots
- for the operation of pumps, exhaust ventilators, etc.
- for cooling, if applicable.

These are generally not factors which significantly influence the capacity of various techniques to protect the environment. Quantitative details on this subject are, therefore, only possible in separate cases: e.g. if waste heat from production installations which cannot be used otherwise as an energy source can be used for the heating of tanks.

## 1.2. Emission situation at storage installations

The following emissions could occur during the operation of storage modes:

- emissions from normal operating conditions (including transferring substances in and out of storage and cleaning)
- emissions from incidents and (major) accidents.

The aforementioned emissions can be:

- emissions to air
- emissions (discharges) to water (direct/indirect)
- noise emissions
- waste emissions.

### 1.2.1. Emissions to air

Important emissions to air from the storage of liquid and liquefied gases during normal operation are differentiated as follows:

- emissions during entry and evacuation i.e. transferring substances in and out of storage (filling and emptying)
- emissions during tank breathing, i.e. emissions due to temperature increases resulting in vapour space expansions and subsequent emissions
- fugitive emissions from flange seals, fittings and pumps
- emissions during sampling
- emissions from cleaning operations.

The following categories of emissions from dusty bulk materials may be distinguished and are addressed in this document:

- emissions during loading of the material
- emissions during discharge of the material
- emissions during conveyance of the material
- emissions during storage of the material.

### 1.2.2. Emissions to water

Emissions which occur into water (direct or indirect via canalisation and sewage or purification plants) and that are addressed in this BREF include the following:

- waste water from chemical warehouses, tanks, seepage water, etc.
- discharge from drainage facilities (precipitation from secondary containment)
- waste water from leaching
- waste water from cleaning
- fire-fighting water.

### 1.2.3. Noise emissions

Noise emissions in storage installations essentially occur only during transfer in and out of storage.

- emissions from pumps in tank installations
- vehicle traffic (stacker) and air vent valves in containers installations
- emissions from transferring solids, such as conveyors.

Noise emissions are generally of secondary importance in establishing optimal storage techniques and are, therefore, not addressed in great detail in this document.

### 1.2.4. Waste aspects

Typical waste products that can arise in an operating storage facility are:

- residues from containers or products of a substandard quality
- waste from installations which treat exhaust gases (e.g. activated carbon)
- used containers
- (oil) sludges
- if applicable, cleaning agents, which may contain chemicals or oil.

In discussing the different storage modes and different handling and transfer techniques, any possible waste arising is addressed. The treatment of these wastes, however, is not addressed in this document.

### 1.2.5. Incidents and (major) accidents

Apart from emissions during normal operating conditions, possible emissions from incidents and (major) accidents are addressed. Emissions from incidents and (major) accidents usually occur within a relatively short time frame but with a much greater intensity than emissions which occur under normal operating conditions.

The control of major accident hazards involving dangerous substances is covered by the Seveso II Directive (Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996), which requires companies to take all measures necessary to prevent and limit the consequences of major accidents. Companies must in any case have a 'major accident prevention policy' (MAPP) and a safety management system to implement the MAPP. Companies holding large quantities of dangerous substances, so-called upper tiered establishments, must also draw up a safety report and an on-site emergency plan and also maintain an up-to-date list of substances.

In this document, techniques to prevent emissions from incidents and (major) accidents are addressed, ranging from e.g. techniques to prevent a tank overflow to a complete tank rupture. However, the range of incidents and accidents is not exhaustive and does not distinguish between small or major accidents.



## 2. SUBSTANCES AND CLASSIFICATION

### 2.1. Nature and classification of dangerous materials

The classification of dangerous substances is the process of identifying their hazardous properties by using appropriate test methods and then allocating them to one or more hazard classes by comparing the results of the tests with the classification criteria. Preparations or mixtures may be classified either by testing or by applying calculation methods based upon the concentration of their hazardous components.

The list in Table 2.1 shows an overview of the relevant categories of substances with their danger characteristics and hazard symbols. Furthermore, the R-Phrases can appear separately or in combination. In Annex 8.2 the symbols and R-Phrases are explained in detail.

Hazard	Symbol	R-Phrases
Explosive	E	1, 2, 3
Oxidising	O	7, 8, 9
Extremely flammable	F+	12
Highly flammable	F	11
Flammable	-	10
Reacts strongly with water	-	14
Reacts strongly with water producing extremely flammable gases	-	15
Forms poisonous gases in contact with water	-	29
Very toxic	T+	26, 27, 28 (-39)
Toxic	T	23, 24, 25 (-39, -48)
Harmful	Xn	20, 21, 22, 65 (-48)
Corrosive	C	34, 35
Irritant	Xi	36, 37, 38
Sensitising	-	42, 43
Carcinogenic	-	40, 45, 49
Toxic for reproduction	-	60, 61, 62, 63, 64
Mutagenic	-	46
Dangerous for the environment	N	50, 51, 52, 53, 58, 59
VOC <sup>1)</sup>	-	-
Dust <sup>1)</sup>	-	-
<sup>1)</sup> Dangerous according to Annex 3 of the IPPC Directive		

**Table 2.1: Categories of dangerous substance according to Directive 67/548/EEC**

The following subjects are also addressed in detail in Annex 8.2 – Dangerous substances and classification:

- regulatory classification systems (European Union supply legislation; transport legislation)
- scope of regulatory classification systems (European supply system; UN RTDG transport system)
- hazard communication within regulatory classification systems
- physico-chemical hazards:
  - explosive hazards (EU system; UN RTDG transport system)
  - oxidising and organic peroxide hazards (EU system; UN RTDG transport system)
  - flammability hazards
  - EU system (liquids; solids; gases; pyrophoric/self-heating; water reactive evolving flammable gases; other physico-chemical properties)
  - UN RTDG transport system (liquids; solids; gases; self-reactive and related substances; desensitised explosives; pyrophoric/self-heating; water reactive evolving flammable gases)
  - physico-chemical properties (EU system; UN RTDG transport system)

- health hazards:
  - acute toxicity (EU system; UN RTGD transport system)
  - sub-acute, sub-chronic or chronic toxicity (very serious irreversible effects by a single exposure; very serious irreversible effects by repeated or prolonged exposure)
  - corrosive and irritant (EU system – corrosive; UN RTDG transport system; EU system – irritant)
  - sensitisation
  - specific effects on health
  - other health effects (EU system; UN RTDG transport system)
- environmental hazards (EU system; UN RTDG transport system).

It should be noted that the classification systems described in detail in Annex 8.2 do not necessarily cover all the criteria required for dangerous goods storage legislation in all Member States of the European Union. For example, in parts of Belgium, storage legislation covers flashpoints up to 250 °C.

Classification leads to hazard communication, of which there are two forms: immediate information on the label of the packaging containing the dangerous goods and more detailed information on, for example, an attached safety data sheet.

In several MS there are existing classification systems related to emissions to air and water, e.g. in the TA Luft in Germany (see <http://www.umweltbundesamt.de/wgs/vwvws.htm>) and in the NER in the Netherlands (see <http://www.infomil.nl/lucht/index.htm>).

## 2.2. Classification of packaged substances

In reference [HSE, 1998 #35] the UN RTDG transport system (explained in Annex 8.2 – Dangerous substances and classification) is used in expressing the compatibility of packaged substances. See Annex 8.3 where the compatibility of substances is given in a table.

This principle of separation and segregation is not only relevant for the storage of packaged substances, but is also relevant for storage in tanks.

## 2.3. Dispersiveness classes of solid bulk material

[InfoMil, 2001 #15]

The following classification, based on the susceptibility of a material to be dispersed and the possibility of dealing with the problem by wetting, is used for non-reactive products:

- S1: highly drift sensitive, not wettable**
- S2: highly drift sensitive, wettable**
- S3: moderately drift sensitive, not wettable**
- S4: moderately drift sensitive, wettable**
- S5: not or very slightly drift sensitive.**

Dispersiveness classes of solid bulk materials shows a long list of different solid materials and their respective dispersiveness class; see Annex 8.4.

The storage and transfer of toxic and/or reactive products is disregarded here because, when these products are loaded for transport or storage in bulk, they are handled in closed system or in packaged form and not as loose material.

## 2.4. How to use classification systems in this document

The classification systems described in Section 2.1 are very comprehensive and rather complex, but usually only part of the hazardous properties (e.g. flammability) really influences the design mode and the operation of a storage unit. Conversely some properties are ignored, or virtually ignored, by the classification system although they can have a major influence on the design and operation of the storage unit; examples of this may be the freezing and boiling points, vapour pressure and data on suitable construction materials. This is because the classification criteria of the dangerous substances are based on their intrinsically hazardous properties and are not based on risk.

The classification system by themselves do not include all data necessary to define BAT for the storage of a given substance, but include hazardous properties data which is necessary to perform a risk analysis. The classification data of a given substance are, therefore, useful when considering the determination of BAT.

In any situation, the precautions needed to achieve a reasonable standard of control will vary, but they must always take into account the properties of the substance to be stored. This is especially important as different substances can create very different risks because of their hazards. Interaction between different substances, especially those which are incompatible, may create additional hazards. Although this statement is made in the context of packaged dangerous substances in warehouses, it is also valid for dangerous substances in bulk.





### 3. APPLIED STORAGE, TRANSFER AND HANDLING TECHNIQUES

This chapter describes applied storage, transfer and handling techniques for liquids and liquefied gases, and solids. Storage of liquids and liquefied gases and all that is related to storage is described in Section 3.1. The transfer and handling of liquids and liquefied gases is described in Section 3.2. The storage of solids is described in Section 3.3 and transfer and handling of solids in Section 3.4.

#### 3.1. Storage of liquids and liquefied gases

In this section the following storage modes are considered:

Type of storage mode	Atmospheric, pressurised, refrigerated	Sections
Open top storage tank	Atmospheric	Section 3.1.1
External floating roof tanks	Atmospheric	Section 3.1.2
(Vertical) fixed roof tanks	Atmospheric	Section 3.1.3
Horizontal storage tanks (aboveground)	Atmospheric	Section 3.1.4
Horizontal storage tanks (underground)	Atmospheric	Section 3.1.11
Variable vapour space tanks	Atmospheric	Section 3.1.9
Spheres	Pressurised	Section 3.1.7
Horizontal storage tanks	Pressurised	Section 3.1.5
Vertical cylindrical tanks	Pressurised	Section 3.1.6
Mounded storage	Pressurised	Section 3.1.8
Refrigerated storage tanks	Refrigerated	Section 3.1.10
Caverns	Atmospheric	Section 3.1.15
Caverns	Pressurised	Section 3.1.16
Caverns – salt leached		Section 3.1.17
Containers and storage of containers		Section 3.1.13
Basins and lagoons	Atmospheric	Section 3.1.14
Floating storage	Atmospheric	Section 3.1.18

**Table 3.1: Cross-references of storage modes for liquids and liquefied gases**

The flow chart in Figure 3.1 identifies the possible gaseous and liquid emissions and residues, resulting from the storage of liquid materials. The base case for any of the storage modes described assumes that there are no emission control measures installed, e.g. a fixed roof tank will be assumed to have only open vents, the shell will not be painted a light colour, etc. For each storage category, the relevant operational activities and possible events/incidents which can result in an emission are listed. This forms the basis for describing the possible emissions by mode and activity.

In particular, the possible emission sources from storage facilities for liquids and liquefied gases are selected for further analyses, using a risk matrix approach as shown in Figure 3.2.

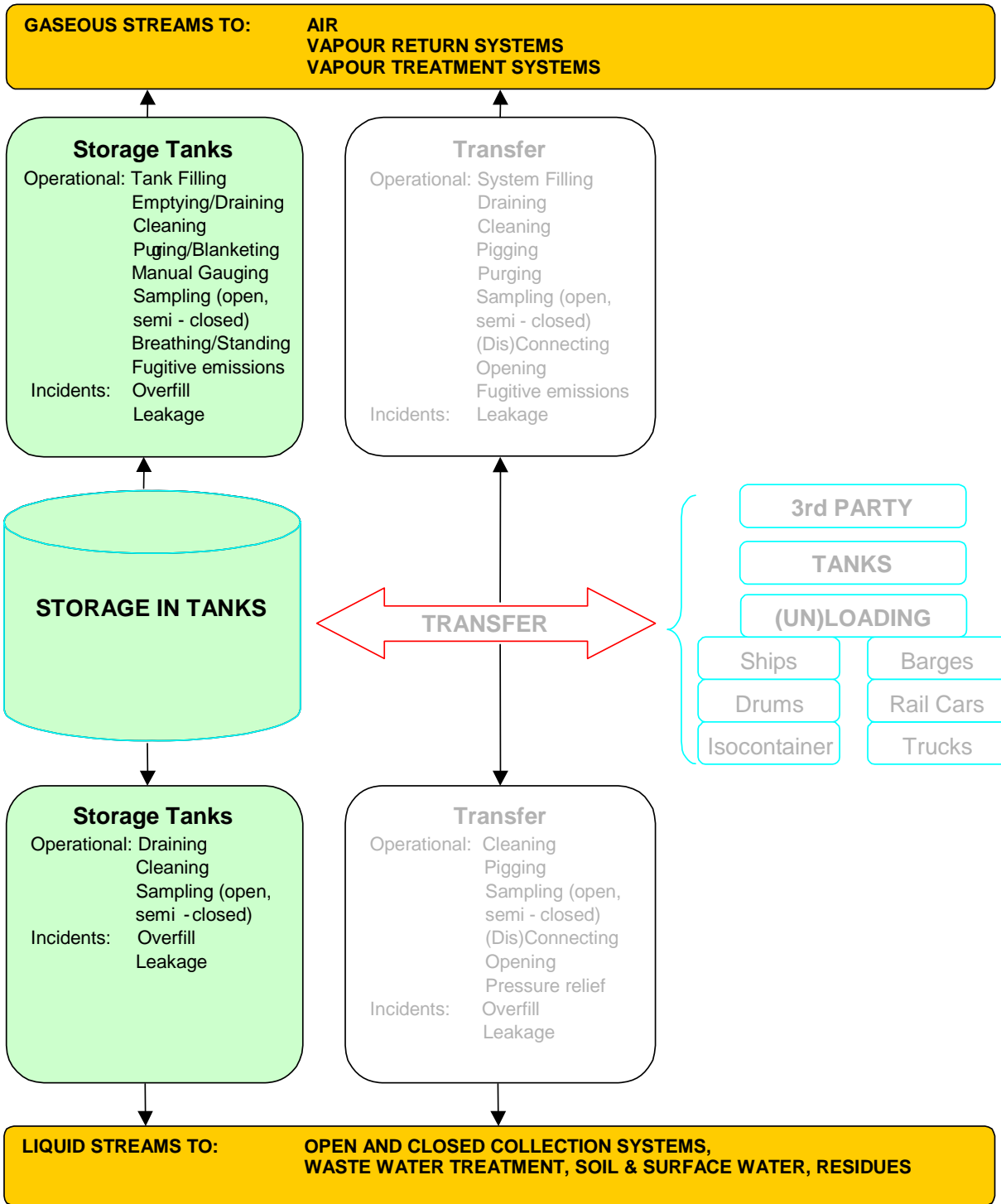


Figure 3.1: Flow chart with potential emissions resulting from aboveground and underground storage facilities

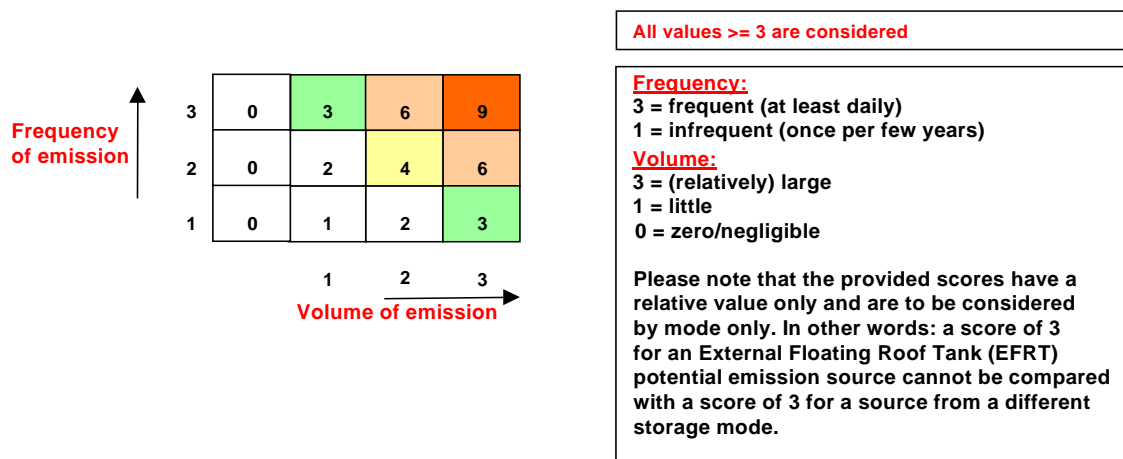


Figure 3.2: Risk matrix for emissions from storage of liquids and liquefied gases

<b>Remarks:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The classification term N/A (Not Applicable) indicates that a particular emission source will not be considered (not applicable or not relevant, etc.) due to the specific nature of the storage mode described.</li> <li>2. A clear distinction will be made between emissions from 'operational sources' and emission from 'incidents'.</li> <li>3. The emission scores (from 'operational sources') are calculated by multiplying emission frequency by emission volume. This methodology is commonly applied in risk assessment approaches such as the one used for risk based inspection (as will be further explained in the BREF). All scores above 3 are considered: e.g. all 'high' frequencies (score = 3), 'large' volumes (score = 3) and the 'medium/medium' frequency/volume emission sources (where frequency and volume both score 2).</li> </ol>	

The different types of storage tanks used are described in various sections as shown in Table 3.1. To prevent repetition, all the common technical issues, such as commissioning, decommissioning and equipment, are described in separate sections. Where relevant, cross-referencing, as an instrument to link the related issues, is used to ease the search for those related issues. Other storage modes such as, e.g. warehouses, basins, lagoons and caverns, have less or no common technical issues and are, therefore, only described in separate sections.

### 3.1.1. Open top storage tanks

#### A. Description

Open top tanks are normally used for storing manure slurry and are made from curved steel panels or concrete sections. Some concrete panel tanks may be partly below ground. All tanks are built on a properly designed reinforced concrete base. In all tank designs, the thickness of the base plate and the suitability of the seal at the joint of the wall and the tank base are very important features to prevent leaking.

A typical system has a reception pit with a grid cover next to the main store. Open top tanks are filled via a pipe with an opening above or below the slurry surface. The main store may have a valved outlet to allow emptying back to the reception pit or it may be emptied using a pump located in the store.

An open top tank may be covered with a natural or artificial layer of floating matter (such as granulated materials, straw chaff or floating membrane) or with a firm cover (such as a canvas or concrete roof) to keep rainwater out and to reduce emissions (e.g. ammonia from manure slurry). The fitting of a firm cover permits the collection and treatment of emissions.

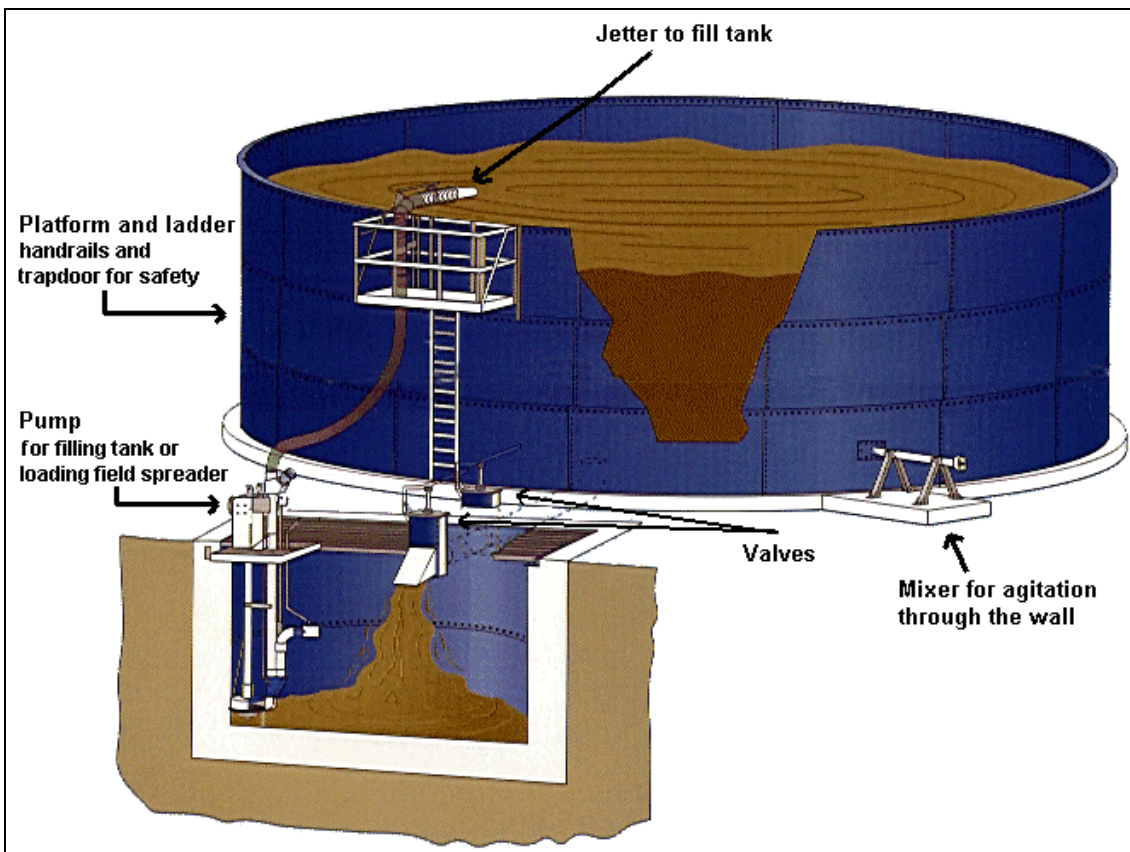


Figure 3.3: Example of an open top slurry tank with underground receiving pit [119, EIPPCB, 2001]

## B. Relevant tank equipment and other considerations

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.2: Cross-references for open top tanks**

## C. Possible emission sources (open top tanks)

Table 3.3 and Table 3.4 show the emission scores for the potential emission sources for open top tanks. Section 3.1, Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. Sources with an emission score of 3 or more will be addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Standing	3	3	9
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing			N/A
Manual gauging			N/A
Sampling			N/A
Fugitive			N/A
Draining			N/A

**Table 3.3: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with open top storage tanks [113, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.4: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with open top storage tanks [113, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions can also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leaks. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.2. External floating roof tanks (EFRT)

#### A. Description

[84, TETSP, 2001], [41, Concawe, 1999] [66, EPA, 1997] [114, UBA, 2001]

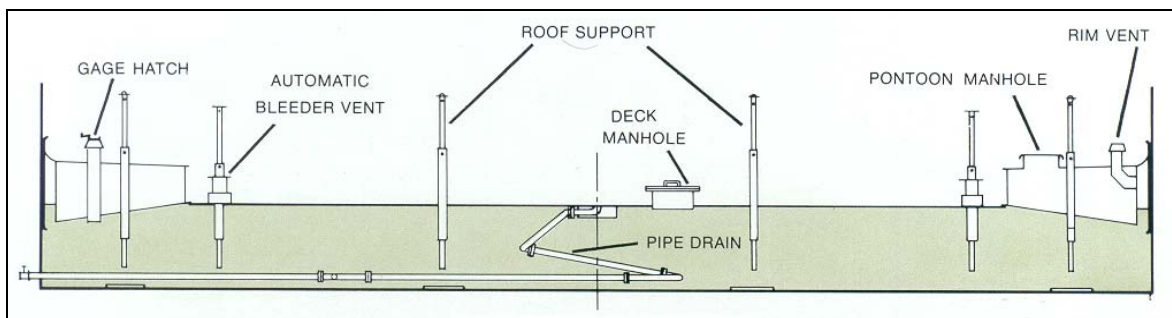
A typical EFRT consists of an open topped cylindrical steel shell equipped with a roof that floats on the surface of the stored liquid. The floating roof consists of a deck, fittings, and a rim seal system. With all types of EFRT, the roof rises and falls with the rise and fall of the liquid level in the tank. External floating decks are equipped with a rim seal system, which is attached to the deck perimeter and contacts the tank wall. The purpose of the floating deck and rim seal system is to reduce emissions to air (and loss of product) of the stored liquid. The seal system slides against the tank wall as the roof is raised and lowered. The floating deck is also equipped with fittings that penetrate the deck and serve operational functions. The external floating roof design is such that evaporative losses from the stored liquid are limited to losses from the rim seal system and deck fittings (standing storage loss) and from any liquid left on the inner tank shell as the roof falls (withdrawal loss).

An EFRT can be fitted with a geodesic dome roof. These dome roofs are primarily installed to prevent water ingress to the product or to reduce snow load on the floating roof. A dome roof, however, also reduces the wind effects on the roof seals system and thus reduces emissions. A dome roof is thus an emission control device and a such is described in Section 4.1.3.5.

There are three main types of floating roof:

#### *Pontoon-type floating roofs*

For these roofs, the buoyancy is supplied by an annular pontoon that covers approximately 20 to 25 % of the total roof area. The centre deck is able to carry about 250 mm rainfall over the total roof area. The annular pontoon is compartmentalised and the flotation is designed in such a way that the roof will still float even if two adjacent pontoon compartments and the centre deck are punctured.

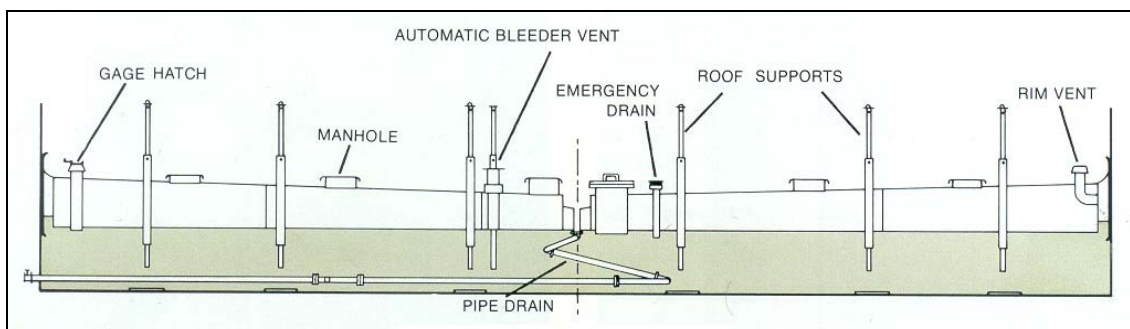


**Figure 3.4: Typical floating roof tank with pontoon floating roof**  
[185, UBA Germany, 2004]

#### *Double-deck floating roofs*

For these roofs the entire roof area is provided with a double deck, making the roof more rigid than the pontoon roof. Water does not accumulate on the upper deck, which is above the level of the stored product as it is immediately discharged via the roof drain (via drain or hose system and via a ground level shell drain valve). However, it is also common practise to accumulate rainwater before the shell drain valve at the outlet of the drain system is opened. Double-deck roofs can be fitted with emergency drains, which discharge any accumulation into the stored product. Double-deck roofs are generally fitted to large diameter tanks (e.g. > 50 m diameter). They are structurally stronger and prevent wind problems, which can occur in the centre decks of large pontoon roofs.





**Figure 3.5: Typical floating roof tank with double-deck floating roof**  
[185, UBA Germany, 2004]

### *Special buoy-type and radially reinforced roofs*

The buoy-type roof is a pontoon roof with a relatively small annular pontoon, but with the exception that it has in addition a number of small-diameter circular buoys spread over the centre deck to provide additional buoyancy. Radially reinforced roofs have a pontoon ring and a buoy in the middle of the centre deck. These roofs are built with a certain slope to force rainwater to the drains at the centre of the deck, thus preventing water accumulation. Radial stiffeners are applied to maintain the slope when the roof floats. These roofs are vulnerable to collapse when landing on the support legs. These types of roofs are mainly applied for large diameter roofs, but they are rarely built anymore nowadays, as double-deck roofs perform much better in large diameter tanks.

## **B. Relevant tank equipment and other considerations**

		<b>Section</b>
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.5: Cross-references for EFRT**

## **C. Possible emission sources (EFRT)**

Table 3.6 and Table 3.7 show the emission scores for the potential emission sources of EFRTs. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. Sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling (until roof floats on liquid)	1	3	3
Standing	3	1	3
Emptying (shell film)	2	1	2
Emptying (roof landing)	1	1	1
Blanketing			N/A
Cleaning	1	2	2
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.6: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with EFRT [84, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Roof draining	2	0	0
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.7: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with EFRT [84, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

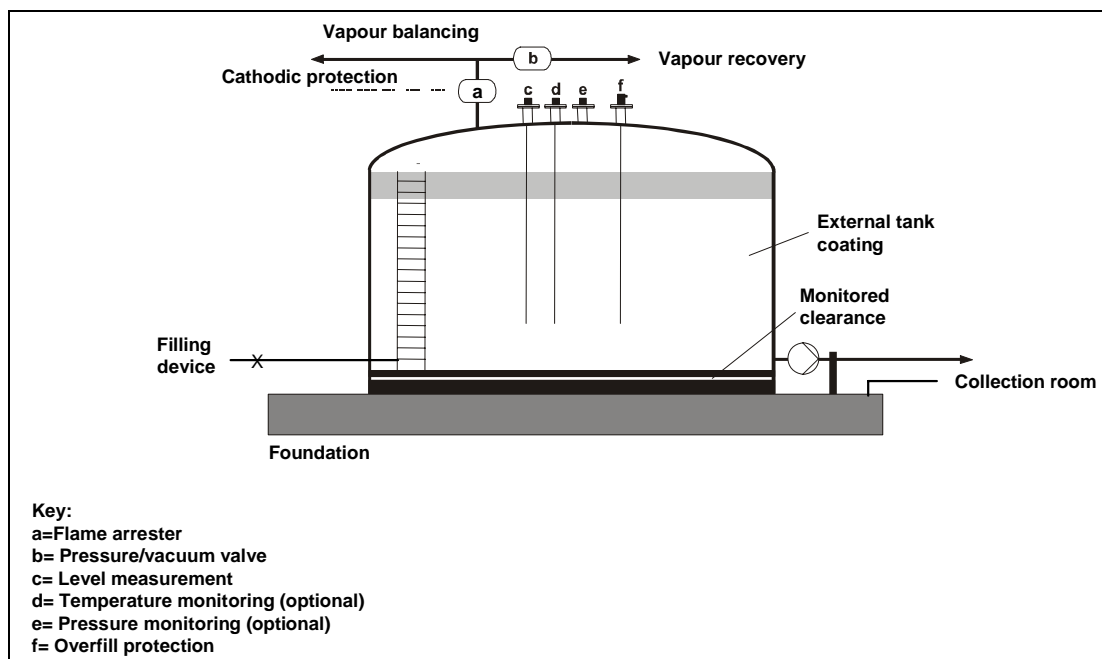
### 3.1.3. (Vertical) fixed roof tanks (FRT)

#### A. Description

[84, TETSP, 2001] [66, EPA, 1997]

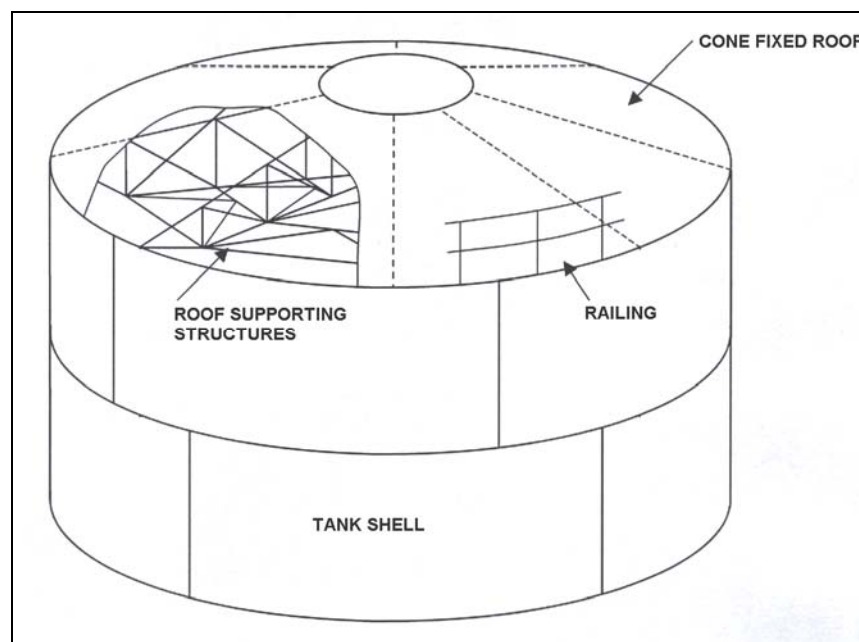
Fixed roof tanks are designed as atmospheric tanks (free vented), low pressure tanks (to approx. 20 mbar internal pressure) or – so-called – ‘high pressure’ tanks (to approx. 56 mbar internal pressure). Non-pressure fixed roof tanks are suitable for storage at atmospheric pressure and therefore have open vents (although designed to withstand internal pressures up to 7.5 mbar and a vacuum of 2.5 mbar). Both low pressure and high pressure fixed roof tanks are provided with pressure/vacuum relief valves (PVRVs), which are fully open at the design pressure/vacuum. All of these tank types must also meet additional requirements such as stability. Anchor systems may be necessary to prevent uplifting of the tank near the periphery due to the combined load of internal pressure and wind loads.

Tanks fitted with PVRVs can be ‘blanketed’ (see Section 4.1.6.2.1). In this technique, an inert gas (e.g. nitrogen) is introduced into the vapour space above the product to replace the possibly flammable air/vapour mixture for safety reasons. This is not an emissions control measure as the product will still evaporate. A blanketing control system requires careful design to ensure that the pressure within the system stays within the setting of the tank pressure relief valve. As the average pressure within the tank vapour space is higher than in a non-blanketed tank, breathing due to thermal expansion of the vapour space will result in greater emissions to the atmosphere.



**Figure 3.6: Vertical fixed roof tank with some emission control equipment installed**  
[18, UBA, 1999]

Figure 3.7 shows a conical shaped roof, which is typical for larger diameter fixed roof tanks. The roof has a roof support structure, which may be constructed from beams, trusses or rafters. Self-supporting roofs can be of conical or dome shape, but are generally only used for smaller diameter tanks.



**Figure 3.7: Typical example of a fixed roof tank**  
[166, EEMUA, 2003]

Table 3.8 shows the different design ratings for the different types of FRT.

Type of fixed roof tank	Design rating for pressure and vacuum
Atmospheric	+ 7.5 mbar - 2.5 mbar Note that these tanks are usually open vented
'Low' pressure	+ 20 mbar - 6 mbar
'High' pressure	+ 56 mbar - 6 mbar

**Table 3.8: Design ratings for the different types of fixed roof tanks [113, TETSP, 2001]**

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.9: Cross-references for FRT**

**C. Possible emission sources (FRT)**

Table 3.10 and Table 3.11 show the emission scores for the potential emission sources for FRT. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value and should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	3	2	6
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing	3	2	6
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.10: Possible emissions to air from 'operational sources' with FRT [84, TETSP, 2001]**

Table 3.10 shows that the two significant types of emissions from fixed roof tanks are breathing and working losses. The working loss is the combined loss from filling and emptying. Breathing loss is the expulsion of vapour from a tank by vapour expansion and contraction, which are the results of changes in temperature and barometric pressure. This loss occurs without any liquid level change in the tank.

Emissions occur during filling operations as a result of an increase in the liquid level in the tank. As the liquid level increases, the pressure inside the tank exceeds the relief pressure and vapours are expelled from the tank. Emissions occur during emptying when air drawn into the tank during liquid removal becomes saturated with organic vapour and expands, thus exceeding the capacity of the vapour space.

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.11: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with FRT [84, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leaks. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.4. Aboveground horizontal storage tanks (atmospheric)

#### A. Description

[66, EPA, 1997] [84, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999]

Horizontal fixed roof tanks are constructed for both aboveground and underground service and generally have a capacity of less than 150 m<sup>3</sup>. Horizontal tanks are usually equipped with pressure/vacuum relief vents (PVRVs), gauge hatches, sample wells and manholes to provide access. The maximum diameter is usually determined by factors such as design pressure, fabrication possibilities, post-weld heat treatment requirements, transport limitations, foundation criteria and economy of the design. The maximum allowable length is usually determined by the support structure, foundation criteria, size of available site and the economics of the design.

The construction material may be steel, steel with a fibreglass overlay, or fibreglass-reinforced polyester. Older tanks may be of riveted or bolted construction. All tanks are designed to be both liquid and vapour tight.

Figure 3.8 shows an aboveground horizontal storage tank with some emission control equipment installed.

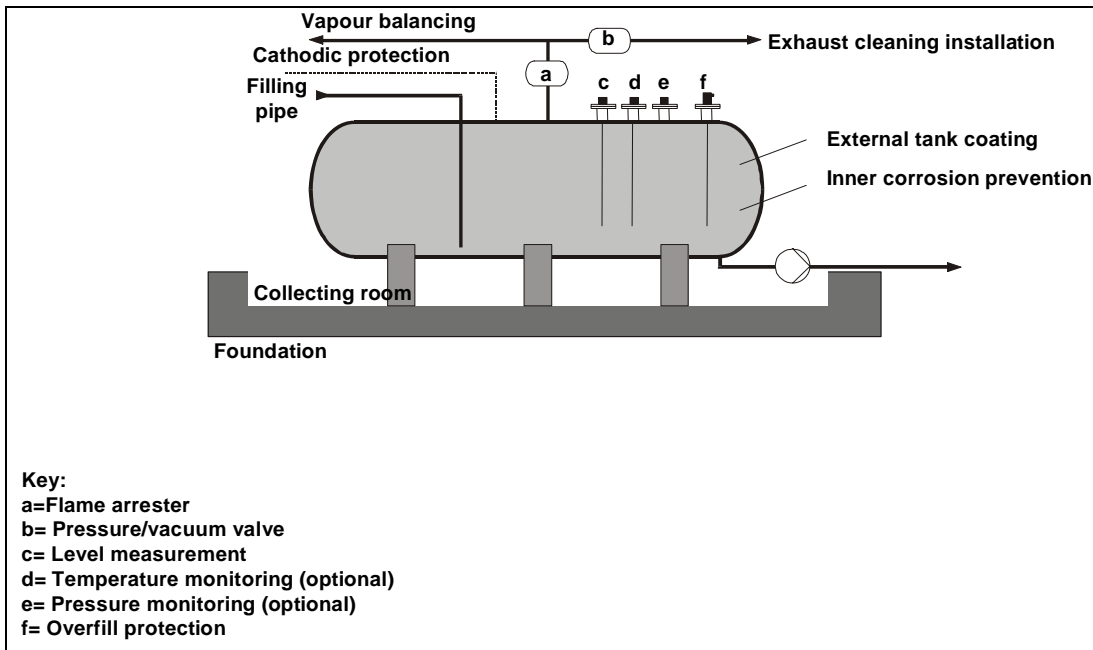


Figure 3.8: Aboveground horizontal tank with some emission control equipment installed [18, UBA, 1999]

Details of underground horizontal storage tanks are given in Section 3.1.11.

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

Table 3.12: Cross references for aboveground horizontal tanks

**C. Possible emission sources (aboveground horizontal storage tanks)**

Table 3.13 and Table 3.14 show the emission scores for the potential emission sources for the aboveground horizontal storage tank. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. Sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.



Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	3	2	6
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing	3	2	6
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.13: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground horizontal storage tanks**  
[113, TETSP, 2001]

Potential source for liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Sampling	2	0	0

**Table 3.14: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with aboveground horizontal storage tanks**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.5. Horizontal storage tanks (pressurised)

#### A. Description

[66, EPA, 1997] [18, UBA, 1999]

Two classes of pressure tanks are in general use: low pressure (170 to 1030 mbar) and high pressure (higher than 1030 mbar). Pressure tanks are generally used for storing organic liquids and gases with high vapour pressures and occur in many sizes and shapes, depending on the operating pressure of the tank. Generally they are horizontally oriented and bullet or spherically shaped (see Section 3.1.7) to maintain structural integrity at high pressure. High pressure storage tanks can be operated so that virtually no evaporative or working losses occur.

The level of emission control equipment used depends on the substance that is stored, e.g. for the storage of propane or butane normally single walled storage tanks are applied.

Figure 3.9 shows some horizontal pressurised tanks with some emission control equipment installed.

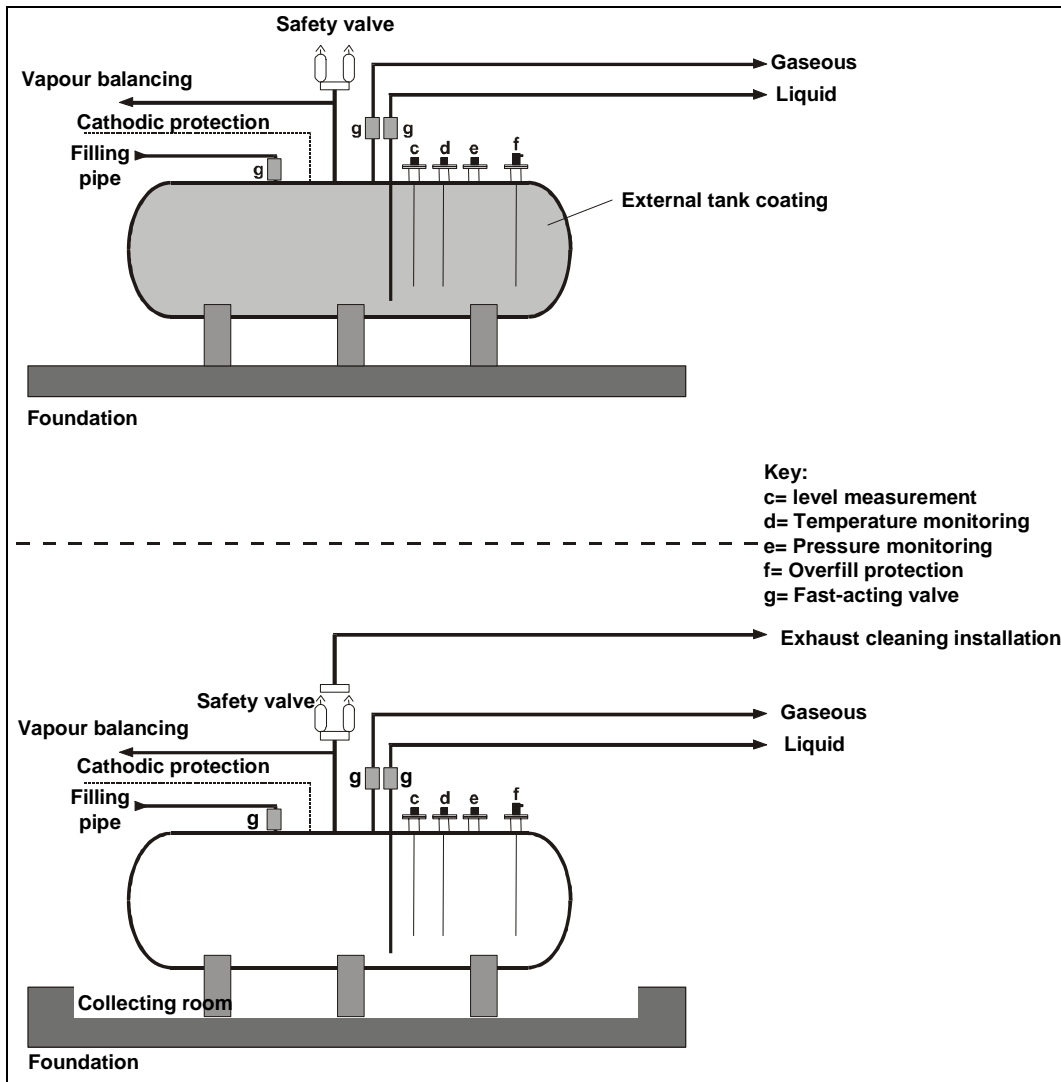


Figure 3.9: Horizontal storage tanks (pressurised) with some emission control equipment installed [18, UBA, 1999]

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
	3.1.12 Considerations related to tanks	

Table 3.15: Cross-references for horizontal storage tanks (pressurised)

**C. Possible emission sources (horizontal storage tanks (pressurised))**

Table 3.16 and Table 3.17 show the emission score for the potential emission sources for pressurised horizontal storage tanks. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying			N/A
Cleaning	1	2	2
Blanketing (Inerting)	2	1	2
Gauging			N/A
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	2	4

**Table 3.16: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with horizontal storage tanks (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	0	0
Cleaning	1	1	1
Sampling	2	0	0

**Table 3.17: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with horizontal storage tanks (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow/overpressure and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.6. Vertical storage tanks (pressurised)

#### A. Description

[113, TETSP, 2001]

See Section 3.1.5 for the general description of aboveground pressurised tanks. Vertical storage tanks are generally used where space is limited and large capacity vessels are not required. Although there are no practical limitations on size, the economic break-even point for constructing alternative storage, such as spheres, is likely to limit the size of vertical tanks. Normally vertical tanks are limited to 10 metres diameter and to 25 metres height (approximately 1750 m<sup>3</sup> capacity). For units of the same capacity, vertical tanks require less space than horizontal tanks but are more demanding in terms of the foundation work required. The design pressure for vertical tanks is dependent on the relationship between temperature and the vapour pressure of the product in stock.

Provisions to cope with vacuum conditions are required in applications where ambient temperatures can be expected to reach the point where the vapour may start to condense or where very high liquid withdrawal rates are applied without an adequate vapour return system. In these cases, the tank should be designed for full vacuum.

Nozzles are possible sources of leakage. Therefore the number of nozzles on a tank, particularly below the liquid level, is usually minimised to reduce the risk of leakage.

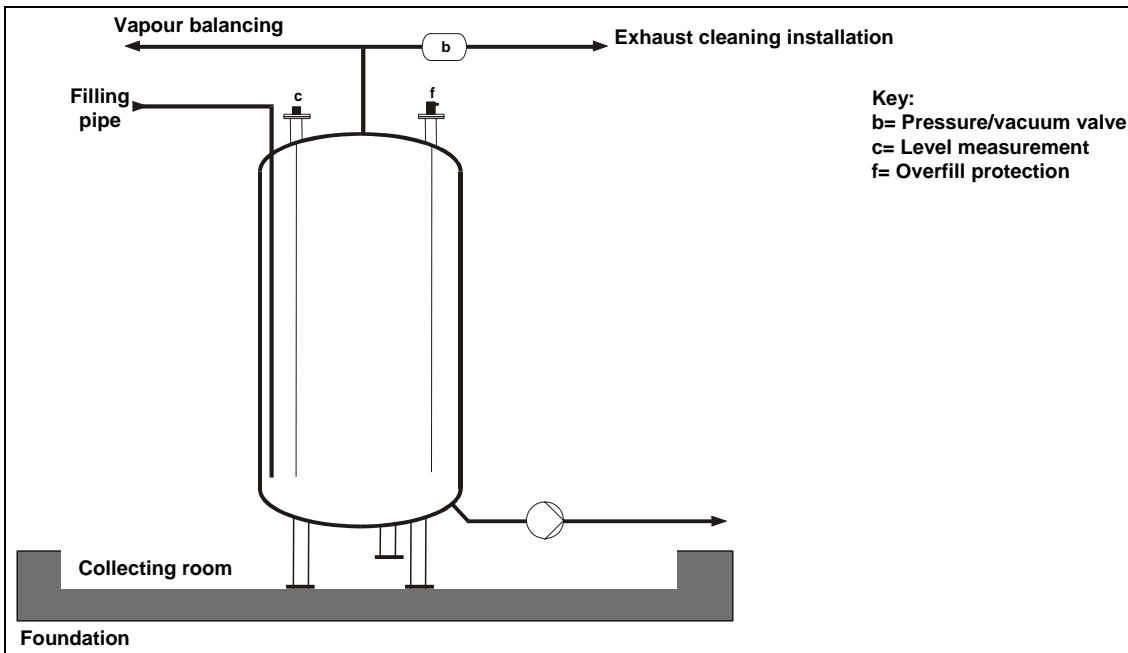


Figure 3.10: Vertical pressurised tank with some emission control equipment installed [18, UBA, 1999]

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
	3.1.12 Considerations related to tanks	

Table 3.18: Cross-references for relevant tank equipment and fitting for vertical storage tanks (pressurised)

**C. Possible emission sources (vertical storage tanks (pressurised))**

Table 3.19 and Table 3.20 show the emission scores for the potential emission sources for pressurised vertical storage tanks. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying			N/A
Cleaning	1	2	2
Blanketing (Inerting)	2	1	2
Gauging			N/A
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	2	4

**Table 3.19: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with vertical storage tanks (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	0	0
Cleaning	1	1	1
Sampling	2	0	0

**Table 3.20: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with vertical storage tanks (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow/overpressure and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.7. Spheres (pressurised)

#### A. Description

[113, TETSP, 2001]

Spherical tanks normally have a larger capacity than horizontal or vertical pressurised tanks because of the more favourable economies of scale. Approximately 3500 m<sup>3</sup> may be considered as the practical upper limit. These tanks are usually erected on-site from preformed plates and shop fabricated sub-assemblies. The design pressure for spherical tanks is dependent on the relationship between temperature and the vapour pressure of the product in stock.

The number of nozzles on a spherical tank, particularly below the liquid level, is usually minimised to reduce the risk of leakage.

#### B. Relevant tank equipment and other considerations

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.21: Cross-references for spheres (pressurised)**

### C. Possible emission sources (spheres (pressurised))

Table 3.22 and Table 3.23 show the emission scores for the potential emission sources for pressurised spheres. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying			N/A
Cleaning	1	2	2
Blanketing (Inerting)	2	1	2
Gauging			N/A
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	2	4

**Table 3.22: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with spheres (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	0	0
Cleaning	1	1	1
Sampling	2	0	0

**Table 3.23: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with spheres (pressurised)**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow/overpressure and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.8. Mounded storage (pressurised)

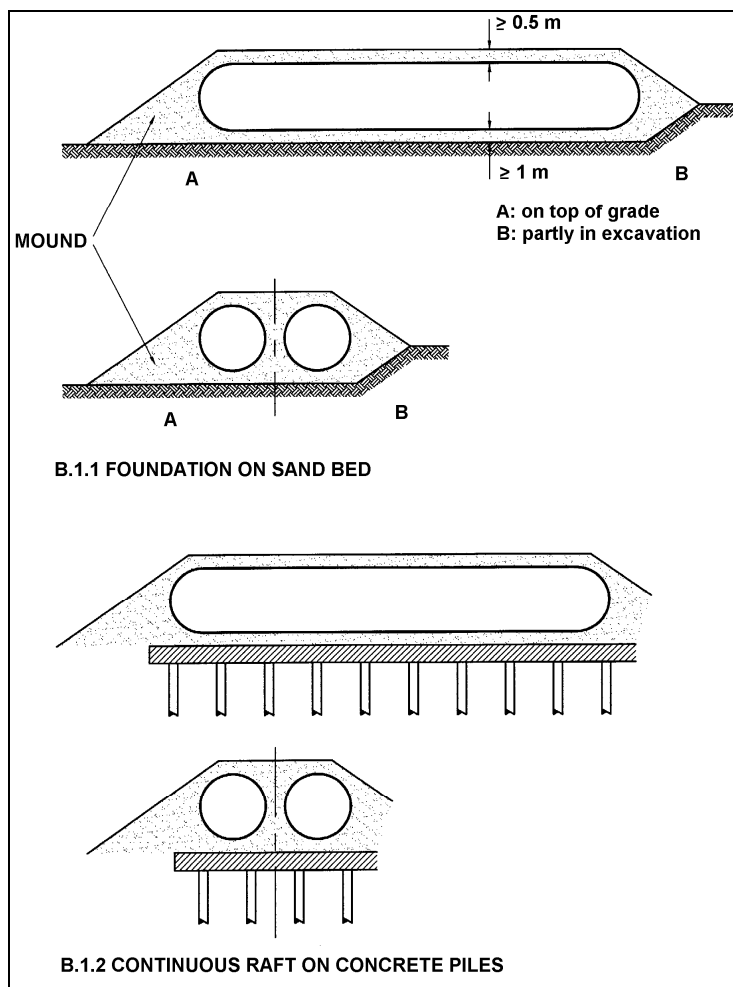
#### A. Description (Figure 3.11)

[84, TETSP, 2001]

Mounded storage is the term given to the pressurised storage at ambient temperatures of liquefied petroleum gases in horizontal cylindrical tanks placed at or just below ground level and completely covered with suitable backfill. Several tanks may be placed side-by-side under one ‘mound’. Tanks in open underground vaults and excavations are normally not considered to be ‘mounded storage’.

The design aspects of mounded storage projects are in general more complicated than those for aboveground spheres or bullets. Attention should be paid to the interaction between the tank and soil, and to corrosion protection to avoid leakages. As it is not intended that mounded tanks will be externally inspected during their lifetimes, attention needs to be given to the external coating and application of a cathodic protection system to minimise the risk of (undetected) corrosion. The tanks need to be installed above the highest known water table level, and the soil cover, therefore, usually protrudes above ground level as an earth mound – hence the term ‘mounded storage’.





**Figure 3.11: Mounded storage**  
[EEMUA Pub 190]

If more than one tank is placed in a single mound, then the minimum distance between the tanks depends on construction activities such as welding, coating, backfilling and compaction of the backfill material. A distance of 1 m is considered to be a practical minimum.

The maximum diameter is usually determined by factors such as design pressure, fabrication possibilities, post-weld heat treatment requirements, transport limitations, subsoil conditions and economy of the design (a tank diameter of 8 m may be regarded as a practical upper limit). The maximum allowable length is usually determined by the support structure and/or subsoil conditions (especially if differential settlement is expected), size of available site and economy of the design. For tanks which are founded on a sand-bed, the length of the tank is generally no more than eight times the diameter, in order to prevent the design shell thickness being governed by longitudinal bending of the tank due to possible differential settlement or construction tolerances of tanks and foundations. The maximum volume of a tank is normally approximately 3500 m<sup>3</sup> gross; there is no minimum size of tank, except for practical considerations.

From an external safety point of view, mounded storage for flammable liquefied gases could be considered as fire protection (to prevent 'boiling liquid expanding vapour explosion' (BLEVE) from happening).

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		<b>Section</b>
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.24: Cross-references for mounded storage**

**C. Possible emission sources (mounded storage/pressurised)**

Table 3.25 and Table 3.26 show the emission scores for the potential emission sources for mounded storage. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying			N/A
Cleaning	1	2	2
Blanketing (Inerting)	2	1	2
Manual gauging			N/A
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	2	4

**Table 3.25: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with pressurised mounded storage [84, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	0	0
Cleaning	1	1	1
Sampling	2	0	0

**Table 3.26: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with pressurised mounded storage [84, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow/overpressure and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.9. Variable vapour space tanks

#### A. Description

[87, TETSP, 2001]

Variable vapour space tanks are equipped with expandable vapour reservoirs to accommodate vapour volume fluctuations attributable to temperature and barometric pressure changes. The two most common types of variable vapour space tanks are lifter roof tanks and flexible diaphragm tanks. Lifter roof tanks are used to store a product whereas flexible diaphragm tanks are only used to store vapour at, or very close to, atmospheric pressure. The latter are usually connected to a number of tanks to reduce breathing emissions and are thus an emission control measure (ECM): see Section 4.1.3.13.

Lifter roof tanks have a telescoping roof that fits loosely around the outside of the main tank wall. The space between the roof and the wall is closed by either a wet seal, which is a trough filled with liquid, or a dry seal, which uses a flexible coated fabric.

The use of a water seal necessitates manual checking or automatic control of the seal level. Use during cold weather requires protection against freezing. Fabric seals have to be checked regularly for wear or damage which will result in vapour loss. Lifter roof tanks are very rarely used in Europe for petroleum product storage.

Lifter roof tank losses occur during tank filling when vapour is displaced by liquid and the tank's vapour storage capacity is exceeded.

#### B. Relevant tank equipment and other considerations

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.27: Cross-references for lifter roof tanks**

#### C. Possible emission sources (lifter roof tanks)

Table 3.28 and Table 3.29 show the emission scores for the potential emission sources for lifter roof tanks. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	3	0	0
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing			N/A
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.28: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with lifter roof tanks [87, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.29: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with lifter roof tanks [87, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow/overpressure and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.10. Refrigerated storage tanks

#### A. Description

[84, TETSP, 2001]

There are three types of refrigerated storage systems:

- single containment
- double containment
- full containment.

The selection of the type of storage system will be considerably influenced by the location, the operational conditions, the adjacent installations, loadings and environmental considerations.

From an external safety point of view, refrigerated storage could be considered for large scale storage of liquefied gases such as ammonia, chlorine, liquefied petroleum gas, etc.

#### *Single containment*

Either a single or double wall tank designed and constructed so that only the containing element in contact with the refrigerated product is required to meet the low temperature ductility requirements for storage of the product. The outer shell (if any) of a single containment storage system is primarily for the retention and protection of insulation and is not designed to contain liquid in the event of product leakage from the inner container. A single containment tank will usually be surrounded by a traditional low bund wall to contain any leakage.

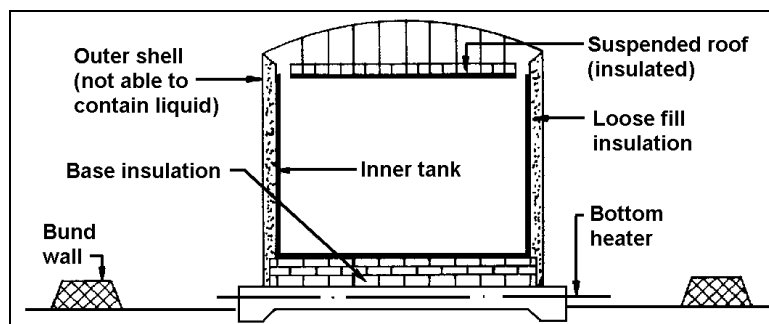


Figure 3.12: Typical example of a single containment refrigerated tank [EEMUA Pub 147]

### *Double containment*

A double wall tank is designed and constructed so that both inner tank and outer shell are capable of containing the refrigerated liquid stored. The inner tank stores the refrigerated liquid under normal operating conditions. The outer shell is able to contain any refrigerated liquid product leakage from the inner tank. The outer shell is not designed to contain vapour released due to product leakage from the inner tank.

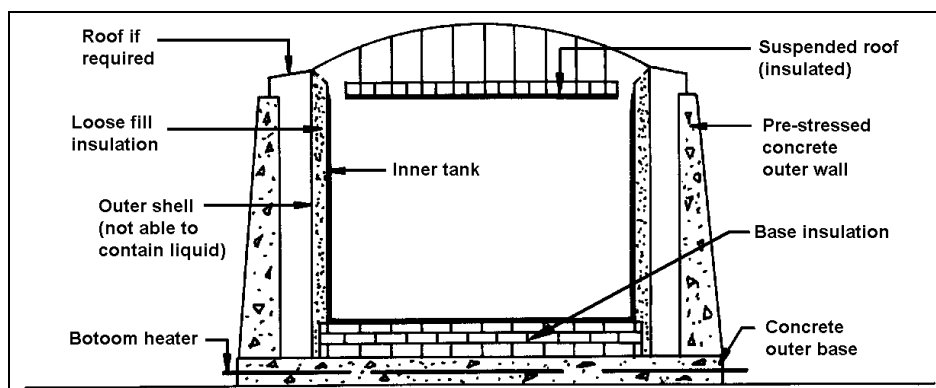


Figure 3.13: Typical example of a double containment refrigerated tank [EEMUA Pub 147]

### *Full containment*

A double wall tank designed and constructed so that both inner and outer tanks are capable of containing the refrigerated liquid (e.g. ammonia) stored. The outer wall is approximately 1 to 2 metres distant from the inner wall. The inner tank stores the refrigerated liquid under normal operating conditions. The outer roof is supported by the outer wall. The outer tank is capable of containing the refrigerated liquid and vapour resulting from product leakage from the inner tank.

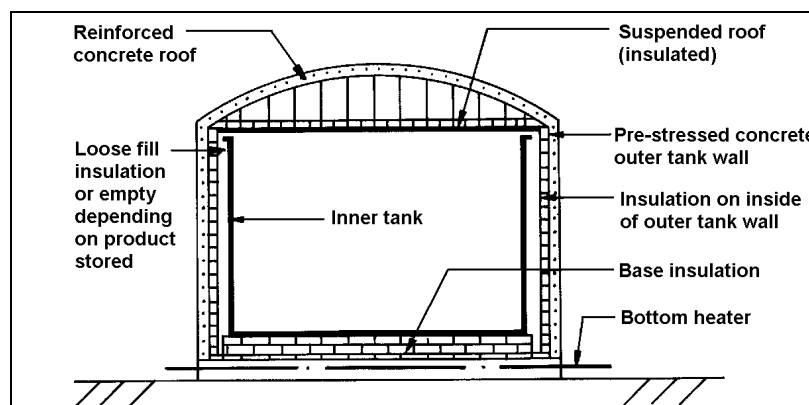


Figure 3.14: Typical example of a full containment refrigerated tank [EEMUA Pub 147]

**B. Relevant tank equipment and other considerations**

		<b>Section</b>
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.30: Cross-references for refrigerated storage tanks**

**C. Possible emission sources (refrigerated storage tanks)**

Table 3.31 and Table 3.32 show the emission scores for the potential emission sources for aboveground refrigerated storage. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

<b>Potential source of emissions to air</b>	<b>Emission frequency</b>	<b>Emission volume</b>	<b>Emission score</b>
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying			N/A
Cleaning	1	2	2
Blanketing	2	1	2
Manual gauging			N/A
Sampling	2	1	2
Fugitive	2	1	2
Draining			N/A

**Table 3.31: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with refrigerated storage [84, TETSP, 2001]**

<b>Potential source of liquid emissions to water or waste</b>	<b>Emission frequency</b>	<b>Emission volume</b>	<b>Emission score</b>
Draining			N/A
Cleaning			N/A
Sampling			N/A

**Table 3.32: Possible liquid emissions to water or waste from ‘operational sources’ with refrigerated storage [84, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overfill and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.



### 3.1.11. Underground horizontal storage tanks

#### A. Description

[18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

Horizontal tanks can be – apart from aboveground – buried or mounded. For details on mounded storage see Section 3.1.8. Underground (buried) storage tanks are often used for the storage of gasoline, diesel and other fuels and typically have a capacity of less than 50 m<sup>3</sup>. They can be made of steel or fiberglass reinforced polymers. See Section 3.1.4 for the general description of atmospheric horizontal tanks. See Section 3.1.5 for the general description of pressurised horizontal tanks.

In addition, underground tanks are protected from corrosion on the outside, for example with cathodic corrosion protection or by insulation, e.g. bitumen. The tanks can be double walled and equipped with a leakage detector, but can also be single walled in combination with a containment. The level of emission control equipment is of course dependent on the substance that is stored.

For underground tanks it is important that the construction proceeds in such a way so as to prevent damage from aboveground activities. When containing combustible substances, the tank is normally completely surrounded by a layer of non-combustible substance that cannot damage the insulating layer, e.g. sand.

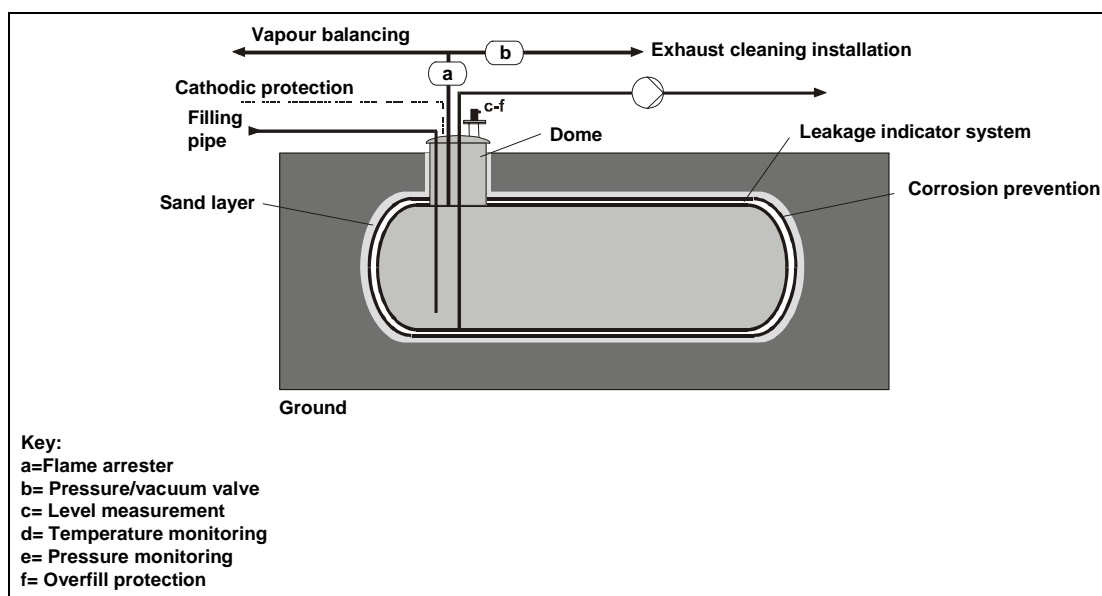


Abbildung 3.15: Underground double wall tank with some emission control equipment installed [18, UBA, 1999]

See Annex 8.6, for a summary of Member State requirements for underground storage in general from reference [132, Arthur D. Little Limited, 2001], a study commissioned by the European Commission on the storage of gasoline containing methyl-tertiary-butyl-ether (MBTE).

## B. Relevant tank equipment and other considerations

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Drains	3.1.12.7.6
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.1.12.7.10
3.1.12 Considerations related to tanks		

Table 3.33: Cross-references for underground horizontal storage tanks

## C. Possible emission sources (underground horizontal storage tanks)

Table 3.34 and Table 3.35 show the emission scores for the potential emission sources for underground horizontal storage tanks. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	2	1	2
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing	3	1	3
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining			N/A

Table 3.34: Possible emissions to air from 'operational sources' with underground horizontal storage  
[84, TETSP, 2001]

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	1	1	1
Cleaning	1	2	2
Sampling			N/A

Table 3.35: Possible liquid emissions to water or waste from 'operational sources' with underground horizontal storage  
[84, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.12. Considerations related to tanks

#### 3.1.12.1. Economics

The costs of designing, constructing and operating storage tanks very much depend upon the type of tank (e.g. EFRT, fixed roof tank), the size of the tank, the design features (e.g. type of foundation, external coating, type of safety and environmental protection measures), the requirements set by the product to be stored (e.g. internal coating, stainless steel versus mild steel, vapour control system), the operating conditions, the required inspection and maintenance activities and, linked to the latter, the envisaged technical lifetime. It is very difficult to give for certain tank types, typical costs in euro per cubic metre of maximum storage volume. It is important, therefore, to focus on the ‘total cost of ownership’ (TCO) of a storage tank, for example by considering all the elements shown in Table 3.38.

Cost elements which are typically considered when determining unit rate cost	Cost elements which are not always considered when determining unit rate cost	Cost elements which are typically not often considered when determining unit rate cost
<ul style="list-style-type: none"> <li>- design</li> <li>- construction and installation</li> <li>- commissioning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- inspection/maintenance</li> <li>- re-design</li> <li>- documentation</li> <li>- operation/handling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- downtime or non-availability due to inspection/maintenance period</li> <li>- training</li> <li>- safety and environmental impact</li> <li>- performance/breakdowns</li> <li>- obsolescence</li> <li>- demolition</li> </ul>

**Table 3.36: Cost elements for storage tanks**  
[113, TETSP, 2001]

#### 3.1.12.2. Design and construction

**Description:** The material of the whole tank should comply with internally recognised standards: EN 14015, API 650, BS 2654, DIN 4119, NEN 3850<sup>1</sup>, CPR9-3, BS 2594 or BS 4994 or any other national or international standard that provides an equivalent level of safety. (See Annex 8.1 International Codes, for an overview of the standards). Furthermore, the constructed facilities, including tanks and foundations, need to be or are usually constructed in such a way that displacements and slopes, which pose a danger to the safety and tightness of the installation, are excluded. The raw materials, production process, dimensions, applied monitoring and quality-proofing of the tanks and all their equipment need to be appropriate for the technical purpose.

The distances between tanks and from the tanks to walls and other construction components are sufficient to allow malfunctions to be detected and fires to be contained. These distances are kept or protective walls are constructed to minimise danger to neighbouring facilities or buildings. For more details on distances, see Section 4.1.2.3.

A summary of important aspects and considerations for the design and construction requirements of tanks are given below.

#### A. Benefits of a proper design

Most technical measures, related to the reduction or elimination of the consequences of ‘abnormal’ conditions are taken at the design stage. The risks resulting from a loss of containment are assessed at this stage and technical safety measures are defined accordingly. In essence, the best industrial knowledge about the substance to be stored is used at this phase to

<sup>1</sup> In cases when the liquid stored has a specific gravity  $\leq 1$  and the pressure above the liquid is more or less equal to atmospheric pressure.

select suitable technical storage options based on either some kind of risk analysis or ‘cost to benefit’ analysis. Defining and implementing the safety measures at the design phase is undoubtedly the best and cheapest option. The efficiency of the safety measures also need to be maintained over time. This can only be ensured by carrying out regular checks on the operation of safety devices e.g. relief valves, interlocks, on/off valves, etc. The management system should be organised in such a way that these check-ups can be dealt with properly.

At first the designer should consider the level of appropriate operational measures to be followed by the operators. Operational measures, e.g. clear instructions given to the operators, are the primary requirements for preventing overfills, overpressure and/or leakage. A few examples demonstrate how efficient these operational measures can be:

- instruments used for controlling the normal operation of the storage system, such as level or pressure indicators, inform the operator when a process parameter is at risk of exceeding its pre-set limit. The operator will then be able to react quickly
- during regular inspections, the operators are able to react after observation of parameters exceeding their pre-set limits (e.g. vibration of a pipe, noise of a pump, unusual odour). They can then check for leaks and can detect small leaks before they result in uncontrolled releases, etc.
- whilst a vessel which is not equipped with level instrumentation and/or alarms is being loaded, the presence of the operator prevents overfilling.

The efficiency of these measures needs to be maintained. This is – amongst others – the role of the management systems, which normally facilitates:

- regular training of the operators
- updating of the operating instructions
- calibration of instruments on a regular basis.

Environmental inspections of the storage facility must be considered at this stage. These play a major role in determining possible emission sources. Regular checks should be performed to ensure that the emissions remain within the permitted limits. Moreover they can inform the operator when the performance is becoming unacceptable. For more details see Section 4.1.2.2.

Carrying out mechanical inspections of the storage facility can play a key role in the prevention of incidents. The basis of an inspection plan is usually drawn up at the design stage with the selection of the components. In general these components, or the total storage facility itself, will be based on experience with:

- the substance
- the component
- the component/substance combination.

Examples are:

- suitability of construction materials and of proven assembly (e.g. welding) procedures
- selection of equipment manufacturers
- proper specification of equipment such as pumps, valves, instruments and gaskets
- site layouts, e.g. checking easy access to equipment.

The management system carries the responsibility of the inspection plan. This inspection plan aims to fix rules in order to define inspection frequencies, acceptance criteria of defects etc.

## B. Design requirements

Design requirements depend on the following aspects (not shown in any order of importance):

- purpose of the storage tank(s), e.g. is the tank part of a manufacturing process or is the tank a standalone unit providing storage space for short or a longer term
- other requirements set by the owner/operator and/or customer (e.g. storage volume, accessibility, optimal inspection intervals during the operating period by the choice of 'better' materials or by adding corrosion allowances on design thickness of components, type of mixer, etc.)
- national codes and guidelines, together with more specific local legislative requirements, (e.g. fire regulations, the minimum distances between tanks, etc.)
- type of products to be stored and the corresponding (appropriate) storage condition (i.e. atmospheric, pressurised or refrigerated condition)
- vapour pressure of the product, which determines the need for atmospheric or low pressure rated storage, e.g. an EFRT or FRT, or pressurised storage
- both safety (systems and type of instrumentation) and environmental requirements (emission controls)
- requirements determining the location, e.g. other facilities in the neighbourhood (safety distances), distance to the jetty or truck loading racks, distance to facilities or residential areas outside the boundary fence, etc.
- specific design requirements predicted by climatic conditions or specific soil conditions.

Determining the correct design in general should also include a consideration of the foundation type and bearing capacity of the underlying soil. Bearing capacity aspects normally include the settlement potential, taking account of the effects of cyclic loading due to the tank being successively filled and emptied. Large, uneven settlements can cause excessive ovaling of floating roof tank shells which can cause the roof to jam, reducing safety and leading to additional air emissions.

## C. Construction requirements

Construction requirements depend on the following aspects, but are not limited to:

- type and size of the tank
- selected tank material (e.g. mild steel, stainless steel, aluminium, or synthetic materials)
- number of appendages and fittings, extent of automated operations by means of instruments
- location of the tank within a specific location (e.g. accessibility, level of safety precautions/distances, available working time)
- allowable construction time
- availability of construction expertise at the site (e.g. type of tank erection method)
- availability of construction equipment at the location (e.g. cranes)
- requirements set by the (local) authorities, e.g. building permits, local building codes, etc.

## D. Codes, standards and guidelines

Some examples of international codes, standards and guidelines are given below. For a more complete overview, see Annex 8.1 International Codes.

Aboveground storage: EN 14015, API 650, API 652, DIN 4119, BS 2654, EEMUA 180, EEMUA 183, EMC 1980, CODRES 1991, CPR 9-2/3.

Underground storage: API 1615, ASTM D4021-92, DIN 6600, DIN EN 976, BS EN 976, AFNOR NF EN 976, CPR 9-1.

Pressurised storage: ASME Section II, ASME Code Cases: BPV, BS PD 5500, PD 6497, EEMUA 190, CODAP 95, Rules for Pressure Vessels (Dutch code).

Refrigerated storage: EN 14620, API 620, NFPA 57, NFPA 59, BS 7777, EEMUA 147, IP Model Code of Safe Practice Volume 1-Part 9, CPR 13.

### **3.1.12.3. Commissioning**

[113, TETSP, 2001]

Commissioning or re-commissioning after a tank turn-around requires a full inspection to be undertaken, both inside and outside the tank, to ensure any mechanical and electrical work has been completed and that all equipment is safe. This inspection will cover at least the following:

- foundations, bund walls, floors and drainage systems
- all electrical bonding and earthing, cathodic protection and electrical fittings
- ladders, walkways, and railings
- emission control measures
- any mixers, vents and pressure/vacuum relief valves
- instrumentation including level and temperature gauges and all alarms
- all suction, discharge and drainage valves
- fire fighting systems, including foam injection
- safety systems.

Before operation, all tools, debris and waste materials need to be removed from the tank, both internally and externally, with all the valves (with the exception of the roof drain valve on EFRTs) left in the closed position. All roof fittings are also in a closed position. Normally a final inspection of the inside is made before closure of the access hatch.

### **3.1.12.4. Management**

[113, TETSP, 2001]

The main operations to be considered in this document are those likely to create a release of material from the tank and these are described in Figure 3.1.

These operations can be sorted into routine operations (e.g. filling, emptying, level gauging, sampling, etc.) and non-routine operations prior to maintenance and inspection. The management systems have to cope with both types, but the means are different; instrumented control systems often assist the operators when they deal with routine operations, while non-routine operations are often performed manually, following special operating instructions.

### **3.1.12.5. Operation**

[113, TETSP, 2001]

Operation of a tank means the normal utilisation of that tank to store liquids or liquefied gases and the main activities which permit its safe use (e.g. management, maintenance, inspection, etc.). The measures to ensure the proper operation of tanks are described in Section 4.1.2.

**3.1.12.6. Decommissioning and demolition**

[37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001]

***Decommissioning***

In decommissioning, tanks which are to be taken out of service are made safe. The method will vary with the location of the tank, the product it has contained and whether it is to be taken out of use permanently or only temporarily. Common practice is that a risk assessment is carried out at the planning stage to identify any hazards that decommissioning may incur. The preliminary steps in the decommissioning process (which apply also to pipework) are:

- isolation of the tanks from any process, plant or storage vessel by either removing pipe sections or fitting spade pieces. Shut-off valves by themselves are not adequate
- emptying the tanks as much as possible
- opening access hatches to assist venting.

Tanks which are being decommissioned permanently are made safe by thorough cleaning and gas freeing. Any entry points (access hatches, etc) should be physically closed or barred to prevent unauthorised access. Alternatively large door sections of the tank shell can be removed to make the development of an unsafe atmosphere impossible. Tanks that are being decommissioned temporarily are made safe by thorough cleaning as above or by filling with water or an inert gas such as nitrogen. If inert gas is used, the tank is labelled to make it clear that it contains a gas which could cause suffocation if the tank is entered. As above, any entry points should be physically closed. Regular inspection ensures that the tanks remain in a safe condition. Carbon steel tanks which have been filled with water for some time will be subject to internal corrosion; when emptied of water the inner surface of the tank will rapidly rust (oxidise) resulting in dangerous oxygen depletion of the tank atmosphere.

In several Member States, the work needs to be covered by a permit-to-work or similar authorisation procedure. Such a permit specifies:

- the area to which the permit applies
- the work to be undertaken and the method to be used
- the time limit on the permit
- the precautions to ensure that all flammable materials have been removed and cannot be accidentally reintroduced.

***Demolition***

The demolition of tanks that have contained flammable or other hazardous liquids is potentially (very) dangerous. Hot work might cause an explosion if it is undertaken before the tanks and pipework have been adequately drained and cleaned. Tanks that have contained flammable liquids need special preparation to remove flammable vapours or associated liquids and sludges. Residues that can emit flammable vapours when heated may be present on the walls and underside of the roof. It may, at times, even be advisable to use a special tank demolition company with the relevant expertise and equipment.

**3.1.12.7. Tank equipment**

[67, Rentz et al, 1998]

The following equipment may be installed on a storage tank, depending upon the mode for which it is designed: vents, access hatches, gauge float wells, gauge-hatches/sample wells, rim vents, roof drains, roof legs, unslotted guidepole wells, slotted guidepole/sample wells and vacuum breakers. These fittings accommodate the structural support or provide certain operational functions. They can be a source of emissions to air because they require penetrations in the roof.



As an example, fittings for external floating roofs include: access hatches, guidepole wells, roof legs, vacuum breakers, and automatic gauge float wells.

### 3.1.12.7.1. Vents

[113, TETSP, 2001] [41, Concawe, 1999] [84, TETSP, 2001] [3, CPR, 1984, 37, HSE, 1998]

Normal relief can be provided by the following types of vents, depending on the type of tank:

#### *Open vents*

Storage tanks which operate purely at atmospheric pressure (i.e. without pressure or vacuum conditions existing in the tank) are equipped with open roof vents. These air vents cannot be shut. The open air vents are designed to ensure that under the conditions of the highest vapour flow (i.e. when the supply pumps are operating at maximum capacity and ambient conditions simultaneously produce maximum rates of breathing) no dangerous under- or overpressure can occur.

#### *Pressure/vacuum relief valves (PVRVs)*

Pressure relief valves prevent excessive pressure build-up, and vacuum valves prevent the tank collapsing due to a negative pressure in the tank. These functions may be combined in a pressure/vacuum relief valve (PVRV), also known as a breather valve. In the standard BS 2654 (International Codes), these valves are recommended for use on atmospheric fixed roof tanks in which a product with a flashpoint below 38 °C is stored and for use on tanks containing a product that is heated above its flashpoint. Table 3.8 shows the three basic types of fixed roof tanks, together with their pressure and vacuum design ratings.

Liquefied gas tanks are always fitted with pressure relief valves. In certain designs, for example in the case of refrigerated tanks, vacuum relief valves are also fitted. These valves protect the tank against pressure excursions due to process malfunctions or fire conditions.

#### *Bleeder vents*

Floating roof tanks can be fitted with automatic bleeder vents (also called vacuum breakers) to release air and vapour from under the floating roof during initial filling, and to allow in breathing if the tank is emptied so that the roof lands on its legs. Normally they open automatically before the roof lands on its legs, thus stopping vacuum conditions arising, but under normal circumstances these vents are closed. The size of the bleeder vent/vacuum breaker is based on the product (and hence vapour) flowrate when filling the tank. It is important to have the bleeder vent pipe supports, which open the vent valve, designed in a similar way to the roof support legs, i.e. to have an operational and a maintenance setting. The change of roof support leg adjustment should always include a similar change to the bleeder vent support setting to prevent malfunction of the whole system.

#### *Rim seal vents*

On external floating roof tanks a rim seal vent is required for seals that have a 'vapour space' under the primary rim seal, for example vapour mounted seals and the mechanical shoe type seals. The liquid mounted seals do not require a rim vent. The main function of the rim vent is to allow pockets of vapour, which become pressurised, to escape from under the rim seal to the atmosphere. Vapour pockets can form under the floating roof deck and then find their way into the rim space. Overpressure inside the rim space may damage the rim seal material and hence reduce the efficiency of the seal.

Emergency relief may be provided by:

- larger or additional vents
- access hatches or hatch covers which lift under abnormal internal pressure
- purpose-built relief devices, e.g. on pressurised tanks.

Another possible option is that tanks with a fixed roof containing flammable liquids, can be constructed in such a way that, in the event of an explosion, the roof will tear at the top of the tank. The weld between the roof and the tank-wall is, therefore, weaker than the weld between the bottom and the tank-wall.

#### **3.1.12.7.2. Gauging and sample hatches**

Products in atmospheric storage tanks are usually dipped or ullaged from a gauging or still well. The gauge measures parameters such as: height, mass, temperature, density and/or pressure. To prevent emissions to air the gauge or still well is closed with a lid during normal circumstances. Self-closing foot-operated hatches that are vapour tight are commonplace. Automatic gauging is possible and has the advantage over manual dipping that it allows determination of the quantity of liquid without opening the tank.

Dipsticks are potential sources of ignition in that they may produce frictional heating, sparking or static electricity. Normally they are made of non-sparking alloys and are earthed as described, e.g. in BS 5958 (see Annex 8.1 International Codes). Dip tapes may be an alternative to measure depth.

For an EFRT, access to the roof itself during operation is not recommended without breathing apparatus and assistance.

#### **3.1.12.7.3. Still wells and guide poles**

[114, UBA, 2001] [41, Concawe, 1999]

Still wells and guide poles are installed to:

- enable access for measuring the liquid level
- enable access for measuring the temperature of the liquid
- enable access for sampling the liquid
- prevent the roof from rotating.

For an EFRT at least one still well is recommended. If two are used, (one for the automatic level gauge, and another for manual dipping) they are normally adjacent and fixed to the tank (preferably to the floor) in the same way. If manual and automatic gauging are carried out from the same still well, then a method of winding the automatic gauge out of the way is necessary to allow safe sampling and gauging and to minimise the likelihood of spillage.

#### **3.1.12.7.4. Instrumentation**

[41, Concawe, 1999] [18, UBA, 1999] [3, CPR, 1984] [113, TETSP, 2001]

Local or remote instrumentation should be in accordance with appropriate standards; the Institute of Petroleum (IP) Petroleum Measurement Manual and IP Electrical Safety Code will provide specific advice, as well as other codes, standards and guidelines in this field; see Annex 8.1 – International Codes.

#### ***Level control and overfill protection***

During filling procedures, usually it is insufficient to control and record only the filling level. Because there is a danger of overfilling and consequent soil and water pollution, storage tanks can be equipped with overfill protection so that filling procedures can be interrupted automatically before the maximum authorised level of liquid is reached. Where the filling procedure is not carried out automatically, e.g. when it is carried out manually, the tank is normally equipped with an alarm to indicate when the maximum authorised level of liquid is reached. When the alarm goes off, personnel can stop the filling procedure in time.

### ***Flame arrester***

Atmospheric storage tanks containing volatile products may have a flammable atmosphere above the liquid. To prevent these vapours being ignited by an external source (e.g. lightning) open (air) vents can be fitted with flame arresters. However, these can become partially or fully blocked (e.g. by ice, dirt, polymerised product, wax, etc.). As the open vent is designed and fitted to prevent the tank becoming either over- or under-pressurised, the installation of these arresters can compromise the tank integrity unless they are regularly inspected and maintained.

Pressure relief valves are normally designed so that the vapour flow out of the valve exceeds the flame propagation speed in the vapour, thus preventing flame ingress into the tank. Due to the problems of blockage with flame arresters described above, these are not normally fitted in series with PVRVs – see API 650 (Annex 8.1 – International Codes).

### ***Leak and gas detection***

Instruments and/or analysers are used to detect liquid and/or gaseous leaks and spillages. A particular case is the verification of the safe working level of contamination in vessels before internal maintenance. The following is a non-exhaustive list of some typical techniques used:

- gas leaks can be detected by explosimeters, general purpose organic vapours analysers (OVA) or specific gas analysers
- liquid leaks can be detected in the spillage collection systems. Level or interface level sensors can be used for insoluble organics, while pH meters and conductivity meters can be used when, for example, acids or bases are handled.

#### **3.1.12.7.5. Access hatches**

[41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

For aboveground vertical atmospheric tanks, access hatches at the base of the tank allow access during a shut-down of the tank and to fulfil gas freeing of the tank. This is also the access route where any solids left in the tank are removed during cleaning operations. For safety reasons, tanks greater than 25 metres in diameter require at least two access hatches.

An access hatch is also usually provided for horizontal tanks (both atmospheric and pressurised) on the top of the tank.

#### **3.1.12.7.6. Drains**

[41, Concawe, 1999] [37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001] [3, CPR, 1984]

For atmospheric tanks, a drain allows the removal of water that may accumulate at the base of the tank. This is best achieved by an internal water draw-off sump and line leading to an external, valved outlet. In the case of flammable liquids it is common practice to blank off the valves when not in use. Strict operational control is required to prevent accidental draining of the tank contents due to leaving the valve open after starting to drain water.

An EFRT requires a second type of drain. This is to provide drainage for the roof to cater for rainwater. The water is drained via an internal articulated pipe or flexible hose with a valve at the end, at the base of the tank. A non-return valve near the roof end is recommended to prevent any leakage into the drain from the product reaching the roof and evaporating. Normally the roof drain at the base is closed to prevent any product leakage. However, this must be complemented by a programme of regular draining, particularly during or after rainstorms, otherwise there is a potential serious risk of sinking the roof and causing substantial emissions. Reference, [3, CPR, 1984] however, states that the drain should always be opened. In this case leakage of the product into the roof drain line would result in a spill.

For pressurised storage tanks, the drain systems are normally provided with two manual shut-off ball valves that are separated by at least 600 mm of adequately supported piping with a fall towards the outlet. The two drain valves are positioned to enable simultaneous operation of both valves by a single operator. The downstream valve is normally a quick-acting spring-loaded type (spring to close) valve that will operate as a dead man's handle. The drain outlet point can be lined up to a vapour treatment (i.e. thermal oxidiser) via a vapour knock out vessel.

#### **3.1.12.7.7. Mixers**

[41, Concawe, 1999]

Mixers are used in blending tanks and also to prevent the accumulation of solids and sludges in the tank bases. They are normally capable of being maintained without the need to shut down the tank. Consideration could be given to the installation of warning devices to indicate failures of bearings or mechanical seals, especially where the operation is unattended for long periods. This will ensure action can be taken quickly for a problem that could escalate into a safety or environmental incident.

#### **3.1.12.7.8. Heating systems**

[3, CPR, 1984] [37, HSE, 1998] [113, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999]

For the heating of the products stored in tanks (e.g. to ease pumping for reasons of viscosity), pipework is installed inside the tank through which steam, heated water or heated oil is pumped for heat exchange. Standards for the construction of heated tanks and their associated heating equipment are, e.g. BS 799, BS 5410 or BS 806 (See Annex 8.1 International Codes).

Normally the outlet pipe is located above the heating coil or element to prevent exposure of any internal heated surface or any temperature control sensor. A second drain pipe is fitted at a lower level so that the tank can be completely emptied when necessary. A locked closed valve or a blank flange will prevent this drain pipe from being used during normal operations. An alternative is to fit a low liquid level alarm linked to a heater cut-out or an alarm to identify important changes. In any event, a heating system can be equipped with different levels of instrumentation, dependent upon product specifications and operational requirements.

The temperature and/or the pressure of the product stored are monitored when it is necessary because of operating conditions or characteristics of the substances, e.g. with heated tanks or if gas blanketing is required.

#### **3.1.12.7.9. Sealing elements**

[149, ESA, 2004]

The primary purpose of a seal is to contain the liquid or liquefied gases and prevent or reduce emissions. A significant proportion of fugitive emissions are losses from unsealed sources, including storage tanks, open-ended (non blanketed) lines, pressure-relief valves, vents, flares, blow-down systems and spills. In other cases, these losses may be caused by leaks in the sealing elements of particular items of equipment, such as:

- agitators/mixers
- compressors
- flanges
- pumps
- tank lids
- valves.

Some important causes of leaking losses are:

- ill-fitting internal or external sealing elements
- installation or construction faults
- wear and tear
- equipment failure
- pollution of the sealing element
- incorrect process conditions.

### **3.1.12.7.10. Valves**

Valves are part of both the tank and the transfer system. They are described in Section 3.2.2.6.

## **3.1.13. Containers and the storage of containers**

### **A. Description**

[7, CPR, 1992, 36, HSE, 1998, 116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001]

Containers are classed as:

- glass bottles up to 5 litres
- plastic bottles or drums up to 60 litres
- metal canisters up to 25 litres
- steel or GRP (glass-fibre reinforced polyester) drums up to 300 litres
- paper (solids only) or plastic bags
- intermediate bulk containers (IBC).

The material of the container must be perfectly compatible with the chemico-physical properties of the liquid to ensure that no interaction occurs which might cause a reaction or leakage. In International Codes, the most important codes are listed. For dangerous substances the containers must be of an appropriate UN performance tested type. For liquid substances, to avoid product dispersion, it is mandatory to respect a filling percentage of the container depending on the characteristics of the products. The containers need to be robust and have well-fitting lids or tops to resist spillage if knocked over.

Several types of containers are normally used to transport and store chemical products:

#### ***Glass containers***

Glass bottles do not normally exceed a capacity of 5 litres and often do not exceed a capacity of 2.5 litres. In most cases glass bottles are intended for immediate use e.g. in a laboratory.

#### ***Drums***

These are, normally, cylindrical containers with a flat top and bottom. However, the shape depends on the product that is stored. The drums can be made of steel, plastic, wood, cardboard or other materials.

#### ***Plastic composite containers***

These types of containers are made of an internal plastic container and an external (cardboard, wood, etc.) package. Once put together, they cannot be re-divided.

#### ***Composite containers***

This type of containers is made of an internal glass, porcelain or earthenware container and an external (cardboard, wood, etc.) package. After implementation this kind of container cannot be re-divided. Most of these containers can be 'reconditioned' if the used containers have been checked under official procedures.

**Big containers (IBCs)**

These types of containers can have different shapes, sizes and capacities, but with the following upper capacity limits:

- 3 m<sup>3</sup> for hard IBCs
- 1.5 m<sup>3</sup> for flexible IBCs.

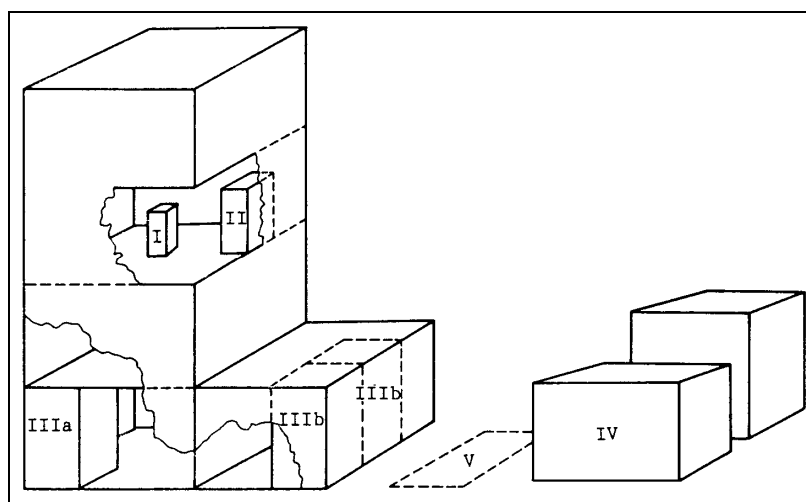
IBCs commonly used are:

- metallic IBCs: completely made of metallic material, i.e. both the container and the ancillary equipment.
- flexible IBCs: made of textile, film or other flexible material, (eventually also composite material) and ancillary equipment.
- hard plastic IBCs: have hard plastic bodies, with or without a skeleton for the mechanical support and ancillary equipment.

Containers can, of course, be used to store all kinds of materials in all different types of industries. In this section only the storage by containers of dangerous materials is considered.

Figure 3.16 shows that containers with dangerous materials can be stored in (I) loose cabinets, (II) fitted cabinets, (IIIa) storage cells in a multistorey building, (IIIb) storage cells in a single-storey building in (IV) storage buildings and in (V) storage yards. Cabinets are very small units and are not further described. The latter three are described in the following sections.

Even more important than a proper storage facility concerning dangerous materials is the determination whether compartmenting is necessary. In principle, each category of dangerous material shall be stored separately from other dangerous materials. Compatible and incompatible combinations of dangerous materials are shown in Annex 8.3.



**Figure 3.16: Possible locations for the storage of dangerous materials in containers**  
[7, CPR, 1992]

**B. Possible emission sources (containers)**

Operational losses do not occur in storing packaged dangerous materials. The only possible emissions are from incidents and (major) accidents. These emissions are addressed in Chapter 4.

### **3.1.13.1. Storage cells**

#### **A. Description**

[7, CPR, 1992, 36, HSE, 1998]

A storage cell containing hazardous materials in containers will normally be located on the ground floor. A storage cell in a multistorey building will normally not contain more than 500 litres of hazardous materials, where one in a single-storey building will normally contain a maximum of 2500 litres of dangerous materials. When the storage cell has direct access to a workroom in which activities constituting a fire hazard usually take place, the cell is fitted with a self-closing door. A storage cell may contain a fitted or loose cabinet for separately storing hazardous materials (compartmenting) that may react with other stored substances to produce dangerous gases or fumes or which may cause hazardous situations such as explosions, the spray-release of dangerous materials or excessive heat.

#### **B. Possible emission sources (storage cells)**

Operational losses do not occur in storing packaged dangerous materials. The only possible emissions are from incidents and (major) accidents. These emissions are addressed in Chapter 4.

### **3.1.13.2. Storage buildings**

#### **A. Description**

[HSE, 1998 #35; CPR, 1991 #8; CPR, 1992 #7, [43, Austria, 1991, 45, Vlaanderen, ] [117, Verband Chemiehandel, 1997, 127, Agrar, 2001]

Storage buildings are used for storing all kinds of substances, from drums with flammable liquids, cylinders with pressurised gas, to packaged products such as chemicals and pesticides or chemical wastes awaiting disposal. They can be a standalone building or be part of another building.

Good design and construction of storage buildings containing dangerous materials focuses on events such as fire, explosion and releases of dangerous substances, in particular to prevent or control them as much as possible. Also good management practices and operational procedures are important; these are described in Chapter 4.

Between MSs many different standards for fire resistance, compartment size and also means of escape and assistance to the fire brigade concerning storage buildings exist. The differences in these standards are related to issues such as, how much and which dangerous materials are stored. This means that the descriptions of storage buildings given in this section are general and thus serve only as some examples.

Normally storage buildings are constructed of non-combustible materials, however, not always. The degree of fire-resistance offered by the building determines the minimum distances from boundaries and other buildings that need to be observed. With a sufficient degree of fire-resistance the storage building can also be part of another establishment.

Compartmenting the spaces intended for storing dangerous materials separately can be carried out by means of utilising partition walls or by incorporating a storage-free zone. Some warehouses have an inbuilt store within the main warehouse. This interior store can be used to store particular hazardous materials, for example highly flammable liquids and gases, or peroxides. Compatible and incompatible combinations of hazardous materials are shown in Annex 8.3.



The floor(s) of the building is usually made of non-combustible material, is liquid-tight and will be resistant to the stored substances.

The roof of the building is resistant to wind-blown fires, with the roof structure being of a fire-resistant construction to prevent fire coming into the store. The degree of fire-resistance depends on different factors such as, how close the store is to the border or other buildings and the type of substances stored.

A storage building is normally equipped with adequate ventilation to prevent an explosive mixture forming because of, e.g. leakage and to extract any harmful or unpleasant fumes.

The use of electrical equipment can generate sparks that might ignite a fire in the storage building, therefore it is important to use explosion-protected electrical equipment. However, proper earthing of the steel structure will usually suffice in most cases.

The level of fire prevention and fire-fighting measures depend on many factors, such as the flammability of the stored substances, the flammability of the packaging and the quantity stored. If a fire breaks out in a storage facility, part of the stored substances may be released. As, when polluted extinguishant is produced, provisions are normally taken to prevent these materials from entering the soil, sewerage systems or surface water. Systems for collecting the extinguishant can be constructed in several ways, see Section 4.1.7.5 for more detailed information. The capacity of the collection system depends on the type and amount of substances stored and is described in further detail in Section 4.1.7.5..

#### **B. Possible emission sources (storage buildings)**

Operational losses do not occur in storing packaged dangerous materials. The only possible emissions are from incidents and (major) accidents. These emissions are addressed in Chapter 4.

#### **3.1.13.3. Outside storage (storage yards)**

##### **A: Description**

[7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998]

In principle, measures and provisions for storing dangerous (packaged) materials outside do not differ from those for storage inside a building (see Section 3.1.13.2). The amount and type of substances stored determines the minimum distances from boundaries and buildings to be observed. To protect the storage from direct sunlight and rain, the storage may be equipped with a roof.

The collecting provisions normally applied for spilled substances and the eventually occurring extinguishant are the same as those applied in storage buildings and are described in Section 3.1.13.2. When the storage is not covered with a roof, provisions for the controlled discharge of (possibly polluted) rainwater are normally in place.

The level of fire prevention and fire-fighting measures depend on many factors, such as the flammability of the stored substances, the flammability of the packaging and the quantity stored.

#### **B. Possible emission sources (storage yards)**

Operational losses do not occur in storing packaged dangerous materials. The only possible emissions are from incidents and (major) accidents. These emissions are addressed in Chapter 4.

### 3.1.14. Basins and lagoons

#### A. Description

[113, TETSP, 2001]

Basins and lagoons are used in industry and in agriculture. In industry, they are most commonly used to hold water of all types, including cooling and fire-fighting water, untreated waste water and treated water. They can also be used to hold brine. In agriculture, they are widely used for storing and treating manure and silage. They are not used for volatile petroleum products or chemicals.

The distinction between basins and lagoons is not strictly defined and the terms are often interchanged. Other terms, such as pond, are also used for this storage mode. There are two types: naturally occurring and man-made.

The size and shape of a basin or lagoon is a site-specific issue. Rectangular basins of length to width ratios of 3:1 or less are typical. Depths are again site-specific but are typically in the range of 2 to 6 metres.

**Construction:** Where the site topography and the ground and soil are suitable, earth-banked containment basins or lagoons can provide cost effective storage for non-hazardous substances such as firewater or treated waste water. Lagoons may be constructed either above or below the surrounding ground level with the formation level often being determined by the economic advantages of balancing cut and fill. (See Pollution Prevention Guidance 18 Note published by the Environment Agency, UK).

Where groundwater pollution is seen to be a risk, the lagoon should be substantially impermeable, with either a clay or a synthetic membrane liner or a concrete layer being applied.

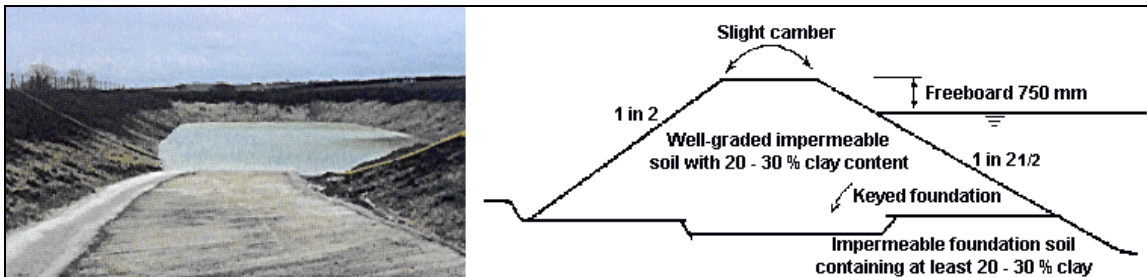


Abbildung 3.17: Example of an earth-banked slurry store and design features

#### B. Possible emission sources (basins and lagoons)

Table 3.37 and Table 3.38 show the emission scores for the potential emission sources for basins and lagoons. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Standing	3	3	9
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing			N/A
Manual gauging			N/A
Sampling			N/A
Fugitive			N/A
Draining			N/A

**Table 3.37: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with basins and lagoons [87, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.38: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with basins and lagoons [87, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.1.15. Mined caverns (atmospheric)

See Section 3.1.16 for details on pressurised mined caverns and Section 3.1.17 for salt leached caverns. The following general description applies to atmospheric as well as pressurised mined caverns. It is important to note that most mined caverns are of the pressurised type. [150, Geostock, 2002]

In building a rock mined cavern, there are three main factors to be taken into account:

1. the hydrocarbon product stored must be lighter than water
2. the bedrock must be sufficiently hard and homogenous
3. rock mined caverns must be excavated below the groundwater level to a depth where the groundwater pressure around the cavern is higher than any pressure inside the cavern.

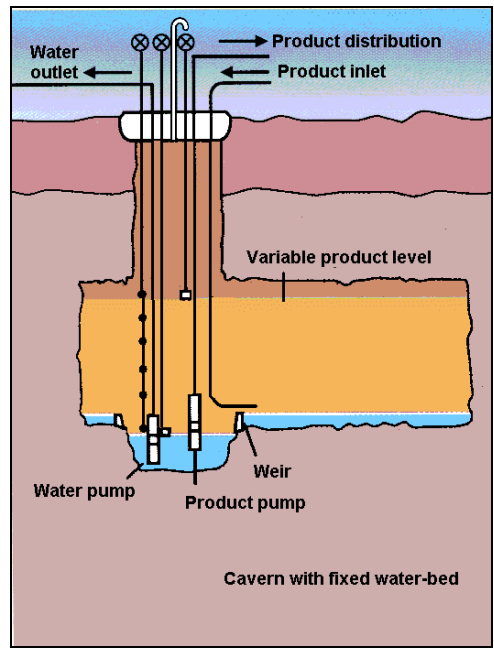
The difference in specific gravity between the hydrocarbon product stored and water, together with the location of the caverns deep enough below the groundwater table, ensure that the hydrostatic pressure of the groundwater surrounding the rock cavern is greater than that of the stored hydrocarbon, thus preventing the liquid and gas from escaping. Seepage water, entering the cavern through fractures and joints in the rock mass, collects in the water-bed and is pumped out. There are several alternative varieties of acceptable bedrock, including intrusive rocks, metamorphic rocks, limestone, certain sedimentary rocks and even in some cases volcanic rocks. [81, Neste Engineering, 1996]

**A. Description** [81, Neste Engineering, 1996]

There are two main types of mined cavern storage principles:

***Caverns with a fixed waterbed***

A layer of water, usually less than a metre deep, is maintained at the bottom of the cavern. The water level is kept constant with a pump pit weir. Caverns built on the fixed waterbed principle can store, for example, crude oil, LPG, gasoline, diesel fuel, light fuel oil and heavy fuel oil. See Figure 3.18.

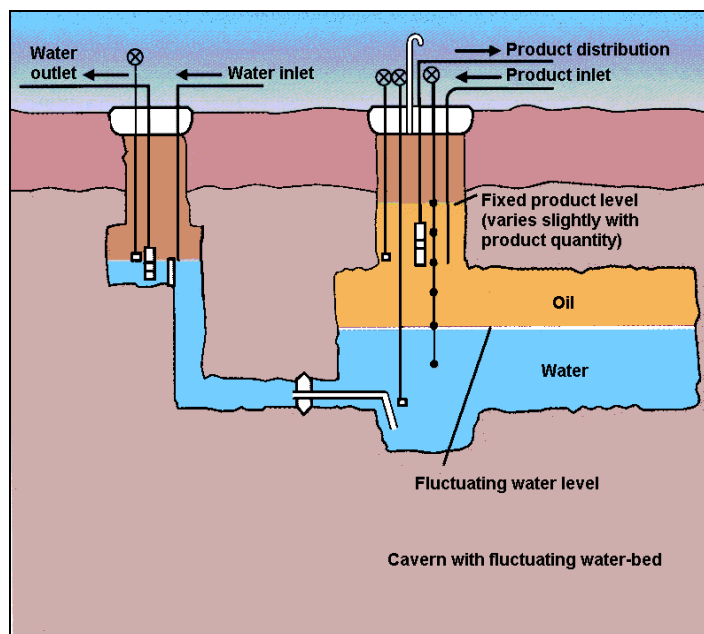


**Figure 3.18: Schematic of a cavern with a fixed waterbed**  
[81, Neste Engineering, 1996]

***Caverns with a fluctuating waterbed***

In this type of rock cavern, the level of the hydrocarbon product stored is kept at a nearly constant height by varying the depth of the water layer. The cavern is always full and the amount of water is at a minimum when the hydrocarbon product totally fills the cavern. Conversely, when there is no hydrocarbon product in the cavern, it is full of water. See Figure 3.19.

Caverns constructed with a fluctuating waterbed are used, for example, for storing gasoline. Heavy oils to be stored at elevated temperatures, and other hydrocarbon products requiring great outlet pumping capacity, are stored in caverns utilising a dry pump room at the bottom level of one or more of the caverns.

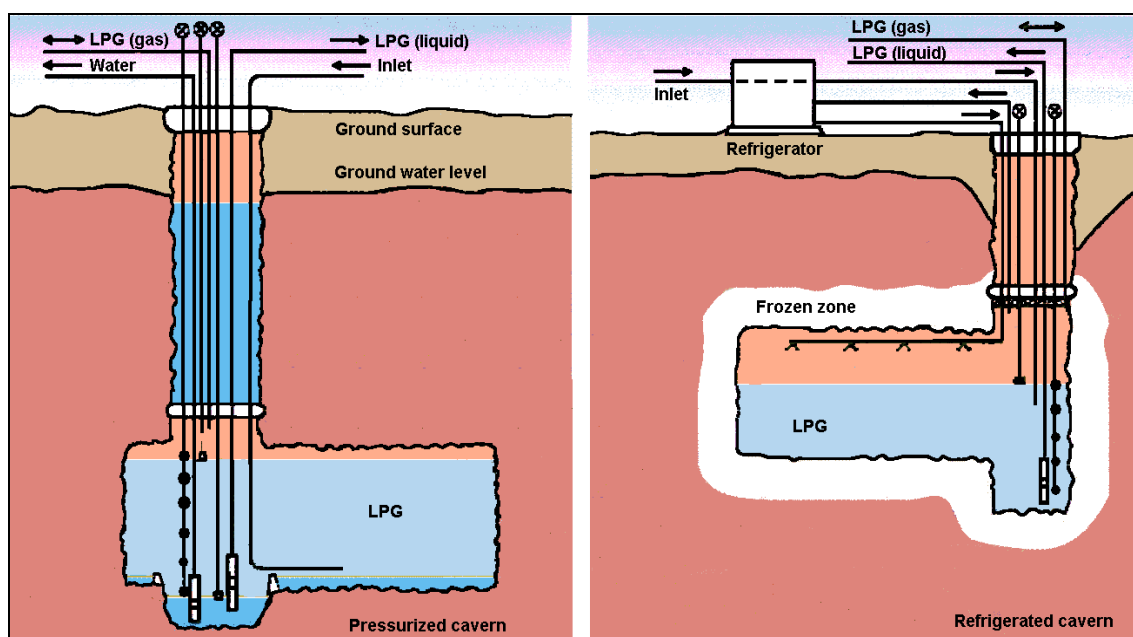


**Figure 3.19: Schematic of a cavern with a fluctuating waterbed**  
[81, Neste Engineering, 1996]

Typical volumes of this type of cavern range from 50000 to 580000 m<sup>3</sup>. However, regional LPG pressurised mined cavern storages can be as small as 8000 m<sup>3</sup>, as for example the LPG Sennecey storage in France; see Section 3.1.16.

The Porvoo Refinery in Finland uses caverns of the fixed waterbed type because they need less water and thus less water treatment.

The depth at which a cavern is situated differs according to the presence of suitable rock and the hydrocarbon product stored. Typical depths range from 40 to 170 metres. At the Porvoo Refinery, for example, a pressurised cavern containing LPG is situated 140 metres below the groundwater level, see Figure 3.20.



**Figure 3.20: Schematics of a pressurised cavern and a refrigerated cavern for the storage of LPG**  
[81, Neste Engineering, 1996]

### **Construction**

[81, Neste Engineering, 1996, 150, Geostock, 2002]

The construction of economically viable rock caverns is highly dependent on favourable rock and groundwater conditions. Site studies are made to determine rock quality, solidity, discontinuities, direction of schistosity and other valuable information. These are collected and analysed in order to establish excavation plans. The bedrock structure is studied by means of outcrop mapping, seismic refraction soundings, percussion drilling and diamond core drilling. It is also good working practice to measure the initial stress of the bedrock and to carry out hydrocarbon product/rock compatibility tests at this stage. Groundwater conditions are studied by well observations and pumping tests. After this study, the exact location and the longitudinal direction of the caverns can be chosen.

### **Economics**

[81, Neste Engineering, 1996]

The major factors affecting construction costs are:

- the quality of the bedrock
- the groundwater conditions
- the size and dimensions of storage caverns
- the number of storage units and the total volume of the project
- the type of hydrocarbon product to be stored and the method of storage
- the amount of reinforcing and grouting needed
- requirements for purifying seepage water and the need to replace groundwater
- design loads of concrete structures
- types of inlet and discharge facilities
- the equipment and degree of automatic and remote control
- the value of the excavated stone, which can be used for levelling, road construction, etc.

The largest cost item is excavating the cavern out of the rock, amounting to at least half of the total investment costs. Installation costs, and the costs for reinforcement and concrete structures are in the range of 10 % each. All costs depend greatly on local conditions. The marginal cost of a rock mined cavern is very small in relation to its volume, favouring the storage of large quantities of hydrocarbon product. In cost comparisons with aboveground steel tanks, the break-even point at this particular location in Finland is generally 50000 m<sup>3</sup>. For LPG the figure is considerably lower (approximately 10000 m<sup>3</sup>). Figure 3.21 shows the relative investment costs for oil storage in surface tanks and unlined rock caverns under Finnish conditions. Figure 3.22 shows the relative investment costs for LPG storage alternatives under Finnish conditions. The operation and maintenance costs of underground caverns, for example at the Porvoo Refinery, are no more than one-sixth of those for steel tanks on the surface. This figure is based on daily operations of 5 million m<sup>3</sup> of underground caverns and 2 million m<sup>3</sup> of aboveground steel tanks. However, costs for decommissioning the site can be significant and will depend on many aspects such as the substances that have been stored and the quality of the bedrock.

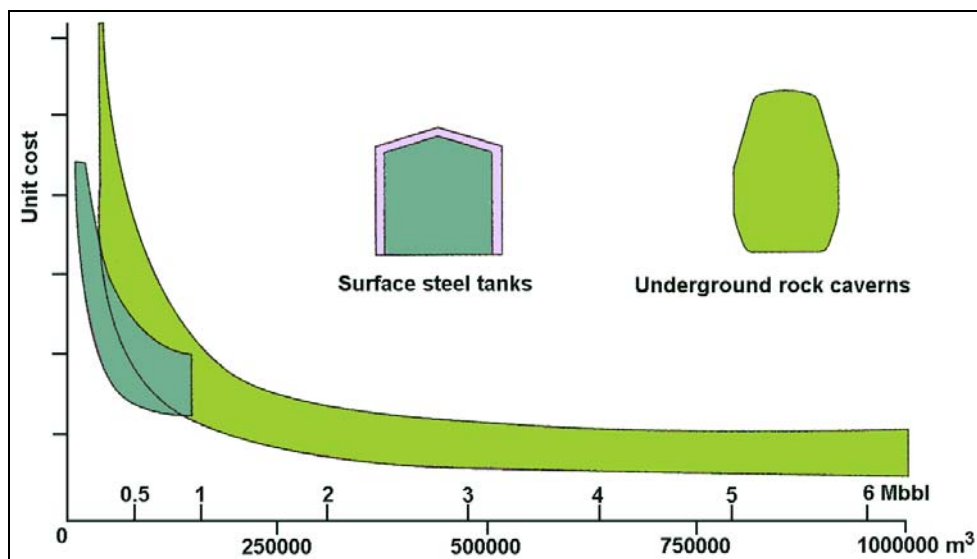


Figure 3.21: Relative investment costs for oil storage in surface tanks and unlined rock caverns at a refinery location in Finland [81, Neste Engineering, 1996]

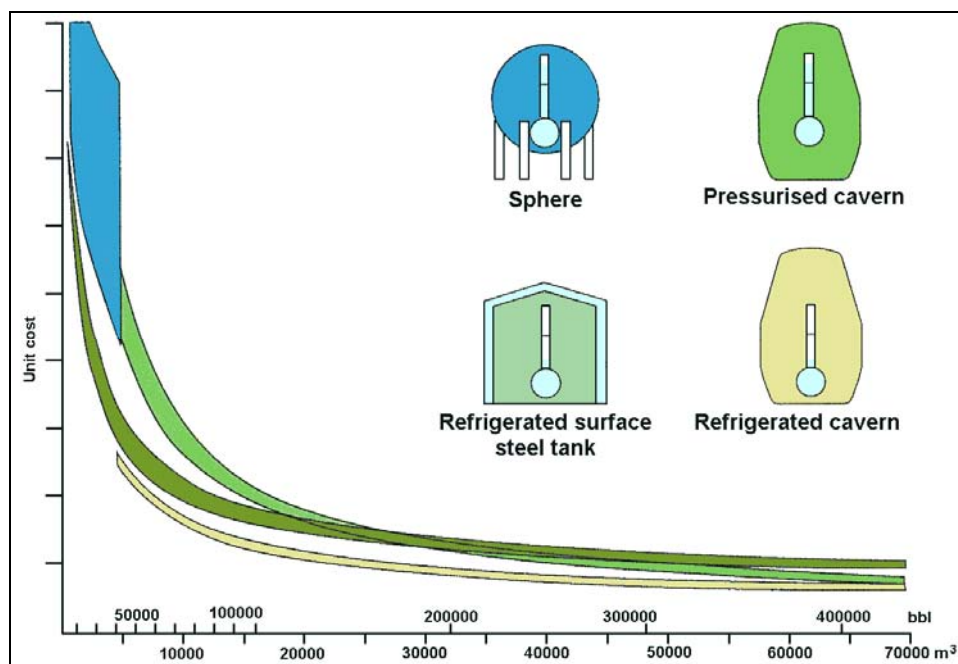


Figure 3.22: Relative investment costs for LPG storage alternatives at a refinery location in Finland [81, Neste Engineering, 1996]

### Emission and consumption

[81, Neste Engineering, 1996] [150, Geostock, 2002]

An underground storage unit is protected against external forces and threats. The risk of gas explosions is minimal and under no circumstances can the hydrocarbon product catch fire underground due to the absence of oxygen. Emissions to air are low, due to stable temperatures and the possibility of storing the hydrocarbon product under pressure. Since the entire storage cavern is practically invisible, the landscape above remains untouched and free for other industrial purposes.

By its very nature, underground storage provides high intrinsic resistance to earthquakes.



The main consumers of energy are the pumps used for filling and emptying the caverns. The energy consumption for filling and emptying aboveground storage tanks is lower than that for filling and emptying caverns. On the other hand, under Finnish climate conditions, the energy consumption for heating certain types of substances in aboveground storage tanks is higher compared with storage in caverns.

There might be some sediment accumulation at the bottom of the caverns where crude is stored, but at the Porvoo Refinery, in the 30 years of operating the caverns, there has been no need to take wastes from the caverns. The only wastes that arise are the spare parts of the pumps which have to be changed in the case of malfunction and maintenance.

A disadvantage of mined caverns in general is the oily seepage water, which is pumped out and treated in a waste water treatment plant.

Caverns of the fixed waterbed type need less water (and thus less water treatment) than the caverns of the fluctuating waterbed type.

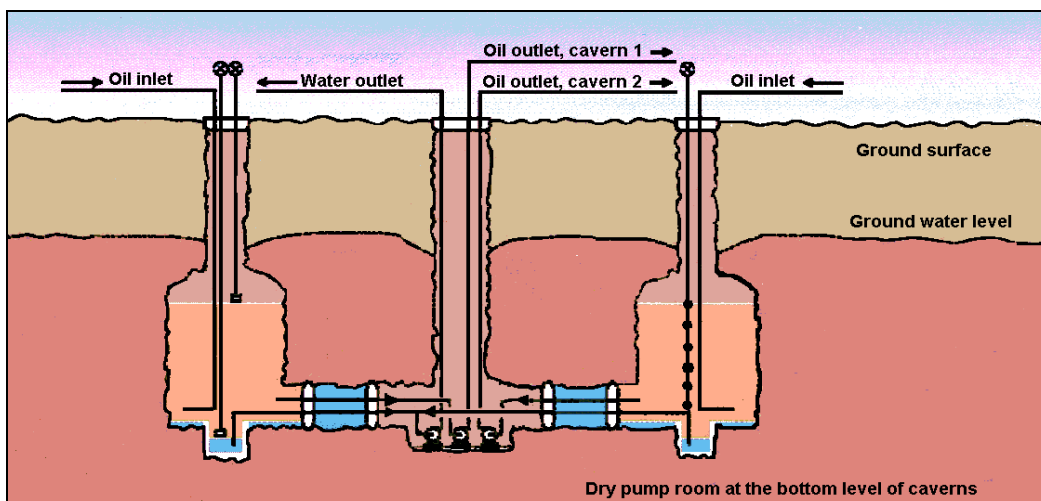
**B. Relevant equipment and other considerations**

[81, Neste Engineering, 1996]

The pipes and instruments of an underground mined cavern are generally installed in a vertical shaft constructed from the cavern to the surface. Caverns are mostly equipped with complete instrumentation to control pressure, surface levels and temperature and to check the operation of the equipment.

In general, the pumps used in caverns are submersible motor pumps suspended (hanging) from discharge pipes, located in the vertical shaft leading to the cavern. Pumps can also be installed in a dry pump room located at the bottom level of the cavern and separated from it, see Figure 3.23. Conventional centrifugal pumps are used in this type of design.

Generally the control and operation of cavern storage facilities are carried out in a remote control room. Due to their remote and partly automatic operation, cavern sites are sometimes unmanned.



**Figure 3.23: Scheme of a dry pump room at the bottom level of caverns**  
[81, Neste Engineering, 1996]

### C. Possible emission sources (atmospheric mined caverns)

Table 3.39, Table 3.41 and Table 3.42 show the emission scores for the potential emission sources for atmospheric mined caverns. The tables show that for a cavern with a fluctuating waterbed the emissions to air due to filling are very low, because the gas level in the cavern is kept more or less constant during filling by pumping out water. Also the breathing emission is lower because, with the help of the water level, the gas volume is kept as small as possible. However, the pumping out of water may create an emission to water.

Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	2	1	2
Emptying	2	1	2
Cleaning			N/A
Blanketing			N/A
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.39: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with atmospheric mined caverns of the fixed waterbed type [87, TETSP, 2001]**

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	1	1	1
Breathing	1	1	1
Emptying	2	1	2
Cleaning			N/A
Blanketing			N/A
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.40: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with atmospheric mined caverns of the fluctuating waterbed type [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning			N/A
Sampling	2	0	0

**Table 3.41: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with mined caverns (atmospheric) [87, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, emissions from mined caverns could also eventually occur from incidents such as overfill and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### **3.1.16. Mined caverns (pressurised)**

#### **A. Description**

[113, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

See Section 3.1.15 for the general description of mined cavern storage. Pressurised liquefied gas may also be stored in mined rock caverns or salt leached caverns (for salt leached caverns see Section 3.1.17).

The principle of mined rock cavern storage is that the caverns are set at such a depth below ground level that the static head of the water table is greater than the pressure of the stored hydrocarbon product. There is, therefore, a pressure gradient towards the inside of the cavern and leakage of the product to the rock strata is avoided.

The vapour space in pressurised mined caverns contains no air and, as mentioned in Section 3.1.15, under no circumstances can the hydrocarbon product catch fire underground due to the absence of oxygen. During filling operations, the pressurised mined caverns are usually designed and operated in such a way so as to ensure that the vapour condenses into liquid, thus avoiding any pressure rise in the cavern and potential release to the atmosphere.

Groundwater inflow is collected in a water pit on the cavern floor and then pumped to the surface. The liquefied gas is discharged by means of submerged pumps.

#### **B. Relevant equipment and other considerations**

[150, Geostock, 2002]

The relevant equipment, fittings, etc. for pressurised mined caverns are similar to the ones used for atmospheric mined caverns (see Section 3.1.15). In this field, major design improvements have taken place over the last 30 years, particularly with respect to safety issues. For example, recently constructed pressurised mined caverns are equipped with downhole fail-safe valves which totally isolate the stored hydrocarbon product from the surface in case of emergency or gas detection, see Figure 3.24. Such types of safety and environmental measures are also sometimes retrofitted on existing caverns. Other additional equipment which improve operation and safety are:

- redundant level measurement
- automated overfill detection devices
- emergency water injection
- specific design features for safe maintenance.

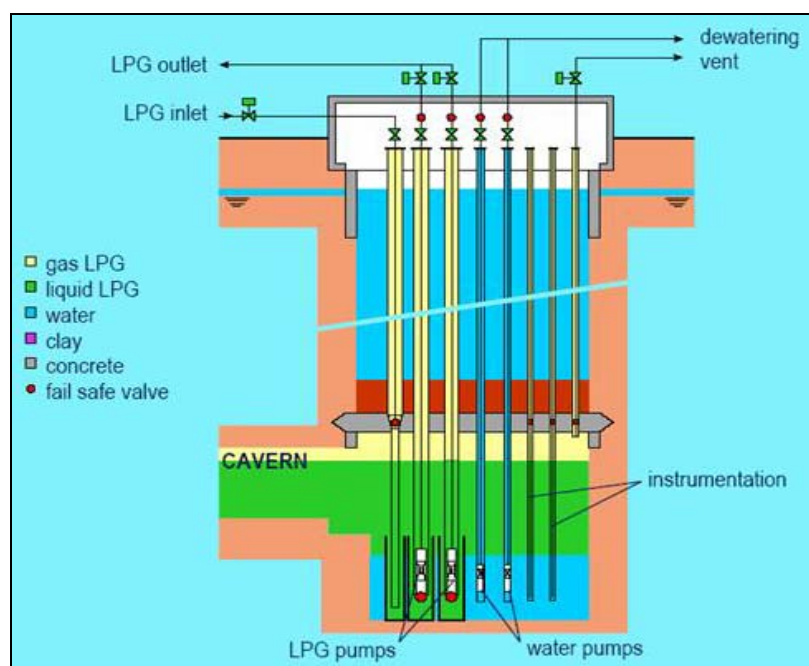


Figure 3.24: LPG underground storage operation shaft with instrumentation [175, TWG, 2003]

### C. Possible emission sources (pressurised mined caverns)

Table 3.42 and Table 3.43 show the emission scores for the potential emission sources for pressurised caverns. Section 3.1, Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value and should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying	2	1	2
Cleaning			N/A
Blanketing			N/A
Manual gauging			N/A
Sampling			N/A
Fugitive	2	1	2
Draining			N/A

Table 3.42: Possible emissions to air from 'operational sources' with mined caverns (pressurised) [87, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining			N/A
Cleaning			N/A
Sampling			N/A

Table 3.43: Possible emissions to water or waste from 'operational sources' with mined caverns (pressurised) [87, TETSP, 2001]

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. Only the latter ones are addressed in Chapter 4.

### 3.1.17. Salt leached caverns

#### A. Description

[113, TETSP, 2001, 150, Geostock, 2002]

See Section 3.1.15 for the general description of mined cavern storage and Section 3.1.16 for pressurised mined caverns. Liquid hydrocarbons and liquefied pressurised gases may also be stored in caverns leached from salt deposits.

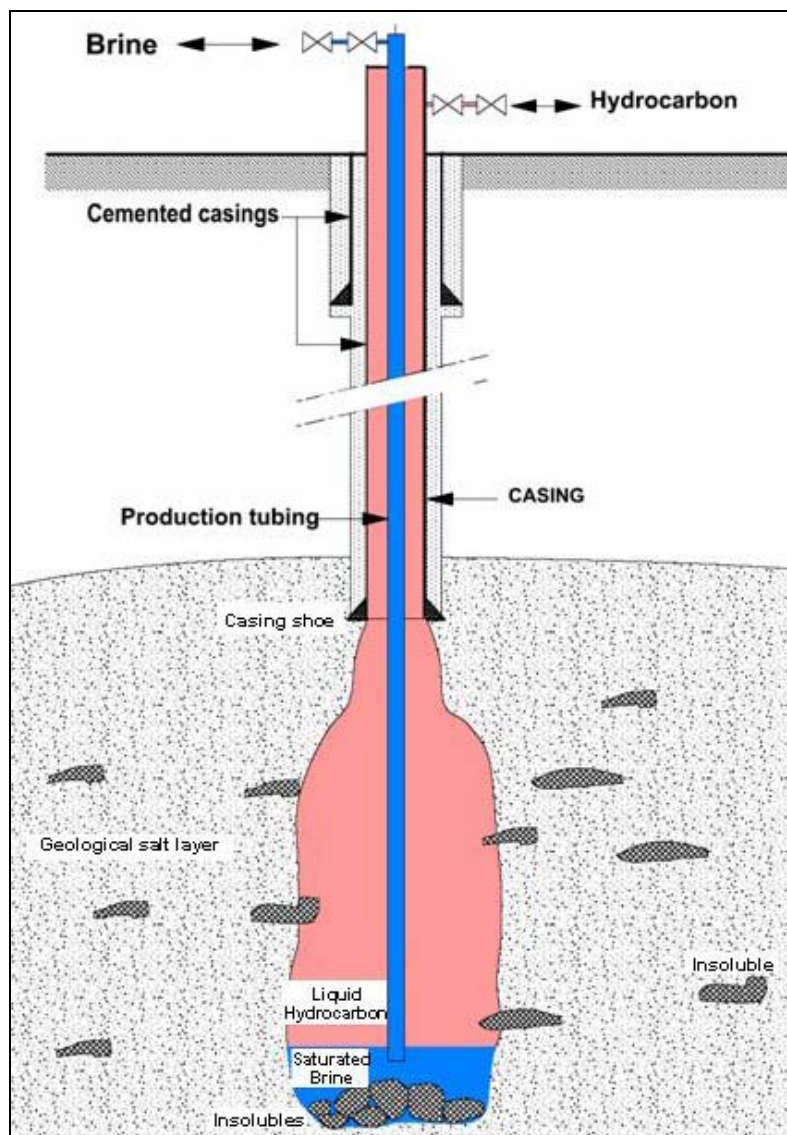
Salt leached caverns are created by drilling a well into the salt formation, circulating fresh or low salinity water in the well, and withdrawing the brine from the cavern. The salt in the formation dissolves, thus enlarging the well bore until the target volume is reached.

In salt leached caverns the liquids and liquefied gases are stored above a brine solution. On filling, the hydrocarbon product is pumped into the upper part of the cavern and displaces the brine. After passing through a decanting or degassing process the brine is stored in a lined pond or lagoon (see Section 3.1.14). The hydrocarbon product is stored under pressure at depth due to the static weight of the brine and of the hydrocarbon itself. The hydrocarbon product is generally discharged by brine displacement. However, for shallow salt caverns, this can be by means of submerged pumps.

Salt is intrinsically impermeable and physically and chemically inert with respect to hydrocarbons. In addition, cracks and faults in the salt are healed by the viscoplastic behaviour of the salt under the geostatic pressure. This ensures that there are no emissions to soil.

Typical salt leached cavern depths vary from approximately 300 m to 1200 m. Cavern sizes vary according to the site location, but for example at the Geosel site in France, typical cavern volumes range from 90000 to 450000 m<sup>3</sup> for a total capacity of approximately 6 million m<sup>3</sup> (26 storage caverns for crude oil, diesel oil, gasoline, naphtha, etc.).

The ponds or lagoons used to store the brine required to export the hydrocarbon product are, in general, designed so as to blend into the landscape.



**Figure 3.25: Example of a salt leached cavern in operation**  
[175, TWG, 2003]

### **B. Relevant equipment and other considerations**

[150, Geostock, 2002]

The salt leached caverns are connected to the surface via concentric tubing strings (similar to those used for oil and gas production wells) for moving the hydrocarbon product in and out of the cavern. At the surface level the well-head, equipped with valves, occupies a very limited space, and all associated piping is buried underground.

The pumping facilities, metering equipment and related support facilities such as control buildings and fire protection systems are centralised into a single area thus ensuring minimal land occupation and environmental impact.

### **C. Possible emission sources (salt leached caverns)**

Table 3.44 and Table 3.45 show the emission scores for the potential emission sources for salt domes. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value and should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	1	2
Breathing			N/A
Emptying	2	1	2
Cleaning			N/A
Blanketing			N/A
Manual gauging			N/A
Sampling			N/A
Fugitive	2	1	2
Draining			N/A

**Table 3.44: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with salt leached caverns [150, Geostock, 2002]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining			N/A
Cleaning			N/A
Sampling			N/A

**Table 3.45: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with salt leached caverns [150, Geostock, 2002]**

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. Only the latter ones are addressed in Chapter 4.

### 3.1.18. Floating storage

#### A. Description

[113, TETSP, 2001]

Ships are sometimes used to provide additional, temporary storage capacity at a marine terminal. Note that this storage mode does not include the tanks of ships that are loading or discharging at a terminal.

The supply and discharge pipework of the floating storage facility are permanently connected to the on-shore product transfer systems. The connecting pipework must be provided with flexible sections to take account of wave or tidal motion. Careful consideration should be given to containing any spill or leakage of liquid into the surrounding water. As the ships are ex-trading vessels they will have been built to the International Maritime Organization regulations in place at the time that the keel of the ship was laid down. The vessels will need to maintain compliance with these regulations if they travel to shipyards for inspection, hull maintenance, etc.



## B. Relevant equipment and other considerations

		Section
3.1.12.7 Equipment for tanks	Vents	3.1.12.7.1
	Gauging and sample hatches	3.1.12.7.2
	Still wells and guide poles	3.1.12.7.3
	Instrumentation	3.1.12.7.4
	Access hatches	3.1.12.7.5
	Drains	3.1.12.7.6
	Mixers	3.1.12.7.7
	Heating systems	3.1.12.7.8
	Sealing elements	3.1.12.7.9
	Valves	3.2.2.6
3.1.12 Considerations related to tanks		

**Table 3.46: Cross references for floating storage**

## C. Possible emission sources (floating storage)

Table 3.47 and Table 3.48 show the emission scores for the potential emission sources for floating storage. Figure 3.2 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each storage mode in isolation.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Breathing	3	2	6
Emptying	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Blanketing	3	2	6
Manual gauging	2	1	2
Sampling	2	1	2
Fugitive	3	1	3
Draining	2	1	2

**Table 3.47: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with floating storage [113, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions to water or waste	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	0	0
Cleaning	1	3	3
Sampling	2	0	0

**Table 3.48: Possible emissions to water or waste from ‘operational sources’ with floating storage [113, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.2. Transfer and handling of liquids and liquefied gases

Transfer systems refer to the pipework, including all the valves and fittings, connected to the storage tank and the flexible hose or a loading arm for connection to road tankers, rail tankers and ships. Handling techniques refer to the means of moving the product (e.g. pumps) through the pipework into and out of the storage tanks.

The following transfer modes, handling techniques and related issues are considered:

<b>Transfer modes</b>	<b>Section number</b>
Aboveground closed piping transfer	3.2.1.1
Aboveground open piping transfer	3.2.1.2
Underground closed piping transfer	3.2.1.3
Loading and unloading of transporters	3.2.1.4
<b>Handling techniques</b>	<b>Section number</b>
Gravity flow	3.2.2.1
Pumps	3.2.2.2
Compressors	3.2.2.3
Inert gases	3.2.2.4
Flanges and gaskets	3.2.2.5
Valves and fittings	3.2.2.6
<b>Considerations related to transfer and handling</b>	3.2.3
<b>Equipment and fittings</b>	3.2.4
<b>Transfer and handling of packaged goods</b>	3.2.5

**Table 3.49: Cross-references of transfer and handling modes for liquids and liquefied gases**

The flow chart in Figure 3.26 identifies the possible gaseous and liquid emissions and residues, resulting from the transfer and handling of liquid materials and liquefied gases. The base case for any of the transfer and handling modes described assumes that there are no emission control measures installed. For each transfer category, the relevant operational activities and possible events/incidents which can result in an emission, are listed. This forms the basis for describing the possible emissions by transfer and handling activities.

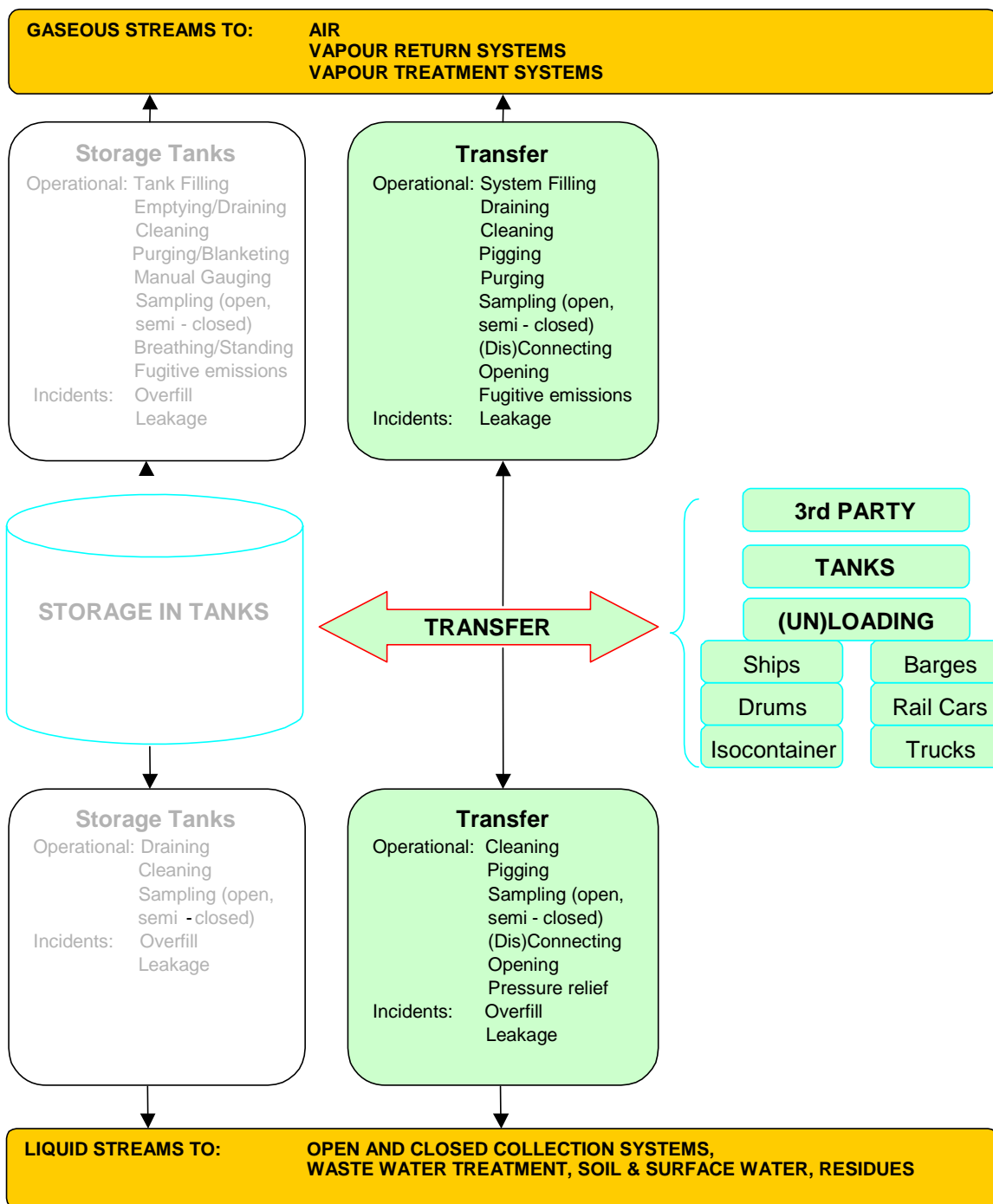


Figure 3.26: Flow chart of the potential emissions resulting from transfer and handling facilities

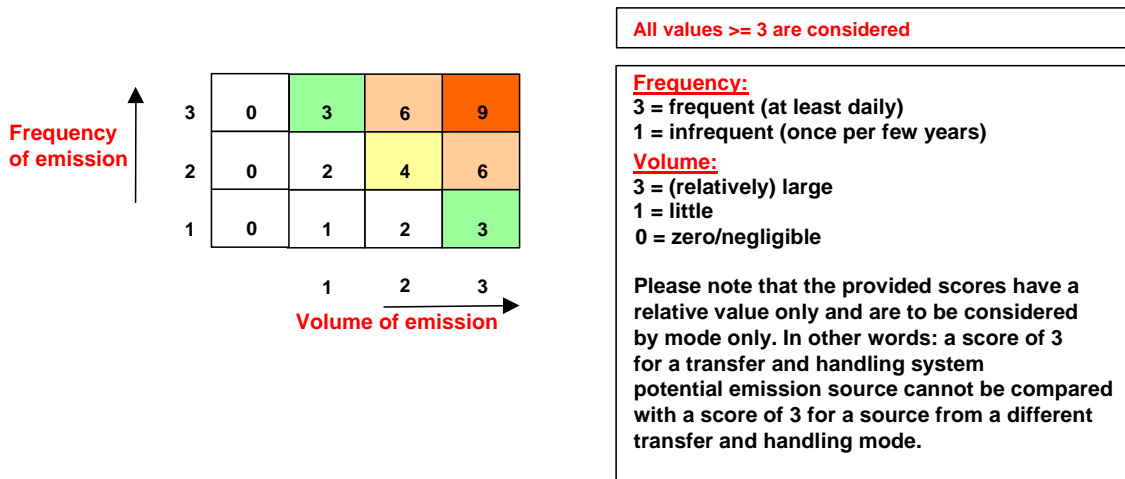


Figure 3.27: Risk matrix for emissions from handling and transfer of liquid and liquefied gases

<p><b>Remarks:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The classification term N/A (Not Applicable) indicates that a particular emission source will not be considered (not applicable or not relevant etc.) due to the specific nature of the transfer or handling technique described.</li> <li>2. A clear distinction will be made between emissions from ‘operational sources’ and emission from ‘incidents’.</li> <li>3. The emission scores are calculated by multiplying the emission frequency by the emission volume. This methodology is commonly applied in risk assessment approaches such as the one used for risk based inspection (as will be further explained in the BREF). All scores above 3 are considered: e.g. all ‘high’ frequencies (score = 3), ‘large’ volumes (score = 3) and the ‘medium/medium’ frequency/volume emission sources (where frequency and volume both score 2).</li> </ol>
--

The possible emission sources from transfer and handling operations for liquids and liquefied gases are selected for further analyses, using a risk matrix approach as described in Figure 3.27.

### 3.2.1. Product transfer

#### 3.2.1.1. Aboveground closed piping transfer systems

[113, TETSP, 2001]

##### A. Description

Aboveground closed piping systems are normally designed to transport liquids, refrigerated gases (liquefied), pressurised gases (as liquids) or vapours. The design varies with the intended service and products to be transported. Aboveground piping systems are the most common form of handling system within storage facilities.

Normally transport-piping systems for storage applications are designed for low to moderate operating pressures, unless specific circumstances dictate otherwise.

The design, construction, operation and maintenance of pipelines usually comply with statutory and internationally accepted standards and guidelines (e.g. ASME, API, DIN, NEN, etc).

Piping systems usually consist of pipelines, valves (ball, gate, needle, butterfly, etc.) and fittings (e.g. instrumentation connections) and pump stations. Emissions generally only occur as a result of leakage through seals and/or cleaning/purging operations.

**B. Relevant transfer equipment:** See Section 3.2.4.

### C. Possible emission sources (aboveground closed piping transfer system)

Tabelle 3.50 and Tabelle 3.51 show the emission scores for the potential emission sources for an aboveground closed piping technique. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for transfer modes.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	2	4
Cleaning	1	2	2
Pigging	2	1	2
Purging	1	2	2
Sampling	2	1	2
(Dis)connecting	2	1	2
Opening	1	2	2
Fugitive	3	1	3
Emptying/draining	2	1	2

**Tabelle 3.50: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground closed piping transfer systems**  
[113, TETSP, 2001]

Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Sampling	2	1	2
Pigging	2	1	2
(Dis)connecting	2	1	2
Pressure relief	2	1	2
Opening	2	1	2

**Tabelle 3.51: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with aboveground closed piping transfer systems**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents such as overflow and leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

#### 3.2.1.2. Aboveground open piping transfer systems

##### A. Description

[113, TETSP, 2001]

Aboveground open piping transfer systems are (atmospheric) systems either designed to collect (rain) water or spillage, to protect these from polluting the subsoil or surface water. Open systems are only suitable for non-hazardous low volatility products. They are used, for example, to collect contaminated water run-off from bunded facilities. Some common examples are:

- gutters
- open drains
- drip pans around pumps.

The systems usually allow gravity drainage to a central collection pit, from where the liquids are pumped into a buried or aboveground piping system or into a mobile vessel.

**B. Relevant transfer equipment:** Not relevant.

**C. Possible emission sources (open piping)**

Tabelle 3.52 and Tabelle 3.53 show the emission scores for the potential emission sources for an aboveground open piping technique. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for transfer modes.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	3	6
Cleaning	2	2	4
Pigging			N/A
Purging			N/A
Sampling			N/A
(Dis)connecting			N/A
Opening			N/A
Fugitive			N/A
Emptying/draining			N/A

**Tabelle 3.52: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with aboveground open piping transfer systems [113, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	2	2	4
Sampling	2	1	2
Pigging			N/A
(Dis)connecting			N/A
Pressure relief			N/A
Opening			N/A

**Tabelle 3.53: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with aboveground open piping transfer systems [113, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents such as leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.2.1.3. Underground piping transfer systems

#### A. Description

[113, TETSP, 2001, 156, ECSA, 2000]

Underground piping systems are normally designed to transport liquids, refrigerated gases (liquefied), pressurised gases (as liquids) or vapours underground (road crossings or long sections through dedicated piping channels). The design varies with the intended service and products to be transported, for example, underground piping systems are rarely used for transporting chlorinated solvents and if used, they are constructed as a jacketed pipe system with a leakage alarm system for the outer space.

Normally transport-piping systems for storage applications are designed for low to moderate operating pressures unless specific circumstances dictate otherwise. The design, construction, operation and maintenance of pipelines comply with statutory and internationally accepted standards and guidelines (e.g. ASME, API, DIN, NEN etc).

Piping systems usually consist of fully welded pipeline, with limited valves and fittings (e.g. instrumentation connections). Pump stations are normally installed aboveground. Emissions can occur as a result of leakage through seals and/or cleaning/purging operations.

Buried pipelines can be affected by external corrosion due to salty landfill and the formation of corrosion cells in the surrounding ground or from stray electrical currents.

**B. Relevant transfer equipment:** See Section 3.2.4.

#### C. Possible emission sources (underground piping)

Tabelle 3.54 and Tabelle 3.55 show the emission scores for the potential emission sources for an underground closed piping technique. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for transfer modes.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	2	4
Cleaning	1	2	2
Pigging	2	1	2
Purging	1	2	2
Sampling	2	1	2
(Dis)connecting	2	1	2
Opening	1	2	2
Fugitive	3	1	3
Emptying/draining	2	1	2

**Tabelle 3.54: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with underground closed piping transfer systems**

[113, TETSP, 2001]



Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Sampling	2	1	2
Pigging	2	1	2
(Dis)connecting			N/A
Pressure relief	2	1	2
Opening	1	1	1

**Tabelle 3.55: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with underground piping transfer systems [113, TETSP, 2001]**

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents such as leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

#### 3.2.1.4. Loading and unloading of transporters

##### A. Description

[156, ECSA, 2000] [157, VDI, 2001] [184, TETSP, 2004]

Road tankers, rail tankers and ships are connected to the loading/unloading point by a flexible hose or a loading arm. Rigid pipelines cannot be used.

Flexible hoses are normally reinforced by steel spirals or meshed steel. Both the material of the hose and the type of hose construction must be suitable for the product being handled.

Product loading arms are fitted with swivel joints to allow the connection to move with the transport unit. The swivel joint is fitted with a seal to prevent leakage. The material of the loading arm, and particularly of the seal, must be suitable for the product being handled.

Where it is necessary to collect vapours from the transport unit during liquid loading, the vapours displaced must be collected through pipework either fitted on the transporter or through modified loading arms. The method of collection depends upon whether they are top loaded through an open hatch or loaded through fixed pipework upon the tanker. During top loading, vapours can be collected by the use of special loading arms which seal against the loading hatch and incorporate vapour collection pipework. Otherwise, the tankers require vapour vent valves to be installed in each product tank (or ‘compartment’) which is connected by vapour collection pipework on the tanker to a vapour connector, located at working height on road and rail tankers. This vapour connector can be connected to a flexible hose or arm at the loading facility similar to that used for loading product.

Some ships, particularly chemical tankers, are fitted with vapour collection pipework systems which have connection points to permit coupling to shore-side facilities where this is appropriate to the characteristics of the product(s) being handled. However, most general purpose petroleum product carriers operating in EU waters do not have vapour collection systems (AEAT report, Rudd and Hill, ‘Measures to Reduce Emissions of VOCs during Loading and Unloading of Ships in the EU’ August 2001).

See Figure 3.28 for an example of a bulk unloading system.

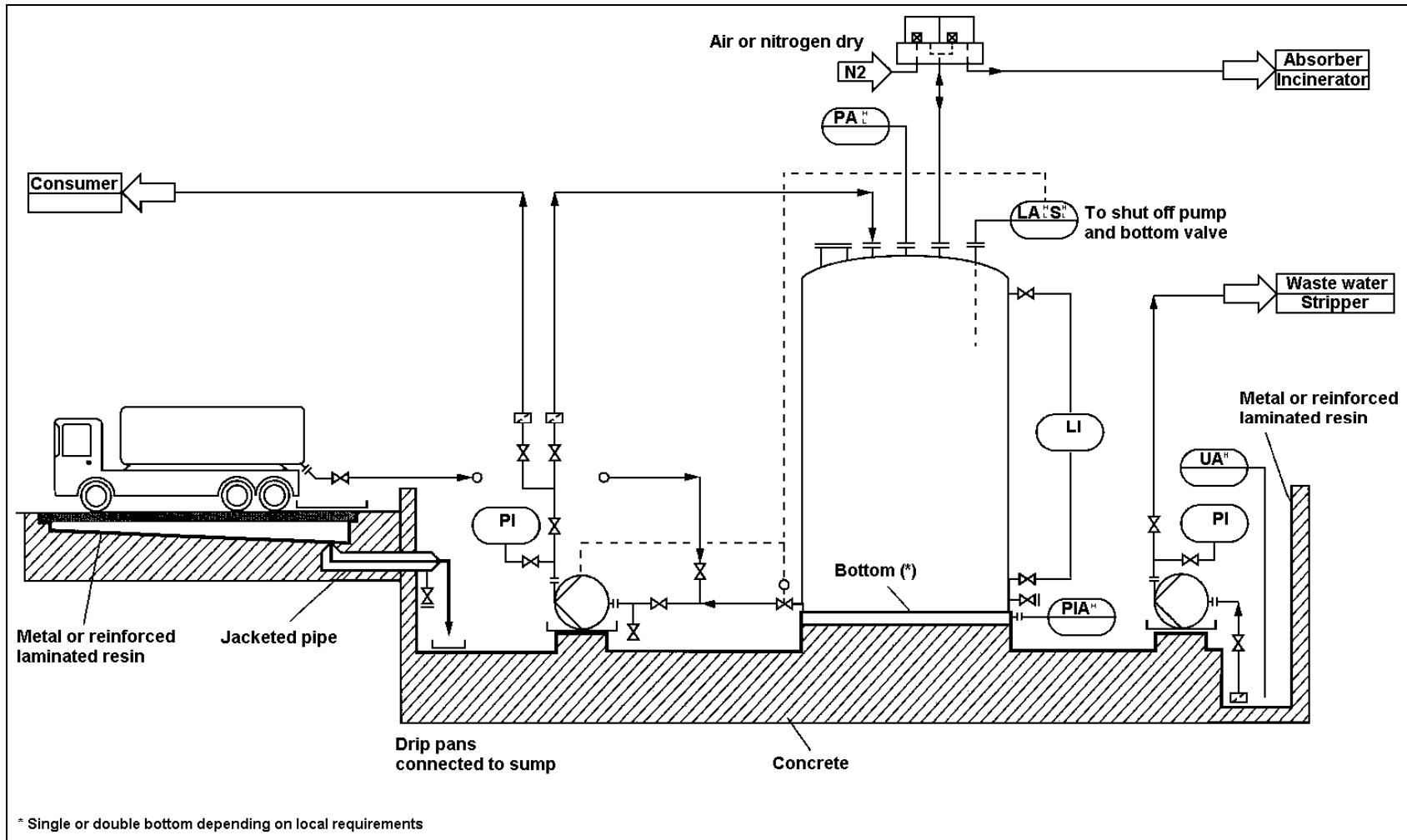


Figure 3.28: Example of bulk unloading and storage system for chlorinated solvents [156, ECSA, 2000]

**B. Relevant transfer equipment:** Not relevant.

**C. Possible emission sources (flexible hose or loading arm)**

Tabelle 3.56 and Tabelle 3.57 show the emission scores for the potential emission sources for unloading hoses and pipelines. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for transfer modes.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	2	4
Cleaning	1	2	2
Pigging	2	1	2
Purging	1	2	2
Sampling	2	1	2
(Dis)connecting	3	2	6
Opening	1	2	2
Fugitive	3	1	3
Emptying/draining	2	1	2

**Tabelle 3.56: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with flexible hoses or loading arms**

Source: EIPPCB

Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	2	2
Sampling	2	1	2
Pigging	2	1	2
(Dis)connecting	3	1	3
Pressure relief	2	1	2
Opening	2	1	2

**Tabelle 3.57: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with flexible hoses or loading arms**

Source: EIPPCB

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents such as leakages. These emissions are also addressed in Chapter 4.

**3.2.2. Product handling**

[113, TETSP, 2001]

Several product handling or displacement methods are available which can be distinguished by their use of:

- gravity
- pumps
- compressors
- inert gas.

They are addressed in Section 3.2.2.1 through to Section 3.2.2.4.

Other types of equipment applied in product handling are:

- flanges and gaskets
- valves and fittings
- sealing elements
- vents, drains and sample points
- instrumentation
- pressure relief devices.

These are addressed in Sections 3.2.2.5 and 3.2.2.6 and also in Section 3.2.4.

The economics, design and construction, and commissioning and decommissioning aspects are addressed in Section 3.2.3.

### 3.2.2.1. Gravity flow

#### A. Description

Gravity flow is only applicable under atmospheric conditions or between pressurised vessels with either common vapour space, or when operating at the saturated vapour pressure of the stored liquid.

**B. Relevant handling equipment:** See Section 3.2.4.

#### C. Possible emission sources (displacement methods)

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for product handling techniques.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling	2	0	0
Cleaning	1	0	0
Pigging			N/A
Purging			N/A
Sampling			N/A
(Dis)connecting			N/A
Opening	1	1	1
Fugitive	3	1	3
Emptying/draining	2	0	0

**Tabelle 3.58: Possible emissions to air from ‘operational sources’ with product handling [113, TETSP, 2001]**

Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining	2	1	2
Cleaning	1	1	1
Sampling			N/A
Pigging			N/A
(Dis)connecting			N/A
Pressure relief			N/A
Opening	1	1	1

**Tabelle 3.59: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with product handling**  
[113, TETSP, 2001]

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are not addressed in Chapter 4, because no information has been made available.

### 3.2.2.2. Pumps

#### A. Description

[157, VDI, 2001] [156, ECSA, 2000]

Pumps are used to displace all types of products under atmospheric, pressurised or refrigerated conditions. Two types of pumps are generally used: positive displacement pumps or centrifugal pumps.

Positive displacement pumps comprise reciprocating pumps (piston or diaphragm types) or rotary gear pumps. These are often used as dosing pumps to provide small accurate flowrates.

Pumps normally require seals: see Section 3.2.4.1. Some centrifugal pumps and rotating displacement pumps that do not need a shaft seal are:

- centrifugal pump with magnetic transmission
- canned centrifugal
- diaphragm
- peristaltic.

For handling oil products, centrifugal pumps are commonly applied, although in special situations displacement pumps may be used. Centrifugal pumps with magnetic transmission are commonly applied for handling chlorinated solvents.

**B. Relevant handling equipment:** See Section 3.2.4.

#### C. Possible emission sources (product handling)

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value and should only be considered for product handling techniques.

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### **3.2.2.3. Compressors**

#### **A. Description**

[156, ECSA, 2000]

Compressors have many similar features to pumps and are used to displace gases or refrigerated products. Two types of rotodynamic compressor will be discussed in this section. The first grouping is lower velocity, positive displacement designs, operating typically at 50/60 cycle synchronous speeds. They are used with many different types of gases but are commonly used in smaller refrigeration cycle services. The same technology is applied on some process gases. The shaft bearing assemblies are at either end of the shaft and mounted inboard of the seal assembly. Equipment leakage losses occur mainly where the rotating shaft penetrates the casing.

The second grouping typically operates at much higher velocities to achieve their performance efficiencies and are the centrifugal process compressors. These are commonly applied on VOC gases. The shaft bearing assemblies are at either end of the shaft and mounted outboard of the seal assembly. Equipment leakage losses occur mainly where the rotating shaft penetrates the casing at its drive and non-drive ends.

**B. Relevant handling equipment:** See Section 3.2.4; the sealing technologies employed are discussed in Section 3.2.4.1.

#### **C. Possible emission sources (product handling)**

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for each product handling technique in isolation.

Apart from operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### **3.2.2.4. Inert gases**

#### **A. Description**

Inert gases may be used to displace a product, either because of quality or safety issues. This system is generally only used for small product volumes.

**B. Relevant handling equipment:** Not relevant.

#### **C. Possible emission sources (product handling)**

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for product handling.

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### **3.2.2.5. Flanges and gaskets**

#### **A. Description**

[156, ECSA, 2000]

A gasket is used to create and retain a static seal between two stationary flanges, which may connect a series of mechanical assemblies in an operating plant, including the storage area. These static seals aim to provide a complete physical barrier against the fluid contained within, and so block any potential leakage path. To achieve this, the gasket must be able to flow into (and fill) any irregularities in the mating surfaces being sealed, while at the same time be sufficiently resilient to resist extrusion and creep under operating conditions.

The seal is affected by the action of force upon the gasket surface, which compresses the gasket, causing it to flow into any flange imperfections. The combination of contact pressure between the gasket and flanges, and densification of the gasket material, prevents the escape of the contained fluid from the assembly. As such, gaskets are vital to the satisfactory operation of a broad range of industrial equipment and must be regarded as an integral design element of the whole plant.

Historically, compressed asbestos fibre sheet material (CAF) has been the material of choice for 'soft' gasket materials. It was regarded as easy to use and very tolerant of abuse, for which it was recognised as very 'forgiving'. Consequently, the material was used to seal almost all common applications, and usually gave a satisfactory performance. A broad experience of the material was established over many years amongst manufacturers and users alike.

More recently, with the ban on the use of asbestos fibres, a new generation of asbestos-free substitutes has been developed by the sealing industry. These provide improved levels of sealing performance, although they are usually more application specific than the earlier asbestos materials. Equally, handling of these new materials requires more care in general. Overall, these new materials can outperform their asbestos predecessors, but are usually less forgiving; users must exercise more care in selecting the right material for the job and assembling the seal.

Over time, alternative gasket styles have been developed, especially for more severe services, and these include the 'hard' gasket types, primarily of metallic or semi-metallic construction.

Individual flanges generally do not have very large leaking losses but, since many flanges are utilised in transfer and handling, they can make a major contribution to the overall leaking losses.

**B. Relevant handling equipment:** Not relevant.

#### **C. Possible emission sources (product handling)**

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for product handling.

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.



### 3.2.2.6. Valves and fittings

#### A. Description

[149, ESA, 2004] [18, UBA, 1999]

Leaking losses are generally higher from dynamic equipment (compared to static equipment) and from older equipment. Valves are considered to account for approximately 50 – 60 % of fugitive emissions in the chemical and petrochemical industries. Furthermore, the major proportion of fugitive emissions comes from only a small fraction of sources (e.g. less than 1 % of valves in gas/vapour service can account for more than 70 % of the fugitive emissions in a refinery).

Some valves are more likely to leak than others, e.g. valves with rising stems (gate valves, globe valves) are likely to leak more frequently than quarter-turn type valves such as ball and plug valves. Valves which are operated frequently, such as control valves, may wear quickly and allow emission paths to develop. However, newer, low-leak control valves provide good fugitive emissions control performance.

Types of valves are:

- control valves
- needle valves
- globe valves
- gate valves
- plug valves
- ball valves
- butterfly valves
- relief valves
- check valves.

Commonly used valves within a piping system are ball, gate or butterfly valves. Other types (e.g. control valves, needle valves) may be used in specific circumstances. Valves can be bolted or, for smaller sizes, threaded or welded in the piping system.

Except for cast iron and plastic valves, each valve meets the minimum requirements of API 6D or equivalent. A valve should not be used under operating conditions that exceed the applicable pressure-temperature ratings contained in those requirements and it should have a maximum service pressure rating for temperatures that equal or exceed the maximum service temperature to avoid malfunction.

All except the relief valve and check valve are activated through a valve stem. This stem requires a seal to isolate the product inside the valve from the atmosphere. Since a check valve has no stem, this is not considered a source of fugitive emissions.

Because they open and close frequently, control valves are more prone to leakage than shut-off valves. Using rotating control valves instead of rising stem control valves can help reduce fugitive emissions. However, it is not always possible to interchange these two types of valves. At the design stage, the use of variable speed pumps may offer an alternative to control valves.

Leaks from valve stems can be caused by the use of poor quality packing material, inaccurate machining of the stem or packing housing, improper assembly of the valve, ageing of the packing, inadequate compression of the packing, corrosion, abrasion of the packing by dirt, etc. Bellows valves have no stem emissions as this type of seal incorporates a metal bellow that forms a barrier between the valve disc and the valve body.

High quality packed valves are available that have very low fugitive emissions. To achieve low emissions, these valves use improved packing systems, are built according to stringent tolerances, and are carefully assembled.

It is common practice that valves (fittings) are easily accessible and operated and that they are, with respect to raw materials, production, dimension, monitoring and proof of quality, appropriate for the technical purpose. The casing of valves consists of tough raw materials. Valves sited underneath the level of the liquids can, in special cases, be designed 'fire-safe' to delay failure in the event of a fire.

**B. Relevant transfer and handling equipment:** Not relevant.

### **C. Possible emission sources (product handling)**

Tabelle 3.58 and Tabelle 3.59 show the emission scores for the potential emission sources for product handling in general. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for product handling.

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.

## **3.2.3. Considerations related to transfer and handling systems**

### **3.2.3.1. Economics**

[113, TETSP, 2001]

The costs of designing, constructing and operating transfer and handling techniques will very much depend on the type of system (e.g. closed or open, aboveground or underground), its size, the design features (e.g. soil foundation, external coatings, type of safety and environmental protection measures, etc.), the requirements set by the product to be transferred or handled (e.g. stainless steel versus mild steel, type of seals, etc.) the operating conditions, the required inspection and maintenance activities and, linked to the latter, the envisaged technical lifetime.

It is recommended, therefore, to focus on the total cost of ownership (TCO) of a transfer or handling system by considering the elements shown in Section 3.1.12.1.

### **3.2.3.2. Design and construction**

It goes beyond the scope of this document to provide here a comprehensive summary of the design and construction requirements, but nevertheless some important aspects and considerations are described below.

#### ***Benefits of a proper design***

Most technical measures, allowing for the elimination or reduction of the consequences of abnormal conditions, are taken at the design stage when the risks resulting from a loss of containment are assessed and technical safety measures defined accordingly. In essence the best of the industrial knowledge about the substance to be transferred and handled is used at this phase to select suitable technical options based on a risk analysis or a cost to benefit analysis. Defining and implementing the safety measures at the design phase is undoubtedly the best and cheapest option. The efficiency of the safety measures also has to be maintained over time and this can only be ensured if regular checks are made of the safety devices. A suitable management system is required to deal with the latter.

It is common practise that the designer first considers the level of appropriate operational measures that need to be taken by the operators. The efficiency of these measures needs to be maintained over time. To ensure this, a management system can be implemented that, for example, addresses the regular training of the operators, the updating of the operating instructions, etc. Environmental inspection can be considered at this phase. It also plays a major role in determining the emission sources, in ensuring that over time the releases remain within the permitted limits and in informing the operator when the performance is no longer acceptable.

Mechanical inspection plays a key role in the prevention of incidents. The definition of an inspection plan starts at the design phase with the selection of the components of the installation based on experience: experience of the substance, experience of the component, experience of the component with the substance, experience of storage activities. These have to be carefully checked.

### *Codes, standards and guidelines*

Reference is made to international codes/standards/guidelines. Some typical examples are:

#### **Piping, valves and fittings**

- ANSI/API 574 1-JUN-1998: inspection practices for piping system components
- ASTM volume 01.01 2000: ASTM book of standards volume 01.01: iron and steel products: steel - piping, tubing, fittings
- ASTM A961-99 10-MAR-1999: standard specification for common requirements for steel flanges, forged fittings, valves, and parts for piping applications
- ASME B31.5-1992 01-JAN-92: refrigeration piping
- ASME B31.8-1995 01-DEC-95: gas transmission distribution and piping systems
- ASME B31.3-1999 01-JAN-99: process piping
- NACE RP0190-95 1-MAR-1990: standard recommended practice - external protective coatings for joints, fittings, and valves on metallic underground or submerged pipelines and piping systems
- NFPA 54: national fuel gas code, 1999 edition
- DIN EN 1092-1 1-NOV-1994: flanges and their joints - part 1: circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories – German only
- ISO 12092 1-OCT-2000: fittings, valves and other piping system components made of unplasticised poly(vinyl chloride) (PVC-U), chlorinated poly(vinyl chloride) (PVC-C), acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) and acrylonitrile-styrene-acrylester (ASA) for pipes under pressure – resistance to internal pressure
- BS EN 558-1 1996: industrial valves - face-to-face and centre-to-face dimensions of metal valves for use in flanged pipe systems - part 1: PN-designated valves
- EEMUA 153/96: EEMUA supplement to ASME B31.3: date 1996 edition, process piping (& amendments N° 1, May 97 and N° 2, Mar 98)
- EEMUA 196: valve purchasers' guide to the European pressure equipment Directive - date 1999
- NEN 1091: 1994 NL: safety requirements for steel gas transport pipelines operating at design pressures greater than 1 bar and not exceeding 16 bar
- NEN 3650: 1998 EN: requirements for steel pipeline transportation systems NEN-EN 10208-1: 1997 EN: steel pipes for pipelines for combustible fluids - technical delivery conditions - part 1: pipes of requirement class A
- NEN-EN 10208-2: 1996/C1: 1997 EN: steel pipes for pipe lines for combustible fluids - technical delivery conditions - part 2: pipes of requirements class B.

## Pumps

- ASME PTC8.2-1990: centrifugal pumps
- BS EN 25199 1992: technical specification for centrifugal pumps, class II
- EEMUA 164: seal-less centrifugal pumps, class 1; date 1993
- NEN-EN-ISO 5199: 1999 ONTW.: technical specifications for centrifugal pumps, class II
- API 676 amendment 1 15-JUN-1999: positive displacement pumps – rotary
- HI S112 1994: rotary pump test - ANSI/HI 3.6
- NFPA 20 1999: standard for the installation of stationary fire pumps for fire protection, 1999.

### 3.2.3.3. Commissioning and decommissioning

[113, TETSP, 2001]

The sections below generally apply to closed piping systems. Open piping systems are normally not tested for leakages, but part of these systems (e.g. the pumps and the interface with a closed piping system) are normally tested for functional requirements and leakages.

#### *Pre-commissioning*

It is essential that pipelines are pressure-tested after construction work to prove the mechanical integrity of welded joints and to assure leak tightness prior to commissioning. The test is a hydrostatic leak test in accordance with the chosen design code. Sometimes, for example when a hydrostatic leak test would damage the internal lining or insulation or could contaminate a process, a pneumatic test is carried out in accordance with a recognised design code.

#### *Cleaning*

Before a pipeline can be considered ready for service, it should be cleaned internally. Cleaning may be performed by water washing or by passing pigs through completed sections of the pipeline. This may form part of the testing procedure. Drying of the pipeline may be appropriate depending on the product being carried after commissioning.

#### *Commissioning*

Commissioning refers to the work required to bring a pipeline system into operation after completion of its construction. Normally a commissioning procedure document is prepared which systematically sets out the commissioning operations.

Where a pipeline has undergone a complete hydrostatic test with many fittings removed, or where radiographed joints have been made, but not yet proof tested, an in-service leak test of all connections and fittings is applied using a soap test to search for leaks.

### 3.2.4. Equipment and fittings

[113, TETSP, 2001, 152, TETSP, 2002]

The main potential emission source in transfer and handling systems is 'fugitives'. Fugitive emissions are defined here as vapour leaking from seals and packings and from flanges and connections that should normally be tight. These emissions depend on the pressure within the system. With the exception of pressurised storage, the pressure within transfer and handling systems is relatively low compared to pipework within a process plant. Thus fugitive emissions within handling and transfer systems for atmospheric storage tanks are significantly lower than process plant equipment leaks.

It is important that each component of a pipeline should be able to withstand design pressures and other anticipated loadings to avoid incidents and/or accidents.

### 3.2.4.1. Sealing elements

[149, ESA, 2004], [157, VDI, 2001]

#### *Seals for pumps*

The products transferred can leak at the point of contact between the moving pump shaft and the stationary casing. To isolate the interior of the pump from the atmosphere all pumps, except the seal-less types require a seal at the point where the shaft penetrates the housing. The sealing technologies employed are:

- gland packing
- gland packing with a barrier flush
- single mechanical seals
- single mechanical seals with a mechanical containment seal and leakage collection (dual unpressurised seals)
- double seals with a separate barrier fluid (dual pressurised seals)
- seal-less drive systems.

The most commonly used seals are packed and mechanical seals. With packed seals lubrication is required to prevent build-up of frictional heat. If the liquid being pumped provides this lubrication, then emissions can occur if the packing or shaft face degrades. Mechanical seals can be of the single or double type – these also require lubrication, but much less than for packed seals.

Double mechanical seals can be arranged back-to-back, in tandem, or face-to-face. The two seals form a closed cavity through which a barrier fluid is circulated. Because this fluid surrounds the dual seal and lubricates both sets of seal faces, the seal life characteristics of the dual seal are much better than a single seal. Depending on the seal arrangement, the barrier fluid may be at a higher or lower pressure than the product. If it is higher, then leakage of the barrier fluid may occur into the product being pumped, which means that the barrier fluid must be compatible with both it and the environment. If it is at a lower pressure than the product, then the product may mix with the barrier fluid, which means that any emissions from the barrier fluid reservoir may need control, e.g. treatment of the gas in a vapour treatment system.

See Table 3.60 for the average emissions from seals in pumps in normal operation when handling mineral oils.

Seal system	Average emissions to air during normal operation	Remarks
Improved single mechanical seal	Average: 1g/h per seal (1) Range: 0.42 – 1.67 g/h (2)	Diameter shaft = 50 mm p = 10 bar n = 3000 min <sup>-1</sup>
Dual unpressurised seals and leakage collection	Close to zero (1) Below 0.01 g/h and 10 ppm (2)	
Dual pressurised seals	No emissions (technically closed) (1) Not measurable (2) < 0.5 g/day (2)	Nitrogen barrier
Seal-less pumps	No emissions (technically closed) (1, 2)	
<i>Note: (1): [157, VDI, 2001] (2): [149, ESA, 2004]</i>		

**Table 3.60: Average emissions from seals in process pumps when handling mineral oils [157, VDI, 2001] [149, ESA, 2004]**

### *Seals for compressors*

Sealing technologies employed in low velocity compressors are:

- single mechanical seals
- single mechanical seals with an energised containment seal
- single mechanical seals with a mechanical containment seal and leakage collection (dual unpressurised seals)
- double seals with a separate barrier fluid (dual pressurised seals).

Lower speed, positive displacement compressors are typically sealed by a barrier oil-lubricated mechanical seal and emissive leakage is low; containment sealing arrangements are used in many services and the oil is separated and recycled.

Centrifugal process compressors typically operate at much higher velocities. Sealing technologies employed are:

- labyrinth seals
- single mechanical seals
- single mechanical seals with a mechanical containment seal and leakage collection (dual unpressurised seals)
- tandem mechanical seals with a mechanical containment seal and leakage collection (triple seals)
- double seals with a separate barrier fluid (dual pressurised seals).

Centrifugal compressors are traditionally sealed by labyrinth seals (fixed or floating carbon bushings) or oil-lubricated mechanical seals for positive displacement compressors. Labyrinth seals have high leakage and are commonly exchanged for mechanical seal assemblies, such as gas-lubricated single seals with an outer containment seal. This has enabled improved reliability and the management of primary seal emissive leakage to a flare or recovery system.

Various externally supplied gas purges are used with both types of machinery. Regular control and maintenance is indispensable to reduce emissions.

#### **3.2.4.2. Vents, drains and sample points**

[113, TETSP, 2001]

Generally all lines are provided with vents on all high points and drains on all low points. Vents and drains that are required to be opened while the line is operating (e.g. sampling connections) normally are valved and shown on the piping and instrument diagram. Vents and drains on high pressures (> 40 bar), or liquefied petroleum gases are normally equipped with a double block and bleed valves. The bleed discharge can go to a high vent or to a safe disposal arrangement.

All temporary vents and drain valves on pipelines carrying hazardous materials used for pressure testing are removed prior to commissioning of the piping system. All double block or single valve plugs/caps should be tightly closed and 100 % sealed off with appropriate welding to prevent leaks.

#### **3.2.4.3. Instrumentation on piping systems**

The instrumentation on piping systems is usually limited to pressure and/or temperature measuring devices. Usually instrumentation is either installed between flanged connections or at a branch connection from the main piping.

### 3.2.4.4. Pressure relief devices

Pressure relief devices are normally installed on lines, compressors, or pumping stations as a means of relieving abnormal pressures and for emergency situations. If a closed pipeline containing liquid is heated, the pressure within the pipe can exceed the maximum allowable working pressure of the line. Relief devices and systems, and valves are normally designed to API 520 (Part 1 and 2), API 521 and API 526 respectively (or equivalent).

### 3.2.5. Transfer and handling of packaged goods

#### A. Description

[18, UBA, 1999] [156, ECSA, 2000]

The means of transport for loading and unloading dangerous packaged substances, e.g. a stacker, must be designed to suit the characteristics of the substances. If, e.g. drums containing highly flammable liquids are loaded and unloaded an explosion-prevention design is necessary.

Stackers can be equipped with diesel motors, however nowadays in most storage installations electrically-operated vehicles are used. Stacker drivers must be carefully selected and trained in order to avoid accidents.

To dispense liquids, e.g. chlorinated solvents, a portable tank on wheels or a skid is sometimes used. This unit normally has its own permanently mounted pump, used exclusively for solvent transfer and an adequate pressure relief valve. A drip retaining basin is normally applied.

Small containers (to about 25 kg) can be readily emptied by hand. Removing the contents of 200 litre drums can be achieved either by gravity or by using a pump. Under no circumstances should a drum be emptied by using air pressure as the drum may burst. To avoid soil contamination the drum to be emptied can be put on a collector pan, such as a metal grating over a metal drip pan or a collector pan of prefabricated polymer concrete.

**B. Relevant transfer and handling equipment:** Not applicable.

#### C. Possible emission sources (transfer and handling of packaged goods)

Table 3.61 and Table 3.62 show the emission scores for the potential emission sources for transfer and handling of packaged goods. Figure 3.27 explains the methodology for calculating the emission score. The sources with an emission score of 3 or more are addressed in Chapter 4.

It should be noted that the scores have a relative value only and thus should only be considered for packaged goods.

Potential source of emissions to air	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Filling			N/A
Cleaning			N/A
Pigging			N/A
Purging			N/A
Sampling			N/A
(Dis)connecting	1	1	1
Opening	1	1	1
Fugitive	1	1	1
Emptying	1	1	1

**Table 3.61: Possible emissions to air from 'operational sources' with transfer and handling of packaged goods**  
[113, TETSP, 2001]



Potential source of liquid emissions	Emission frequency	Emission volume	Emission score
Draining			N/A
Cleaning			N/A
Sampling			N/A
Pigging			N/A
(Dis)connecting	2	1	2
Pressure relief			N/A
Opening	1	1	1
Emptying	2	1	2

**Table 3.62: Possible liquid emissions to soil/groundwater from ‘operational sources’ with transfer and handling of packaged goods**  
 [113, TETSP, 2001]

Apart from small operational losses, infrequent emissions also occur from incidents and (major) accidents. These emissions are also addressed in Chapter 4.

### 3.3. Storage of solids

The different modes of storing solids are described in the sections as shown in Table 3.63.

Type of storage mode	Sections
Open storage	Section 3.3.1
Sacks and bulk bags	Section 3.3.2
Silos and bunkers	Section 3.3.3
Packaged dangerous solids	Section 3.3.4

**Table 3.63: Storage modes for solids and reference to the sections**

#### 3.3.1. Open storage

[17, UBA, 2001] [116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992]

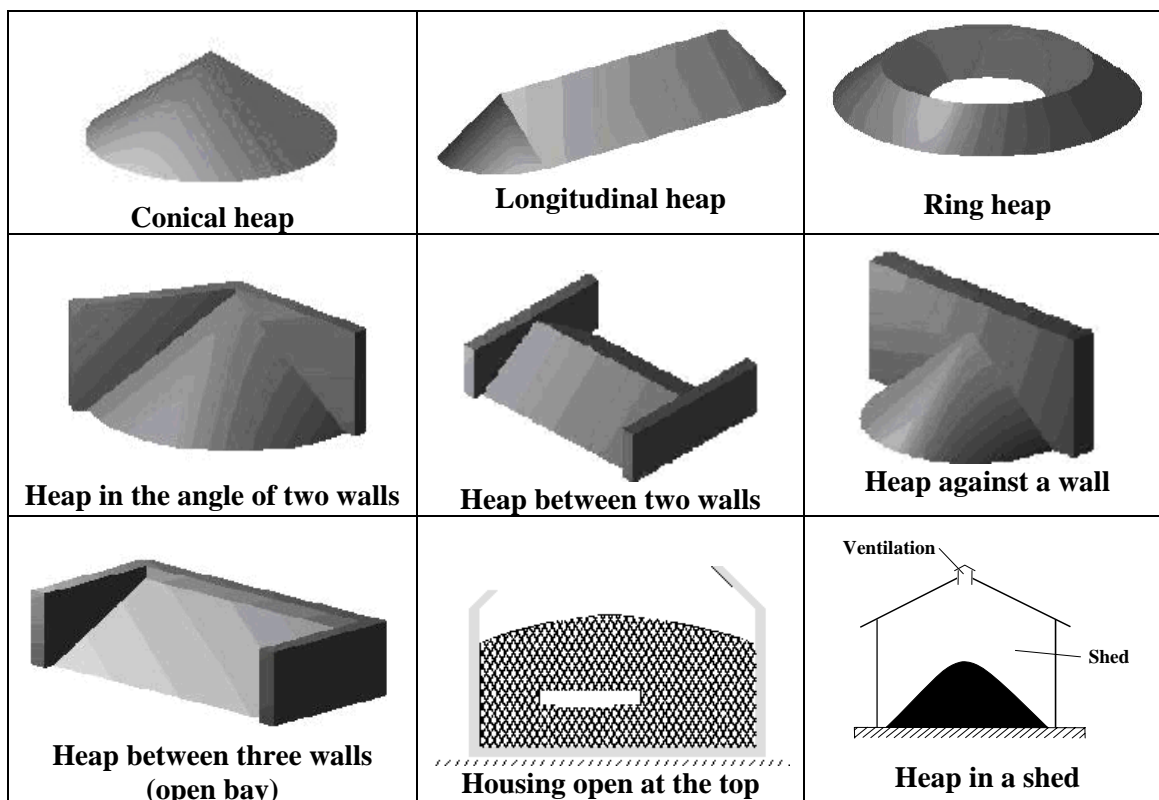
Storage in heaps outdoors or in buildings is used for larger quantities of bulk materials. It serves:

- to stockpile between the place of extraction and the processing plant
- as a buffer between different operations, which work at different times or with different amounts of the material
- to mix different bulk materials
- to homogenise the mass flow
- as a means of transfer from continuous to discontinuous conveying systems and vice versa.

Open storage is suitable for bulk materials such as coal, gypsum, ore, scrap and sand because these are not seriously affected by the weather. The bottom of the storage area can be sealed to protect the material against dirt. In most cases concrete is used. When solid fuels are stored, the support surface is normally waterproof. An outdoor storage facility for limestone (calcium carbonate) is normally fitted with a rainwater collection system.

**Description:** Open storage can be used for short-term or long-term storage and, in general, the heaps are longitudinal or ring-shaped. Depending on the requirements (e.g. if different materials have to be stocked in one place), storage can be up against one or several walls. For example fertiliser is stockpiled against three walls, also called an open bay, or in dedicated sheds.

Table 3.66 shows the various constructions together with the name of the technique and Figure 3.29 shows different shapes of heaps, except the situation where a heap is placed against another heap made of the same or different material, for example, a gypsum heap against a fly ash heap.



**Figure 3.29: Shapes of heaps**  
 [17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Table 3.64 gives the criteria for the selection of the storage shape.

Longitudinal storage places	Ring-shaped storage places
<ul style="list-style-type: none"> <li>• are suitable for very high capacities (up to millions of tonnes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• are suitable for capacities of up to 100000 tonnes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• are suitable when the storage may be extended at a later date</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• are suitable if no extension is planned or necessary</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• are preferred on lengthy sites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• are preferred on squarer sites</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• are suitable when long-term heaps are positioned next to short-term heaps</li> </ul>	

**Table 3.64: Criteria for the selection of longitudinal and ring-shaped storage places**  
 [17, UBA, 2001]

### 3.3.2. Sacks and bulk bags

[17, UBA, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992]

Storage in sacks and bulk bags has no relevance to dust emissions, however, empty bulk bags and sacks that cannot be re-used are waste. It is used especially for quality reasons and in cases in which very dusty goods are handled. In most cases the opening of sacks and bulk bags containing dusty materials is carried out in specialised installations with suitable suction installations within the production sheds. The type of bags used, their size and construction, will depend on the frequency and method of handling climatic conditions and market requirements. For fertilisers polythene bags are often used because these are resistant to water and oil.

### 3.3.3. Silos and bunkers

[17, UBA, 2001] [24, IFA/EFMA, 1992, 116, Associazione Italiana Commercio Chimico, 2001]

In some industrial branches silos are also called bunkers. Silos are normally used for the storage of dry and/or fine materials such as cement and grain. Bunkers are normally used for the storage of material composed of larger particles. The top of bunkers and silos can be open or closed. The open ones are relevant for emissions by wind erosion: emissions from closed ones only appear during loading and unloading.

Silos can be made of concrete, metal or plastic. The capacity of concrete silos can range up to tens of thousands of tonnes, the metal and plastic silos are of a more moderate size. Depending on the product (e.g. clinker or cement), silos are equipped with a fabric filter, sometimes with fabric sleeves that can stand temperatures of up to 150 – 160 °C. For example, fertiliser is stored in closed plastic silos or in open bunkers.

### 3.3.4. Packaged dangerous solids

In Section 3.1.13 the different types of containers and the storage of packaged dangerous substances are described for liquids and liquefied gases. However, this is also valid for the storage of packaged dangerous solids. In practice packaged solids and liquids are often stored together in warehouses. Therefore, a reference is made to the different sections in Chapter 3 that are also applicable for packaged dangerous solids.

Section 3.1.13 Containers and the storage of containers

Section 3.1.13.1 Storage cells

Section 3.1.13.2 Storage buildings

Section 3.1.13.3 Outside storage (storage yards).

### 3.4. Transfer and handling of solids

The different techniques for the transfer and handling of solids are described in the sections as shown in Table 3.65.

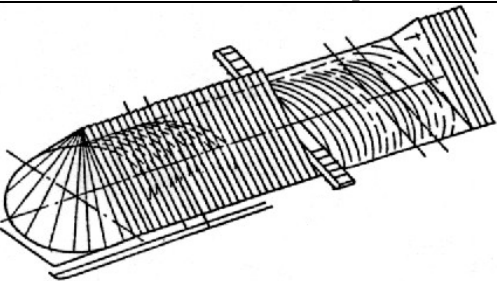
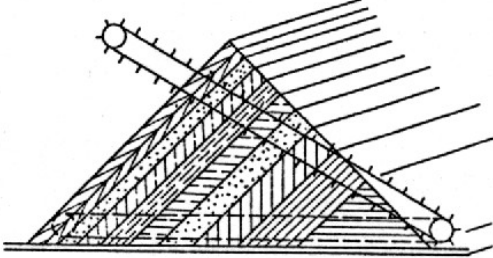
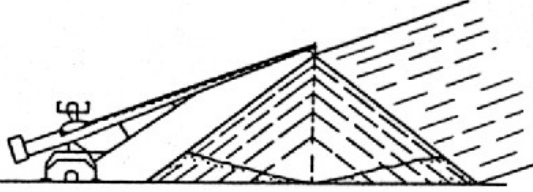
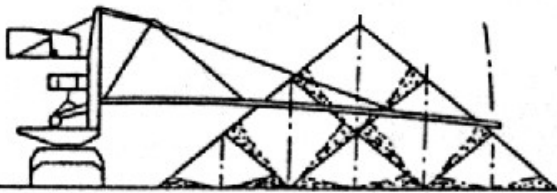
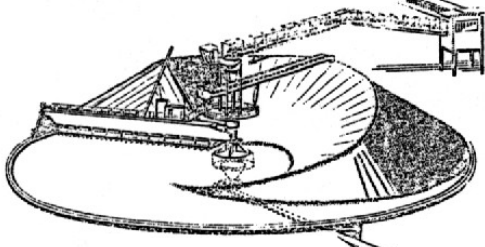
<b>Techniques</b>		<b>Sections</b>
The construction and reclaiming of heaps		Section 3.4.1
Grabs	Batch process	Section 3.4.2.2
Discharge hoppers	Batch process	Section 3.4.2.3
Tubs	Batch process	Section 3.4.2.4
Suction air conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.5
Mobile loading devices	Batch process	Section 3.4.2.6
Wagon and truck emptying	Batch process	Section 3.4.2.7
Dump pits	Batch process	Section 3.4.2.8
Fill pipes	Continuous process	Section 3.4.2.9
Fill tubes	Continuous process	Section 3.4.2.10
Cascade tubes	Continuous process	Section 3.4.2.11
Chutes	Continuous process	Section 3.4.2.12
Thrower belts	Continuous process	Section 3.4.2.13
Belt conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.14
Bucket elevators	Continuous process	Section 3.4.2.15
Trough chain conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.16.1
Scraper conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.16.2
Screw conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.17
Pressure air conveyors	Continuous process	Section 3.4.2.18
Feeders		Section 3.4.2.19

**Table 3.65: Techniques for the transfer and handling of solids, with section references**

### 3.4.1. The construction and reclaiming of heaps

[17, UBA, 2001]

There are several techniques to construct and reclaim a heap.

Structure of the heap	Technique	Explanation
	Cone-shell	Heaps with a conical profile that are constructed/reclaimed with a drivable conveyor (longitudinal heaps) or a rotating conveyor (ring-shaped heaps)
	Strata	Heaps built up in lateral sloping layers with a drivable conveyor that can be raised, lowered, slewed or telescoped
	Chevron	Heaps with sloping layers pitched like a roof and built up with a conveyor that can be raised and lowered
	Windrow	Heaps in rows which are built up in layers (like the chevron) with a drivable conveyor that can be raised, lowered, slewed or telescoped
	Chevcon	Mixture of cone-shell and chevron (roof-like sloping layers)

**Table 3.66: Typical techniques to construct a heap**  
[17, UBA, 2001]

Machines especially elaborated for the construction of heaps are dumpers, such as tipper trucks or wagons and, for the reclaiming of heaps, back-loading devices such as bridge scrapers, lateral scrapers and portal scrapers.

Tripper cars throw the bulk material onto the heap from its side. Depending on the requirements, tripper cars can be equipped with a slewing belt or a transverse belt. Using the same principle a heap can be filled directly from the wagon above the heap.

Belt dischargers are conveyor belts which throw the bulk material over the heap. Depending on the type of heap, these systems are fitted to rotating or running jibs/booms or supporting beams.

Depending on the type of construction chosen, the band discharger can be slewed or adjusted in height and – should the situation require – be telescoped or traversed.

The system has to be flexible in cases where a mixing and homogenisation of the bulk material (so-called mixing heaps) is required in addition to the storage function.

### **3.4.2. Loading and unloading devices**

[17, UBA, 2001]

Section 3.4.2.1 describes the general emission aspects of loading and unloading. Section 3.4.2.2 to Section 3.4.2.13 describe the techniques for the material pick-up and discharge. Sections 3.4.2.14 to 3.4.2.18 describe the techniques for conveyance. A clear distinction between the pick-up and discharge techniques and the conveyance techniques cannot be made and, therefore, all the techniques are described in this Section 3.4.2. Feeders are described in the final section, Section 3.4.2.19.

#### **3.4.2.1. General emission sources from transfer and handling**

In principle, transfer and handling comprises three types of operations, the dust relevance of which is determined by the material itself and the techniques used. The techniques of material pick-up and discharge can be classified as continuous and batch processes, which is shown in Table 3.65.

##### **1. material pick-up, e.g.**

- the unloading from ships or wagons by grabs
- the mechanical unloading from ships or wagons by bucket elevators
- the pneumatic unloading from ships by siphons
- the grabbing of material by bucket loaders.

##### **2. material conveyance, e.g.**

- the slewing of the filled grab with the crane beam
- the conveying by bucket conveyors, elevators, belt conveyors
- the conveying by pneumatic transport
- the transport of material in a filled bucket of a bucket loader.

##### **3. material discharge, e.g.**

- discharge of the material by the opening of the filled grab onto a loading area, into a hopper or onto a heap
- discharge from a conveyor belt onto a loading area, a heap or another conveying system
- the loading of a truck, wagon or ship by a fill pipe or a fill tube
- the discharge of the material from a bucket loader from a dump truck
- pneumatic or atmospheric (gravity) discharge of silo trucks.

There is a worldwide trend towards using continuous systems for unloading specific bulk materials. This is especially valid for sea transport but also for the pneumatic unloading of silo trucks or wagons. The growing significance of continuous unloading systems in sea transport is caused by two factors. One is the relatively rapid and efficient unloading, which is important to save on high ship berthing costs. Secondly, continuous systems create less dust and noise and it is possible to reduce material losses in comparison to grab techniques. The use of continuous ship unloaders is limited by the size of the free ship load area. If the opening of the hold is too small (e.g. with converted tankers), mechanical systems such as bucket elevators or screw conveyors are often not practical. In these cases grabs are more favourable, with frontloading shovels for the trimming.



Dust is emitted while loading if:

- the motion of the mass flow is changed (change of direction or velocity)
- the size of surface particles is reduced by crushing or friction
- the moisture of the material is decreased by climatic conditions.

Closely related to the process of loading is the trimming of the material. This process is necessary when:

- any compacted material has to be loosened before the grab can pick it up
- the jib boom of the unloader is too short and the material must be taken to a central point
- the grabbing apparatus is too clumsy
- the remaining material around the edges has to be removed.

Other procedures to clean up residues from the wagons and trucks are:

- mechanical procedures, e.g. vibrators if dumpers are used, or brushes
- hydraulic procedures, e.g. truck washing, direct water jet
- pneumatic procedures, e.g. industrial vacuum cleaners.

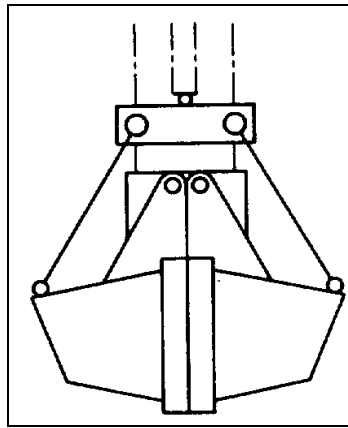
In many cases, frontloaders are used to trim the remaining material and to clean the ship's hold. Cleaning is normally only necessary when different bulk materials are being handled. Two methods of gathering and disposing of solid waste from ships are described in: 'Übereinkommen über die Sammlung, Abgabe und Annahme von Abfällen in der Rhein- und Binnenschifffahrt, Anlage 2, Anhang III Entladestandards und Abgabe-/Abnahmevorschriften für die Zulässigkeit der Einleitung von Wasch-, Niederschlags, und Ballastwasser mit Ladungsrückständen; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt'.

The use of continuous conveying systems is dependent on:

- the properties of the material, such as bulk density and angle of the heap, particle size, adhesion and cohesion properties and moisture sensitivity
- the sensitivity of the material to mechanical handling and its thermal and chemical properties
- the required throughput
- the economy.

### 3.4.2.2. Grabs

**Description:** Grabs are technical installations with two or more controlled shells which penetrate the bulk material in an open condition, pick up the material by closing and discharge it by opening. In general, the capacity of grabs – dependent on the type of grab, its weight and size – is limited to 2000 to 2500 t/h. Grabs are normally only used to pick up the material; belt conveyors are used for further transport. Figure 3.30 shows a two-shell grab.



**Figure 3.30: Two-shell grab**  
 [17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

Grabs are the most commonly used tools in loading and unloading processes because:

- they are versatile
- they can be easily swapped when another type of bulk material is to be handled
- their capital cost is relatively low
- they can load and unload at the same rate.

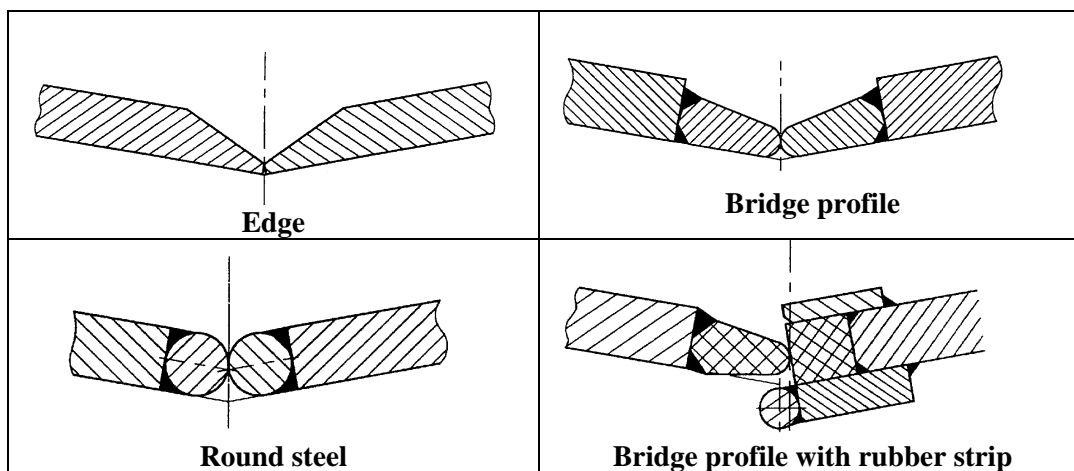
Potential disadvantages of the grab technique may be:

- the strong dependence on the correct operating technique
- the slightly disadvantageous ratio between the nominal capacity and the effective capacity compared to continuous unloading techniques
- the weight of the grab shells themselves.

The controlling of the grabs is normally carried out mechanically with cables. The option of controlling the grabs hydraulically with motors is rarely used for bulk materials. A wire grab takes 10 seconds to close the shells, whereas a motor grab takes 20.

The shape of the edges of the grab is important to control dust emissions.

Figure 3.31 shows different shapes of grab edges.



**Figure 3.31: Different shapes of grab edges**  
 [17, UBA, 2001] with reference to MB Kröger Greifertechnik GmbH

The rubber joint is particularly suitable for very fine flowing bulk materials, e.g. fish-meal. For lumpy bulk materials like iron and ores, rubber joints are not strong enough and are therefore not used. Rubber joints need to be cleaned and maintained regularly, if they are to be effective.

If different materials are handled, joints with two round steel edges are commonly used. Precise fitting of the grab edges is vital for optimal closing and minimum dust emission. Problems with the precise fittings can arise from the constant abrasion of the edges. Edges which overlap prove not to be suitable in practice because they are especially sensitive to damage.

**Emissions:** Emission-relevant process steps are:

- dumping of the material (dust formation depends on the fall height)
- overloading or not totally closing the grab shells (the material spills)
- slewing of the grabs (dust emissions arise from drifting).

**Applicability:** Grabs are used for transport from ship to ship as well as from ship to storage and/or to wagon and also for the move from storage to processing plants. Grabs are applicable for nearly all bulk materials, including those with a high moisture content (which is not the case with e.g. pneumatic systems). However, their use should be avoided for dry drift sensitive bulk materials because of the potential dust emissions.

#### 3.4.2.3. Discharge hoppers

**Description:** Discharge hoppers are devices which take the discharged product (from grabs or from belts) and deliver it in a jet onto the load area of a vehicle (truck or wagon), onto another conveyor system or into the storage system. Discharge hoppers are often fitted with gratings or lamellae in order to ensure an even flow of material and to prevent larger pieces of material blocking the flow; the lamellae require the bulk material to be fairly fluid. Feeders are used for even delivery to the next conveying device. Hoppers can be equipped with a height adjustable fill tube and with a dust apron when they are used, e.g. for loading vehicles.

**Applicability:** Loading and unloading of bulk materials in ports, e.g. ship unloading by grabs or discharge onto a belt after silo unloading to load a truck or a wagon. A hopper is suitable for nearly all bulk materials (up to a particular size); e.g. grain, fertilisers, coal, non-iron metal ores or concentrates, raw materials of the cement industry.

#### 3.4.2.4. Tubs

**Description:** Tubs are used to load as well as to transport. Tubs are transportable vessels with at least one gate. They cannot pick up the material but are normally filled from the top. In order to empty the tubs a bottom plate is swung aside (bottom emptying tub), the tub is tilted (tilting tub) or gates open (a gate tub similar to the grab). Tubs are normally not suitable for dusty goods. Figure 3.32 shows different tub types.

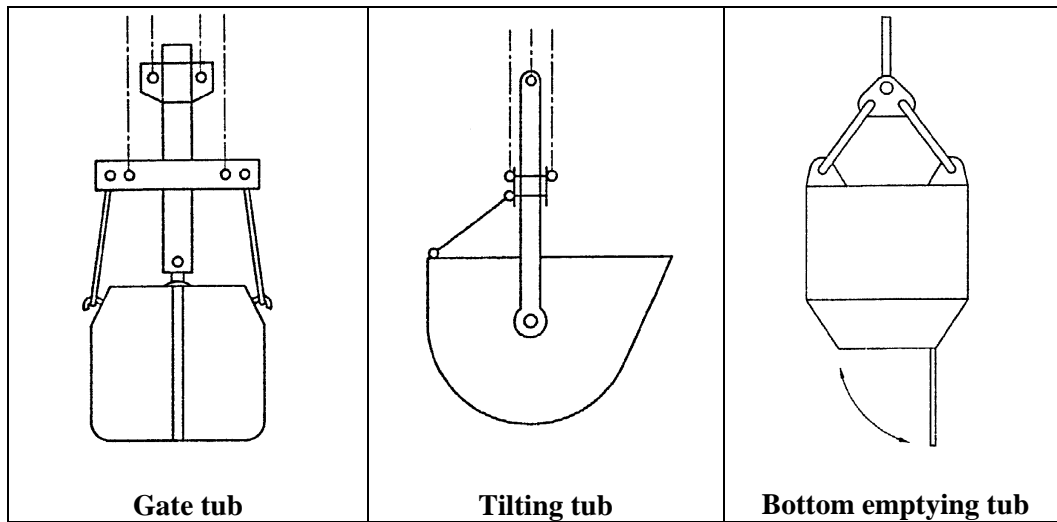


Figure 3.32: Different tub types  
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

### 3.4.2.5. Suction air conveyors

**Description:** Pneumatic conveyors, such as suction air conveyors, transport the material in closed pipes by streaming air, with the air compressor arranged at the end of the process chain. There are suction and pressure installations and Figure 3.33 shows the process principle of a suction system. The pressure system, which is not an unloading but a transfer device, is described in Section 3.4.2.18.

Suction air conveyors may be installed as mobile or stationary installations. Mobile systems are suitable if different port activities take place at the same point or if the installation is only needed from time to time. Stationary installations are growing in number because the transport of goods is steadily increasing together with the number of suitable specialised terminals.

The material is sucked by a nozzle and is then transported under vacuum to the separator which separates the airflow and material flow. The conveyed material is discharged in most cases over cell-wheel gates. At this point the vacuum is separated from atmospheric pressure. The discharged material is then transferred to continuous conveying systems.

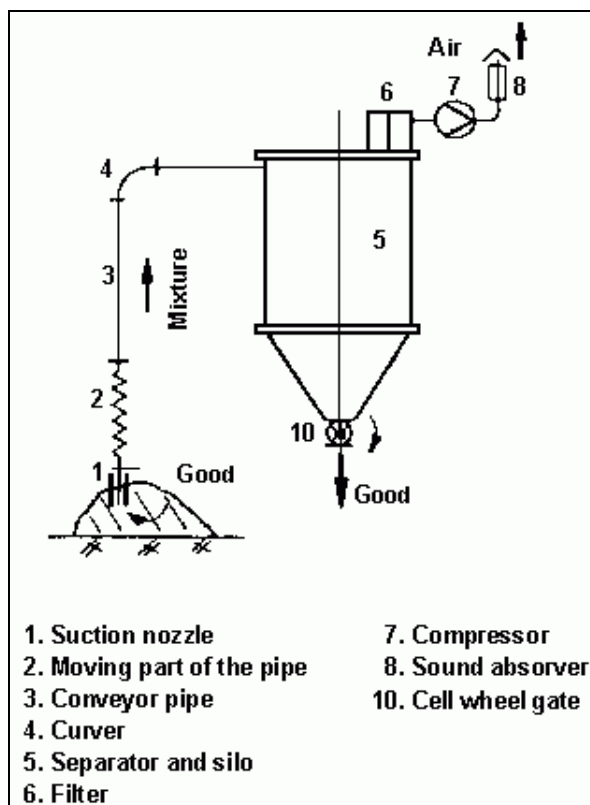
The installation is very flexible by:

- the rotating and the kick-in/kick-out movement of the suction head
- the bending and the telescopic manner of the vertical suction pipe
- the mostly drivable concept of the installation.

Nearly every area of the ship which needs to be unloaded can be reached. At the end of the unloading time the material layer gets too thin and it is more practical to use, e.g. a frontloading shovel to trim the remaining material.

The throughput of pneumatic conveyors is influenced by the material type, the cross-section of the pipe, the air pressure and the route. For example, grain can have a throughput of 500 - 600 tonnes per hour and aluminium oxide a throughput of 1000 tonnes per hour.

The essential advantages are the prevention of dust because of the closed system and dust control by filters, the simple construction, the long lifetime and the fact that no movable parts are used in the load room. The investment is relatively low. An essential disadvantage is the often high energy consumption.



**Figure 3.33: Function principle of a suction air conveyor**  
[17, UBA, 2001] with reference to Pfeifer, 1989

**Applicability:** Suction air conveyors are suitable for bulk materials where the specific density is less than  $1.2 \text{ g/cm}^3$ . They are used in many industrial fields, typically in agriculture, mining, chemicals and food industries, for materials such as grain, aluminium oxide, petroleum coke, cement, limestone, lime and clay, potash, sodium sulphates and similar chemicals, fertilisers, salt and some plastics. They are used for the unloading of ships, wagons and trucks.

**Emission:** Additional textile filters may be installed behind the separator to remove dust from the emitted air. Dust emission levels of  $5 \text{ mg/Nm}^3$  can be achieved, but the filters are dimensioned for a dust emission level of 20 to  $25 \text{ mg/Nm}^3$  in order to reduce investment.

Like all pneumatic systems, suction air conveyors have a very high energy consumption: for light materials such as agricultural products, a value of 1 kWh per tonne and for heavy materials like clay or cement, a value of 2 kWh per tonne. In comparison, values between 0.3 and 0.8 kWh per tonne can be assumed for mechanical conveyor systems.

#### 3.4.2.6. Mobile loading devices

**Description:** Mobile loading devices are excavators and frontloaders. They are used:

- to work on small heaps
- to load vehicles
- to bring the material to bins or boxes
- to feed hoppers
- to trim the material in ships.

**Emissions:** Emissions arise from the lifting of the bucket, from wind drifting or from dumping. The open handling favours dust formation.

### 3.4.2.7. Wagon and truck emptying

**Description:** Wagons and trucks are used to transport grain, fertiliser, coal, sand or ores. Table 3.67 shows the typical bulk material wagons and trucks used in Germany.

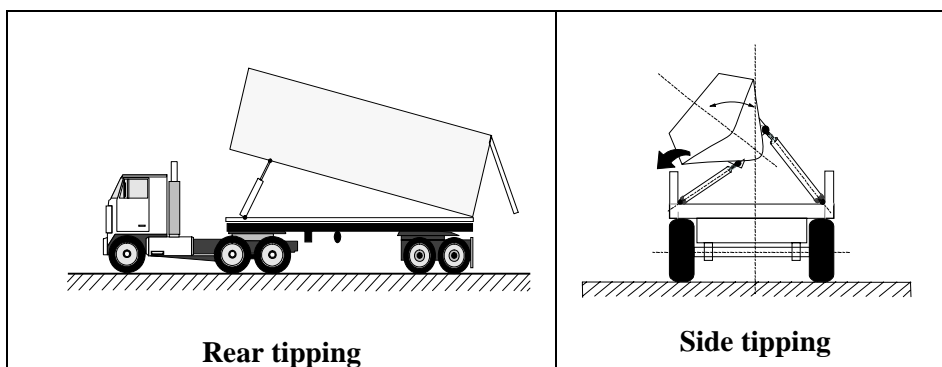
Types	Principle	Bulk material
1. open wagon/truck	<ul style="list-style-type: none"> <li>wagon/truck open at the top</li> <li>not self-unloading (partly by grabs or by special tilt equipment)</li> </ul>	Coal, briquettes, scrap, ores, stone, gypsum and minerals
2. open wagon/truck with gravity unloading – dosable	<ul style="list-style-type: none"> <li>loading space with several juxtaposed hoppers</li> <li>dosed lateral material unloading by gravity through dosable openings</li> </ul>	Gravel, sand, and stone chippings
3. open wagon/truck with gravity unloading – instantaneous	<ul style="list-style-type: none"> <li>wagon/truck open at the top</li> <li>saddle-shaped bottom</li> <li>instantaneous material unloading through side-gates (also with bottom unloading)</li> </ul>	Gravel, sand, stone chippings and gypsum
4. tipper wagon/truck	<ul style="list-style-type: none"> <li>wagon/truck with a pit, tipping over the side (for trucks also over the front) and driven by a pneumatic ram</li> <li>separated valves (the lower valve serves as a chute)</li> </ul>	Building waste, building material and gypsum
5. wagon/truck for pressure unloading	<ul style="list-style-type: none"> <li>closed wagon/truck</li> <li>emptying by pipes into silos</li> </ul>	Cement, lime flour, quartz sand, soda, aluminium oxide, sugar, flour, semolina and salt
6. covered wagon/truck with gravity unloading – dosable	<ul style="list-style-type: none"> <li>like 2, but with a slewable roof</li> </ul>	Moisture-sensitive bulk materials, e.g. grain
7. covered wagon/truck with gravity unloading – abruptly	<ul style="list-style-type: none"> <li>like 3, but with a slewable roof</li> </ul>	Moisture-sensitive bulk materials, e.g. gypsum

**Table 3.67: Survey of typical wagons/trucks for bulk materials [17, UBA, 2001]**

The emptying of wagons/trucks is carried out via lateral discharge openings or at the bottom of the wagon/truck. With lateral emptying, the material is led via special gutters to the next handling device or directly onto belts/bands. It is similar in principle to the bulk gutter unloading of road vehicles and is often used for fertiliser. Unloading stations are generally roofed or partly enclosed (particularly when handling moisture-sensitive bulk materials). Totally closed housing is not usual for railway unloading.

In seaports, it is common practice to unload wagons/trucks over the side onto belts; the material is conveyed either to a subsequent means of transport (truck or ship) or to a storage system (heap, shed or silo). Figure 3.34 shows a rear tipping and a side tipping truck, Figure 8.1 in Annex 8.8 shows some wagon types used by the German railway, with different unloading techniques.

**Emissions:** The loading (by grabs, loading pipes or discharge from conveyor belts) and unloading of the wagons are the two relevant process steps. Capsulation or suction systems can be installed.



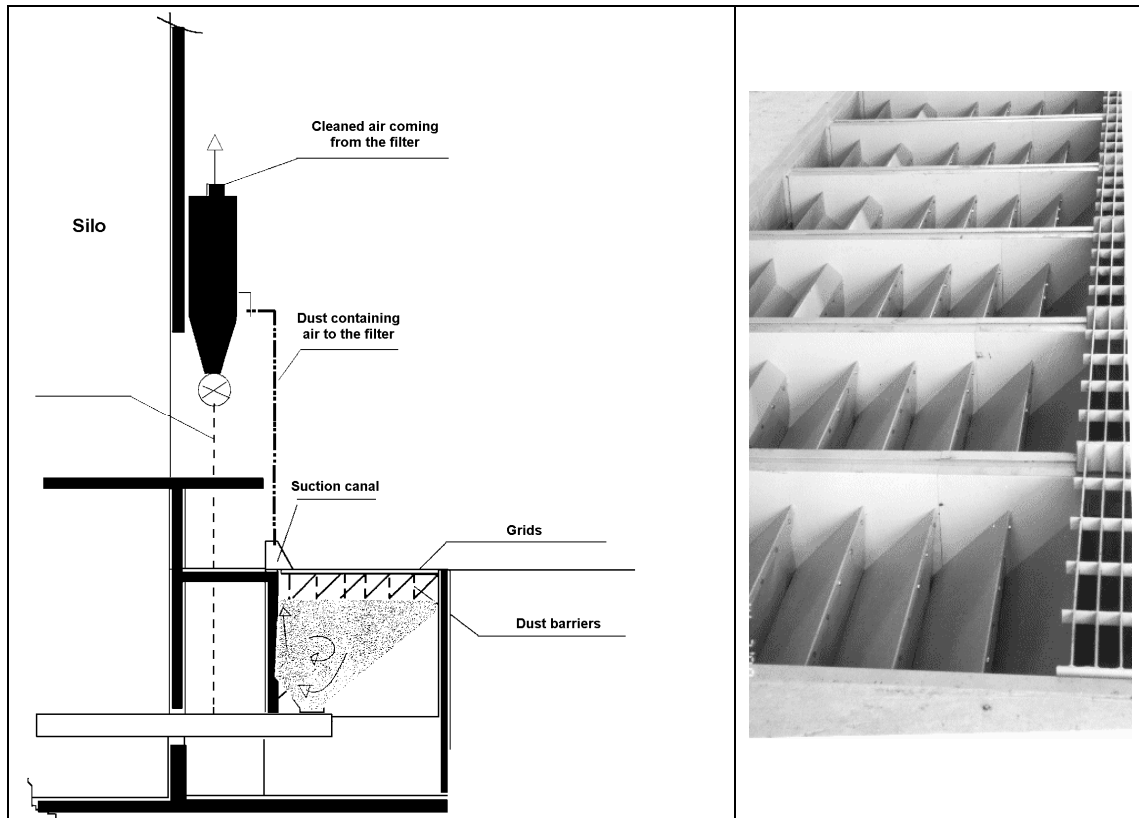
**Figure 3.34: Dump trucks**  
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

### 3.4.2.8. Dump pits

**Description:** Dump pits are ground excavations covered with a grid into which the material is tipped at high velocity. Dump pits are normally used to unload tipper wagons (e.g. with grain).

Dump pits can be equipped with so-called dust barriers. These lamellae open when the material is fed in. The dust that comes up is held back either by the following material or, when the mass flow stops, by the closing dust barriers. Dump pits can also be equipped with a suction system. Apart from dust barriers or a suction system, the reception area can be housed. Another possibility is the housing of the vehicle and pit area by a movable curtain system.

**Applicability:** Dump pits were developed for the unloading of grain, but are in principle applicable for all free-flowing bulk materials.



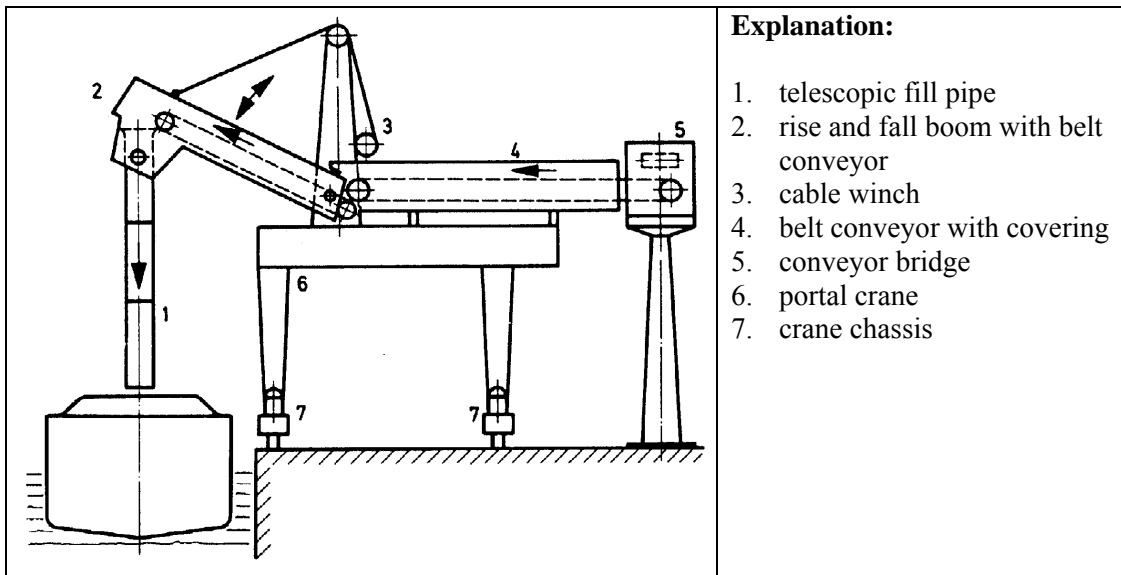
**Abbildung 3.35: Dump pits with suction and dust barriers**  
[17, UBA, 2001] with reference to Franz Rubert and Co. GmbH, 2000 (left picture) and Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord AG, 2000 (right picture)



**Emissions:** Dump pits without dust barriers can cause high dust emissions; when grain is unloaded, dust can shoot up three metres high and be dispersed over the surrounding area. Sometimes dump pits are equipped with suction equipment.

**3.4.2.9. Fill pipes**

**Description:** With fill pipes, the material slides or falls down a pipe under gravity. There are several variations of fill pipes. Synonyms are ‘loading pipe’ and ‘down pipe’. Figure 3.36 shows a ship loader for bulk materials with a fill pipe.



- Explanation:**
1. telescopic fill pipe
  2. rise and fall boom with belt conveyor
  3. cable winch
  4. belt conveyor with covering
  5. conveyor bridge
  6. portal crane
  7. crane chassis

**Figure 3.36: Ship loader with fill pipe**  
 [17, UBA, 2001] with reference to Pfeifer, 1989

Fill pipes are available as a rigid pipe or as a vertical and/or horizontal movable pipe. The movability is achieved by lifting devices with ropes, telescopic booms and kick-in/kick-out installations. With a movable fill pipe the fall height can be (automatically) regulated and loading heads can be installed at the end of the pipe to regulate the output volume. A movable fill pipe can also be composed of an upper pipe and a lower pipe; they are joined with a seal and the lower one is telescoped by sliding pieces or pulleys. In very long pipes, baffles are installed to reduce the fall velocity.

**Applicability:** Fill pipes are used to load containers, trucks, trains and ships.

**3.4.2.10. Fill tubes**

**Description:** Fill tubes (also called loading tubes) can be used for closed and open loading. For open loading of bulk materials onto open trucks, ships or heaps, covers or aprons are fixed at the end of the tube to minimise the spreading of dust. For closed loading in silo trucks or containers, a cone with a fill alarm is fixed at the end of the tube so that dust cannot be emitted. The tube is composed of an inner and an outer tube and is made of plastic or of a tough woven plastic textile.

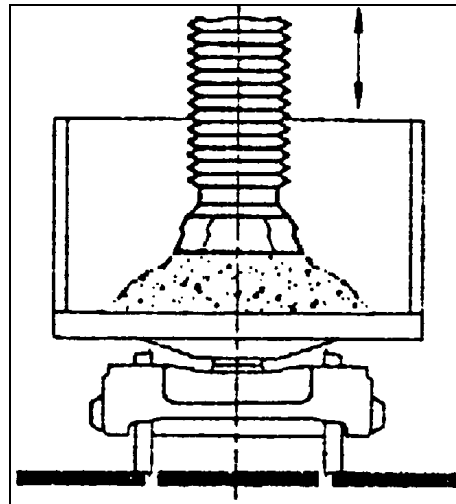


Figure 3.37: Fill tube  
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

**Applicability:** Fill tubes are used to load containers, trucks, wagons and ships.

**Emissions:** Similar to the fill pipe (Section 3.4.2.9), a fill tube minimises the free surface in order to achieve a nearly dustless loading.

#### 3.4.2.11. Cascade tubes

**Description:** A cascade tube is a fill tube where a cascade is put in; see Abbildung 3.38. The material slides and falls alternately. The low fall heights and the changes of the direction mean that there is scarcely any dust formation during loading and the material is treated more carefully.

Cascade tubes with throughputs of 30 to 5000 m<sup>3</sup>/h are available. They are coated with extremely high density polyethylene, sintered aluminium, ceramic brick and steel, which are all resistant to abrasion.

Installing a level sensor enables the tube to automatically maintain an appropriate distance from the surface of the material.

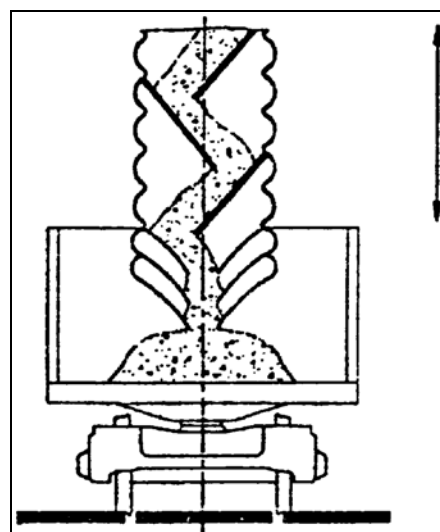


Abbildung 3.38: Cascade tube  
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

**Applicability:** Cascade tubes are used to load containers, silos, trucks, wagons and ships, and for transfer between conveyor belts. Suitable bulk materials are: powdery to coarse flowing bulk materials, e.g. potash, phosphate, grain, coal, coke, heavy sodium, aluminium oxide, cement, sodium phosphate, maize and animal feed. The technique has a relatively simple construction and only needs simple maintenance and cleaning.

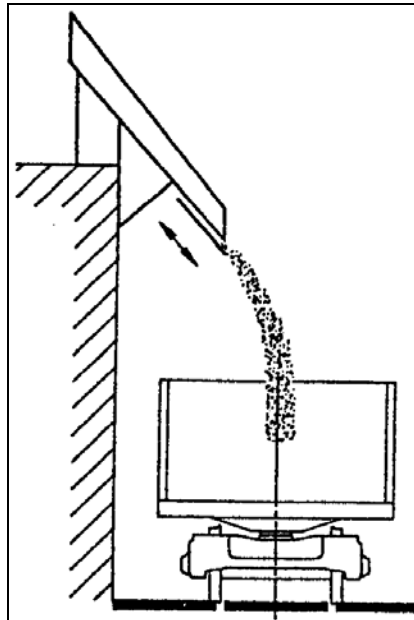
**Emission:** The cascade tube not only minimises the free surface at the discharge point, but also reduces the velocity of the material in order to achieve a nearly dustless loading.

**Economics:** A positive effect is the reduction of quality loss of the handled material.

**Reference plants:** Kali Transport Hamburg, the ports of Wismar, Lübeck and Philippstal, Germany.

### 3.4.2.12. Chutes

**Description:** Chutes are bulk material conveyors where the material slides downwards in an open or closed sloping groove. Chutes are used as loading tools or as transfer devices between two conveyors. There are rigid and movable chutes. Movable chutes can be vertical and horizontal slewable or drivable either backwards and forward or diagonally.



**Figure 3.39: Loading of a wagon by a chute**  
[17, UBA, 2001] with reference to DIN 30800-3

A minimum slope angle is required that varies with the specific flow properties of the conveyed material. Although a low friction and/or high abrasion resistance coating can be used to protect the chute, wear will still take place, at a rate dependent on:

- the chute length
- the angle of the slope
- the specific area load
- the slide velocity
- the frictional properties of the chute material.

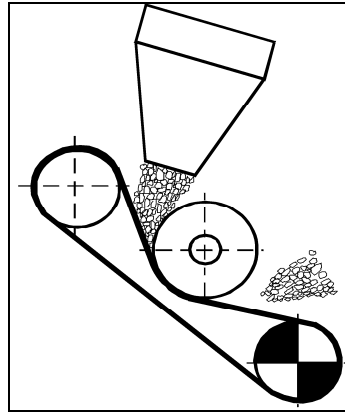
**Applicability:** Generally, chutes are suitable for non-caking materials and for dry operations. Because of the dust emissions, chutes are not applicable for fine powdery materials.

**Emissions:** The finer the material, the more dust will form.

### 3.4.2.13. Thrower belts

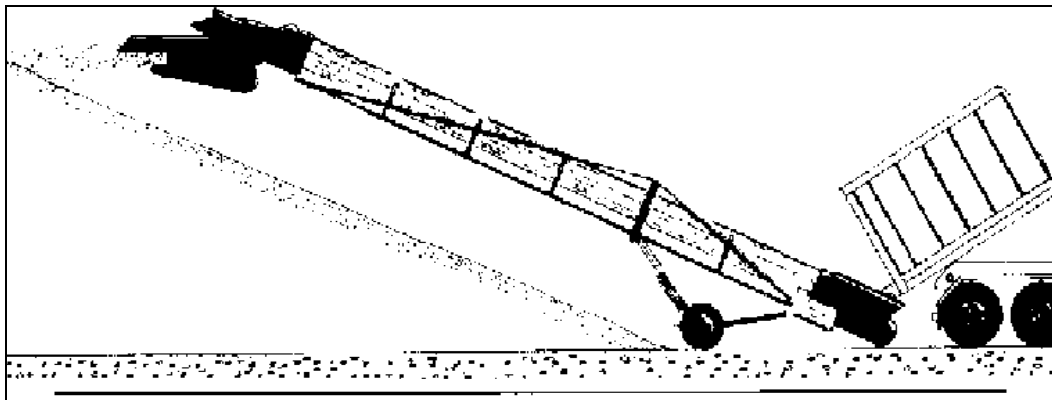
**Description:** Thrower belts are short rubber belt conveyors which reach very high conveyor velocities of 10 to 20 m/s. They are used as the last part of a loading chain if, for local reasons, the conveyor or loading system cannot be installed near enough to the discharge point. Examples are:

- ship loading in combination with vertical loaders if the loading bridge is not long enough



**Figure 3.40: Thrower belt**  
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

- to feed smaller heaps if the material properties mean that only flat heap angles can otherwise be achieved.



**Figure 3.41: Thrower belt used for constructing heaps**  
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

**Applicability:** Thrower belts are used in situations where the conveyor or loading system cannot be installed near enough to the discharge point.

**Emissions:** Thrower belts cause a lot of dust emissions.

**3.4.2.14. Belt conveyors**

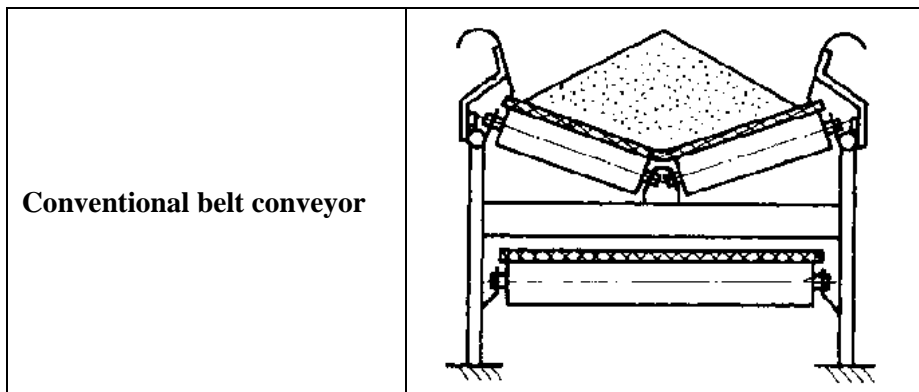
[17, UBA, 2001] [137, suppliers information, 2002] [139, suppliers information, 2001] [138, suppliers information, 2001] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Description:** Belt conveyors are the most used and the best-known continuous conveyor systems. On belt conveyors the conveyed material is transported on an endless belt on support pulleys, slide strips or on an air film, made of rubber or plastic. Types of belt conveyors are:

***Belt conveyors***

With belt conveyors, the material is transported on the top side of an endless rubber belt with wire reinforcement. They are used as mobile systems or as part of stationary installations. A characteristic of the conveyor belts is that they are concave.

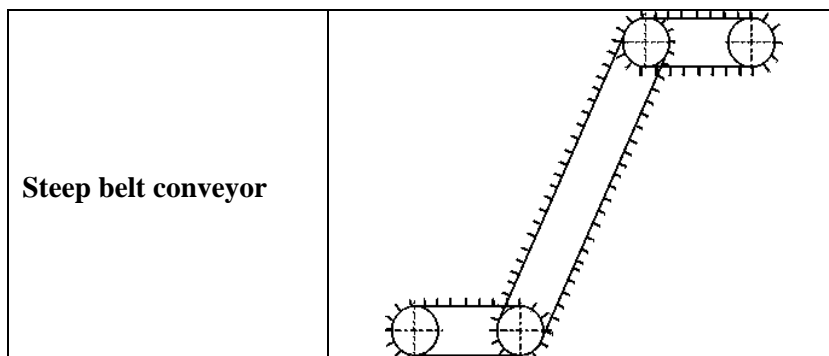
**Emissions from belt conveyors:** With open outdoor conveying systems, dust emissions are caused by the wind, an effect exacerbated by the vibrations of unsupported conveyor belts. Dust emissions also occur when caked-on material falls off while the belt is running back after the discharge. Dust emission from the material that is fed onto the belt can occur if the feed velocity does not match the belt velocity. Another source of emissions are when the belt is overloaded and the material falls off.



**Figure 3.42: Conventional belt conveyor**  
[91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

***Steep belt conveyors***

Steep belt conveyors are similar to the conventional belt conveyor. In order to overcome slopes, the band is reinforced with profiles or small side-belts.

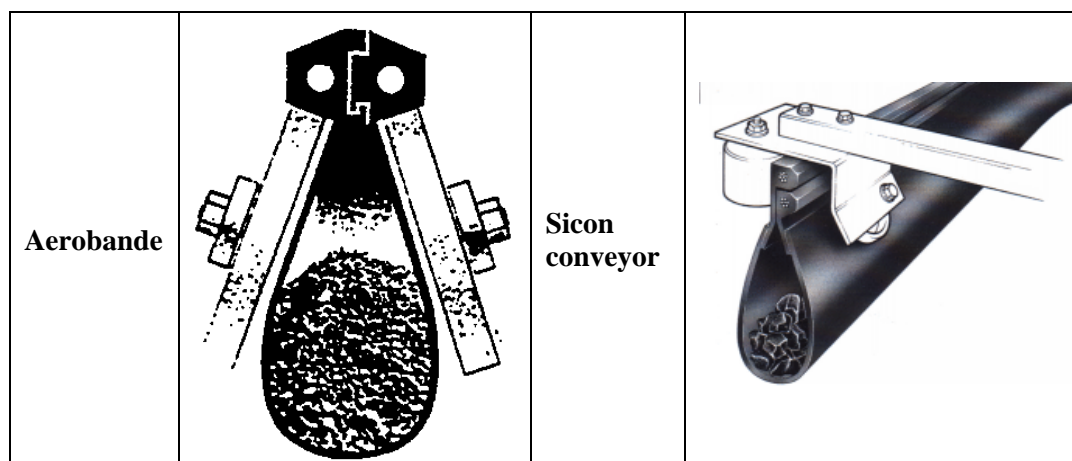


**Figure 3.43: Principle of a steep belt conveyor**  
[17, UBA, 2001]

***Hanging belt (or loop belt) conveyors***

Hanging belt conveyors are a relatively new kind of belt conveyor which are not often used, because of the high cost. The belt is formed as a loop by pressure and support pulleys. The belt is opened in order to discharge the material. With this type of conveyor, extremely tight curves (up to 0.4 m) are possible.

The most recent innovation in the field of continuous vertical conveying is a belt in the (patented) shape of pockets that make all hinges unnecessary. Belt speeds of up to 6 m/s are possible. These types of conveyors in shaft applications reach volume flows of 1000 m<sup>3</sup>/h at a vertical lift of 500 metres. For self-unloading vessels they can achieve volume flows of 5000 m<sup>3</sup>/h at a lift of 35 metres. All kind of material can be conveyed in a vertical path since different rubber qualities are available to suit different requirements as, e.g. heat resistance or oil resistance. Due to the simple construction with less rotating parts, this type of system offers the further advantage of energy saving by lower frictional losses.



**Figure 3.44: Examples of hanging belt conveyors**  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

***Tube belt (or pipe belt) conveyors***

Tube belt conveyors are a special type of the conventional belt conveyor. After the feed-path, the conveyor belt forms a nearly circular cross-section, the belt edges overlap and form a closed tube. The material is conveyed in the inner side of the band, which is rolled by (3 to 5) drive pulleys. The material is protected against the weather and dust emissions are minimised. At the – usually housed – discharge point, the belt is opened to discharge the material.

Belt conveyors of this type are suitable for fine and for lumpy materials up to a size of one third of the tube diameter. They are used to overcome long distances (and steep inclines of up to 60°), e.g. in mines and iron and steel works, because the system allows curves so that intermediate transfer points are not necessary. Other applications are in the cement, fertiliser, food and chemicals industries, to transport materials such as ores, coal, coke, limestone, broken stones, cement, gypsum, copper ore concentrate, ash and salt.

The belt speed ranges from 60 m/min to 300 m/min, roughly the same as a conventional belt conveyor. With regard to the handling capacity, a pipe conveyor can transport the same amount of material as a belt conveyor with a belt width which is three times the pipe diameter.

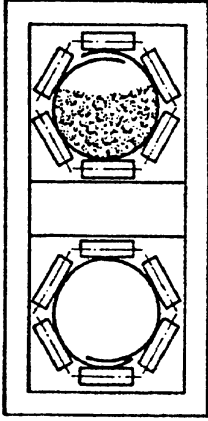
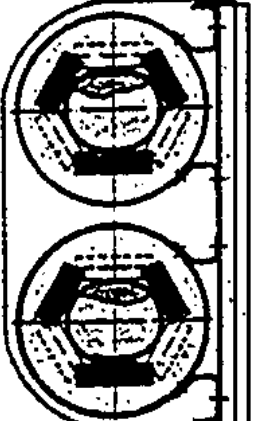
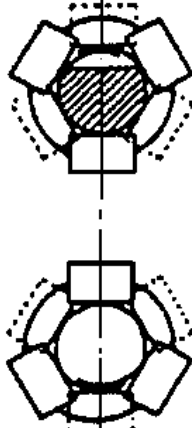
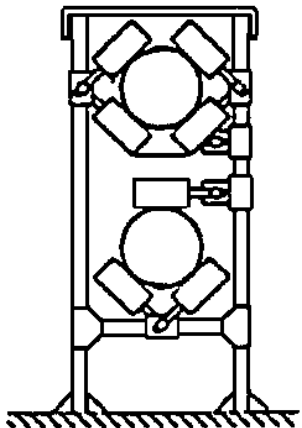
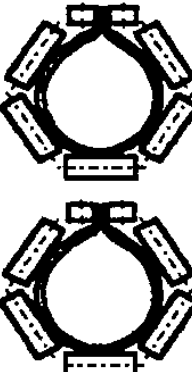
<p>Tube belt conveyor</p>		<p>Rollgurt conveyor</p>	
<p>New tube belt conveyor</p>			
<p>Mitsui tube belt conveyor</p>		<p>Super conveyor (Rondex)</p>	
<p>Tubular conveyor</p>			
<p>Tokai conveyor</p>			

Figure 3.45: Different designs of tube belt conveyors [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Double belt conveyors**

Double belt conveyors use two conveying belts, normally a support (or carry) belt and a cover belt, which are brought together in the sloping or vertical part of the installation. The support band has raised edges and cross-profiles which support the material during vertical transport. At the bottom, the belt system is led over a drum, from which it picks up the material while moving downwards. The wedge effect between the two belts carries the material upwards to the transfer point, which may be a hopper.

This technique requires a relatively even particle size. Generally, materials between fine and coarse are suitable, but not powdery or lumpy materials or those that tend to cake on. This type of belt is especially suitable for products vulnerable to deterioration or degradation. A disadvantage of the sandwich or twin belt conveyor is that it cannot make curves.



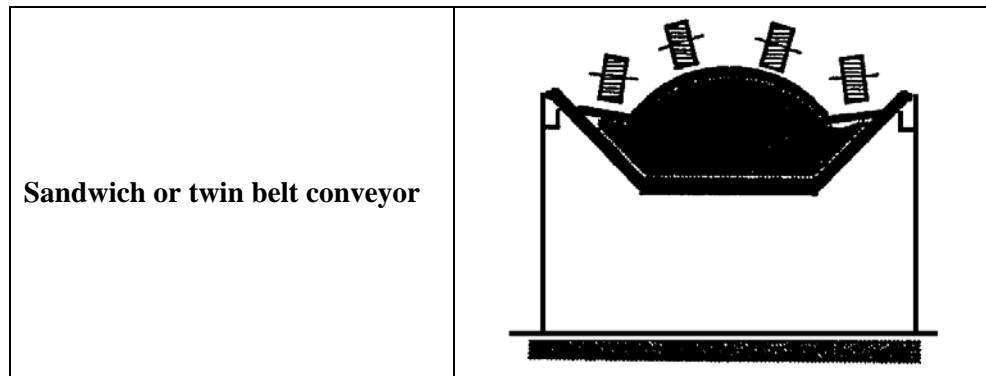


Figure 3.46: Example of a double belt conveyor [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Folding belt conveyors**

With folding belt conveyors, the belt is folded with the help of support pulleys in such a way that the product is completely enclosed.

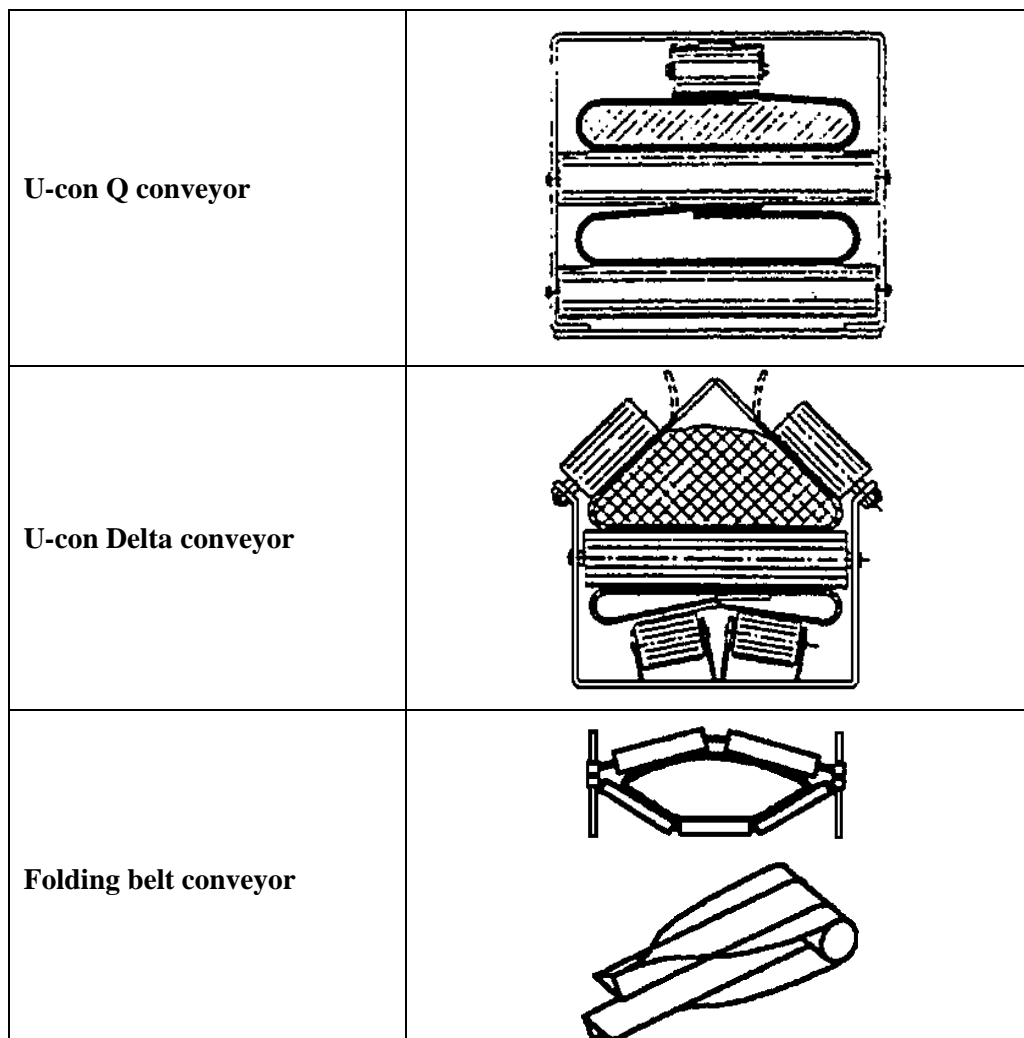
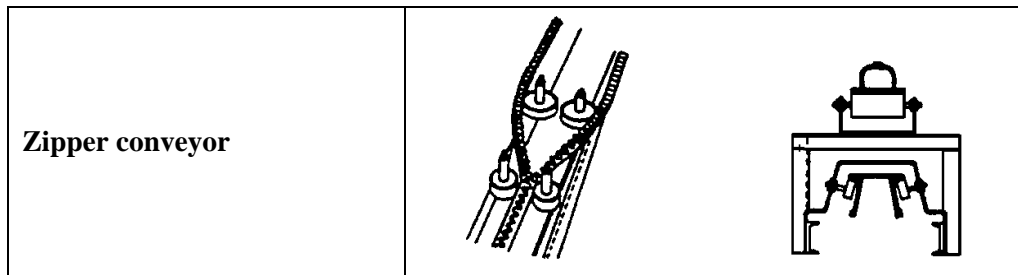


Figure 3.47: Examples of folding belt conveyors [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Zipper conveyors**

With zipper conveyors the product is completely enclosed by the belt because the edges of the belt are connected to each other by means of a zipper.



**Figure 3.48: Zipper conveyor**  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

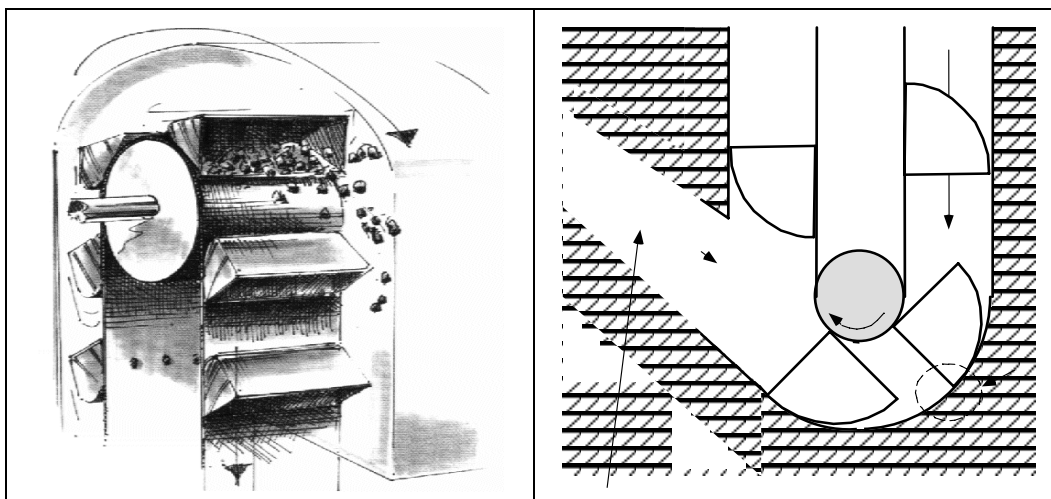
**3.4.2.15. Bucket elevator**

**Description:** Bucket elevators are conveyors where the buckets that pick up the material are fixed to a drive mechanism such as a chain or a conveyor belt. The shape and material of the buckets depend on the material that is to be conveyed. Bucket elevators are used for vertical transport, as they can lift to great heights, but are also used as continuous ship unloaders to convey the material horizontally and vertically in one device. In these cases, the conveyor foot is L-shaped. The advantage of the L-shaped foot is that the bulk material can be picked up fairly close to floor level and out of the corners of the ship's hold, which reduces the need for trimming. The flexible conveyor shoe can be adapted by hydraulic systems to the geometry of the hold, enabling optimum filling of the buckets.

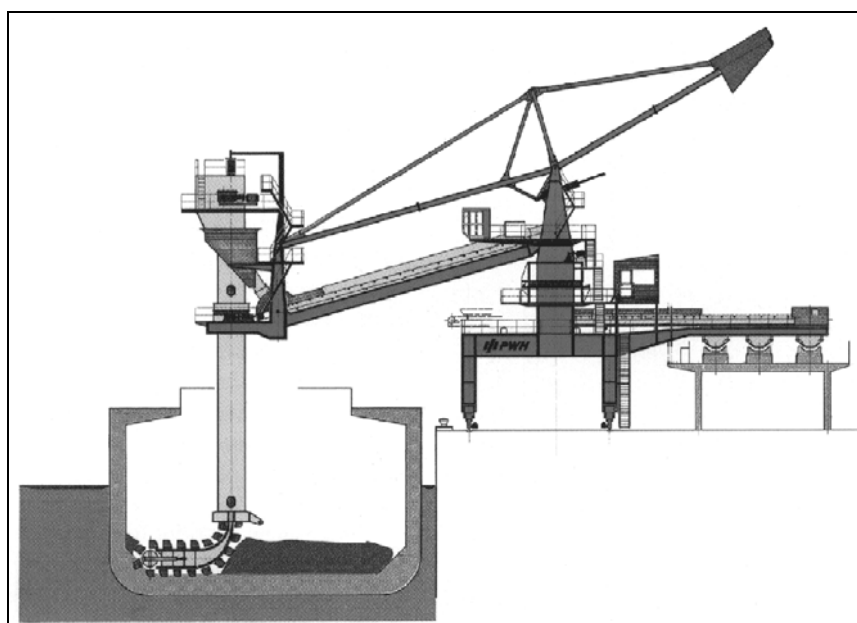
The fill factor is the proportion between the design volume of the bucket and the actual fill and is dependent on:

- shape and velocity of the bucket elevator
- type of the bulk material being handled
- relative position of the buckets to the bulk material surface
- relative position of the buckets which are in contact with the bulk material.

The discharge of the material takes place at the head of the bucket elevator either by gravity unloading (with slowly running conveyor systems) or by centrifugal force (with fast running conveyor systems). The conveyor velocity is 0.3 to 1.6 m/s with steel chains and 1.5 to 4 m/s with conveyor belts. Conveyor heights of 110 m are achievable with a belt and 60 m with a chain. The maximum throughput may be up to 3000 t/h on average to 4000 t/h peak.



**Figure 3.49: Construction and function principle of a bucket elevator**  
[17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]



**Figure 3.50: Continuous ship unloader with bucket elevator technique and L-shaped pick-up foot**  
[17, UBA, 2001] with reference to Krupp Fördertechnik GmbH, 2000

**Applicability:** Bucket elevators are suitable for the conveying of bulk materials from powdery to moderately lumpy (up to 60 mm particle size) which do not have caking-on and no strongly abrasive properties, e.g. flour, corn and pulses, sand, coal, limestone, cement or ash.

**Emissions:** The bucket elevator is encased and can be equipped with a suction system, so little or no dust emissions will occur. The material pick-up and discharge are potential sources of dust emissions.

**Reference plants:** Bucket elevators with the L-shaped pick-up foot are applied in European steelworks such as Riva Acciai in Taranto, Italy, Sidmar Steelwork in Gent, Belgium, Ferrol, Spain and in Dillinger Hüttenwerke AG, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Germany.

**Economics:** For the specific case of Dillinger Hüttenwerke the investment was around DEM 8 million (about EUR 4 million). The capacity of this ship unloader varies between 1200 and 1500 t/h, depending on the material conveyed. The alternative of two grab unloading stations would have required a similar investment of DEM 7 – 8 million (reference year 2000), but has only one third of the capacity.

The energy and maintenance costs are one-third lower than for conventional grab unloading. Two persons are needed for the operation of the bucket elevator, but four persons are needed for the operation of two grabs.

### 3.4.2.16. Chain conveyors

**Description:** The chain conveyor is a closed and heavy-duty conveyor with one or more continuous drive chains. The chains are moved over sprockets; chain tensioners are used to stop the chains from sagging. Chain conveyors are characterised by a generally low energy consumption; some units show values of 0.006 kWh per tonne and metre conveyor height. The chain velocity is mostly under 1 m/s with a throughput of up to 1000 t/h. Damaged chain elements can be changed relatively easily.

Two types of chain conveyors are presented in the following sections: the trough chain conveyor (Section 3.4.2.16.1) and the scraper conveyor (Section 3.4.2.16.2).

#### 3.4.2.16.1. Trough chain conveyors

**Description:** In a trough chain conveyor the chains run in a closed trough, as shown in Figure 3.51. The shape of the collector is chosen to suit the type of material being handled and the conveyor path:

- for horizontal and gently sloping conveyor paths, flat, rectangular or L-shaped collectors are used
- for steeply sloping and vertical paths, U-shaped, fork- or ring-formed collectors are suitable.

The pick-up and discharge of the material are fairly easily accomplished and the material can be conveyed vertically. This technique has a relatively low space demand and has low or no dust emissions. Disadvantages are the high wear and the relatively high energy demand. The throughputs vary between 10 and 2000 m<sup>3</sup>/h, with a maximum conveyor length of 50 to 150 m.

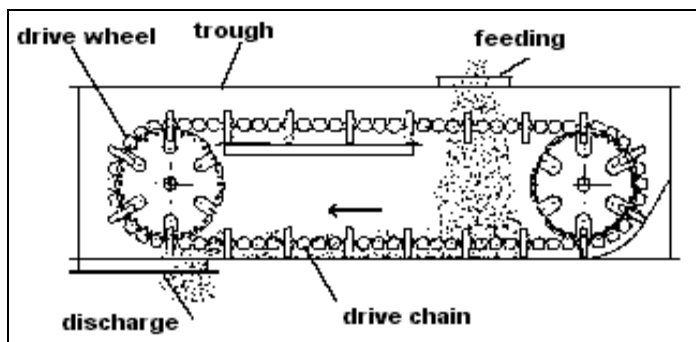


Figure 3.51: Principle of a trough chain conveyor [17, UBA, 2001, 91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

**Application:** Trough chain conveyors are typically used in bunkers and silos for loading and unloading powdery and moderately lumpy materials that have no caking-on properties. Because the trough chain conveyor is a closed system, it is used especially for grain, oil seeds, food and feed, coal, cement, chemical products and minerals.

**Emissions:** If the feed and discharge areas are enclosed or housed, no dust emissions arise.

#### 3.4.2.16.2. Scraper conveyors

**Description:** A scraper conveyor is similar to a trough chain conveyor, but without a trough. The conveying is carried out by collectors attached to chains. The collectors push the material. The pick-up and discharge of the material can be made at any chosen point on the conveyor.

**Application:** Scraper conveyors are mostly used to feed and to reclaim heaps of ore, coal and salt.

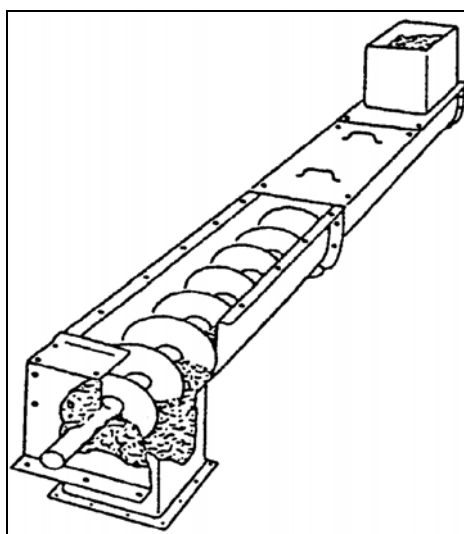
**Emissions:** Dust is emitted during the pick-up and transport of the material. Friction effects between the material and the walls and bottom of the conveyor can cause crushing of the material. The dust formation from this effect can be minimised by dampening the material.

#### 3.4.2.17. Screw conveyors

**Description:** Screw conveyors are bulk material conveyors in which the material is driven along a stationary trough or pipe by a rotary conveyor worm, whether horizontal or sloping up to 30°. Vertical movement is also possible, but requires a totally different construction of the conveyor. With horizontal movement, the material is pushed forward along the bottom of the trough; with vertical movement, the material runs with the worm around the pipe.

With horizontal screws, the material can be picked-up and discharged at several points. The openings to discharge are directed with flights. Vertical screw conveyors have a lower material pick-up point and an upper material discharge point. The maximum fill degree in relation to the screw cross-section is 40 % for trough screw conveyors and up to 80 % for pipe screw conveyors.

The maximum throughput performance of a vertical screw conveyance is 1000 to 1200 t/h. A higher performance is technically possible, but is very expensive.



**Figure 3.52:** Scheme of a trough screw conveyor [17, UBA, 2001] with reference to VDI 3971

**Application:** Screw conveyors are especially suitable for conveying very dusty materials, e.g. aluminium oxide powder, cement, grain, gypsum, fertilisers, coal, lime and phosphates.

Screw conveyors are also suitable for animal by-products and sugar beet pulp at rates of up to 900 tonnes per hour with diameters of up to 2 metres.

Screw conveyors are used for the transport of materials ranging from those containing powdery, fine particles to lumpy bulk materials over relatively short distances (up to 40m). They are unsuitable for abrasive materials or those that tend to cake-on.

These devices are compact and – because of the kick-in/kick-out device – can reach areas that are otherwise difficult to access, although they are not suitable for ships with small hatches. Because of its versatility the screw conveyor is used in many fields.

**Emissions:** Vertical screw conveyors are always closed, whereas horizontal conveyors can be open or closed. In all cases dust is emitted at the points where the material is picked up and discharged, unless the transfer points are enclosed.

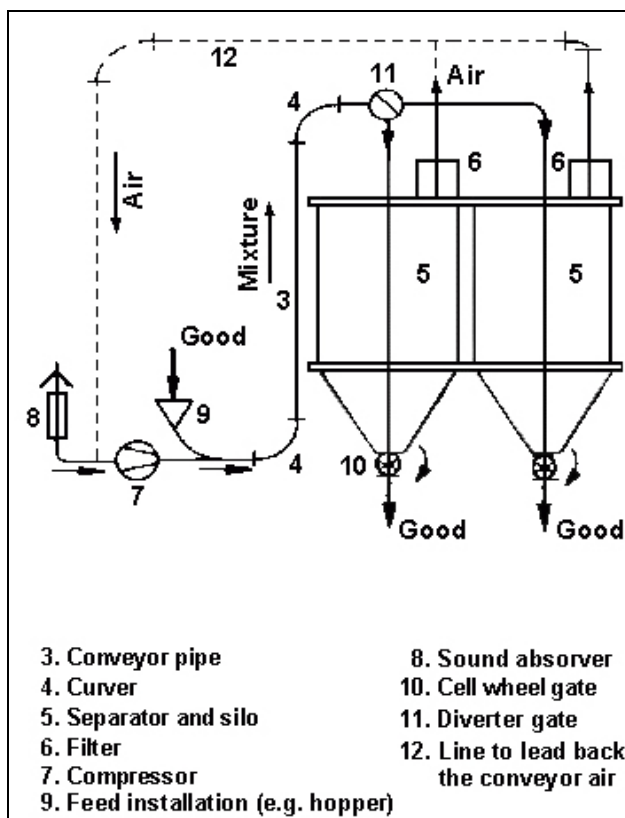
**Cross-media effects:** The energy consumption is relatively high due to the high driving power of the screw.

**Reference plant:** Stadtwerke Flensburg; Port of Borugas Ltd., Bulgaria; Kingsnorth Power Station, England; Calibra S.A. Lisbon, Portugal.

### 3.4.2.18. Pressure air conveyors

**Description:** Pressure air conveyors are mainly used for dust-free conveying in closed systems. The principle of a pressure air conveyor is the same as the suction air conveyor described in Section 3.4.2.5, except that the compressor is at the beginning of the unloading system.

The conveyed material is introduced into the conveyor pipe system via a feed mechanism (cell-wheel gate, screw or feed hopper) by injector effect. The conveyor pipe system is run at over-pressure. The next steps in the process are the same as those for suction air conveyors (see Section 3.4.2.5).



**Figure 3.53: Function principle of a pressure air conveyor**  
[17, UBA, 2001] with reference to Pfeifer, 1989

**Applicability:** Pressure air conveyors are suitable for fine particle crystalline bulk materials like cement, lime or gypsum and are applied, e.g. for unloading silo trucks.

**Emissions:** There is scarcely any dust emission from the closed conveying system using a back venting line. Systems without a back venting line and equipped with a filter system have low emissions. The material pick-up can be the only dust relevant step in the process.

Pressure air conveyors, as all pneumatic systems, have a very high energy consumption.

### 3.4.2.19. Feeders

**Description:** The feed and discharge points are the most significant for the formation of dust from continuous conveyor systems. Some typical feeders are:

#### *Belt feeders*

Belt feeders are rectangular hoppers. The bulk material falls from the storage unit over the hopper onto the conveyor system behind it. Such hoppers are available as enclosed types, with optional suction or sprinkling systems.

#### *Roll feeders*

Roll feeders are openings from bunkers or silos. The material is fed onto a rotating roller. The roll conveys the material to a conveyor system behind it. The feed velocity varies with the rotation speed of the roll.

#### *Screw feeders*

Screw feeders correspond to the classic screw conveyors. By the rotation of the conveyor screw in a trough, material is transported in a controlled way from a longitudinal feed opening to the conveyor or storage unit behind it.

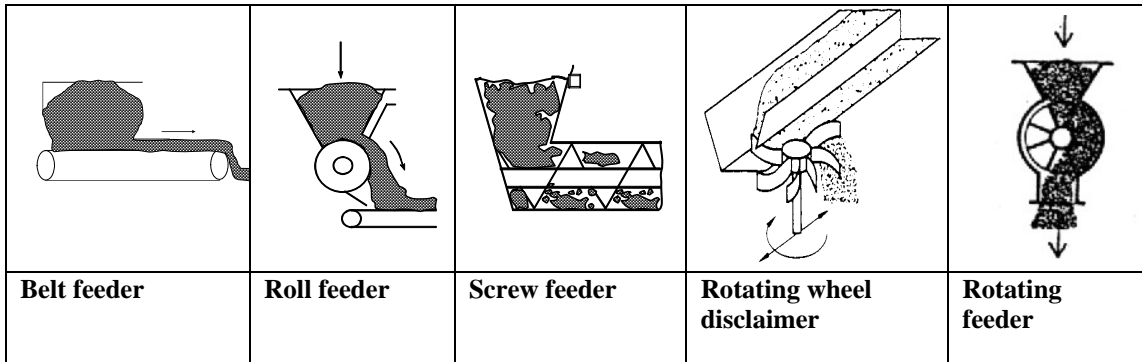


**Rotating wheel disclaimers**

Rotating wheel disclaimers are used to feed bunkers or silos. The material slides over a bevelled ground plate from the storage system in a discharge slot. A discharge carriage moves along the slot opening. At the discharge carriage, a rotating bucket wheel is fixed which removes the material from the slotted outlet to the conveyor installation behind it.

**Rotating feeders**

Rotating feeders are also used to feed the material to conveyor belts from bunkers or silos. The discharge is effected by cells. The cells with lamellae on a rotating axis are housed in a kind of cylinder with openings at the top and the bottom; these openings are sealed to the silo or bunker and to the conveyor system behind it.



**Figure 3.54: Feeders**

[91, Meyer and Eickelpasch, 1999] [17, UBA, 2001] with reference to DIN 15201 part 2

**Emissions:** Dust emissions arise particularly from feeders which are not housed. Overfilling can occur if the feed system is not adapted to the storage or conveyor system, e.g. because the feed velocity is too high.

**3.4.3. Transfer and handling of packaged good**

See Section 3.2.5 – Transfer and handling of packaged goods.

## 4. TECHNIKEN, DIE BEI DER BESTIMMUNG VON BVT ZU BERÜCKSICHTIGEN SIND

### 4.1. Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen

In Kapitel 3 werden die meisten der verschiedenen Lagerungsmethoden für Flüssigkeiten und verflüssigte Gase beschrieben; für jeden Lagerungstyp werden die potentiellen Emissionsquellen identifiziert, und es wird ihnen eine Emissionspunktezah zugeordnet. Den Emissionsquellen eine Punktezahl zuzuordnen ist eine einfache und zuverlässige Möglichkeit, die wichtigsten Emissionsquellen zu kennzeichnen; zu beachten ist jedoch, dass diese Punktezahlen eine relative Wertigkeit haben, die für jede Lagerungsmethode isoliert betrachtet werden muss. Hier im Kapitel 4 werden Emissionsquellen mit einer Emissionspunktezah von 3 und mehr angesprochen.

Für sämtliche Lagerungsmethoden sind Punktetabellen für Emissionskontrollmaßnahmen (ECM = Emission Control Measures) erstellt und im Anhang 8.9 - ECM Scorecards for storing liquid and liquefied gas wiedergegeben. Jede Punktetabelle (Scorecard) liefert Informationen über typische ECM für gasförmige und/oder flüssige Emissionen und/oder Abfälle. Die Tabellen zeigen auch die Emissionspunktezah für jede potentielle Emissionsquelle.

Anhang 8.9 zeigt, dass ECM für vierzehn Lagerungsmethoden für betriebliche Emissionen behandelt und bewertet werden sollen. Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über die verschiedenen ECM, die für einige bzw. alle Lagerungsmethoden angewendet werden können. Jede behandelte ECM wird - wo möglich - nach folgenden Kriterien beurteilt:

- Beschreibung
- Erreichter Vorteil hinsichtlich des Umweltschutzes
- Einsatz
- Anwendungsbereich
- Sicherheitsaspekte
- Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkung und
- Wirtschaftlichkeit.

#### 4.1.1. ECM-Bewertungsmethodik für die Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen

**Beschreibung:** TETSP (Technical European Tank Storage Platform) hat eine praktische Methodik zur Bewertung von ECM entwickelt, die hier im Kapitel 4 beschrieben werden; sie dient dazu, zu definieren, welche ECM oder welche Kombination von ECM bei der Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen in einer bestimmten Situation das beste Ergebnis liefert. Diese Methodik basiert auf dem Prinzip einer risikobasierten Vorgehensweise zur Auswahl und Beurteilung von Emissionspunkten (siehe Kapitel 3), gefolgt von der Definition der ECM. TETSP entwickelte dieses Werkzeug, weil sie der Auffassung ist, dass innerhalb des BREF erkannt wird, dass sich nahezu alle Tanks aufgrund ihrer Konstruktion, ihrem Standort und dem gelagerten Produkt usw. unterscheiden, so dass es faktisch unmöglich wäre, für eine bestimmte Tankart eine allgemeine BVT zu definieren.

ECM kann technische Maßnahmen und/oder betriebliche Maßnahmen und/oder Managementmaßnahmen bezeichnen. Diese Maßnahmen richten sich nicht lediglich auf abschließende Techniken mit ihren erreichbaren Emissionen und Kosten, sondern decken auch Maßnahmen wie gute Betriebsverfahren, angemessene Schulung sowie einwandfreie Wartungsverfahren ab.

Die Methodologie beruht auf einer Bewertungsmatrix, die zusammen mit Informationen über bestimmte Lagerungsmethoden und ihre wichtigsten Emissionsquellen verwendet wird. Um die wirkungsvollste ECM zu bestimmen, wird von der Beurteilungsmatrix ein Punktesystem verwendet. Die Punktezahlen beziehen sich auf:

- das Emissionsminderungspotential oder die ‚Emissionsminderungseffizienz‘ der betrachteten Maßnahme. Das Punktesystem für die mögliche Emissionsminderung der betrachteten ECM ist dabei abhängig vom Lagertank. Die Wichtungsfaktoren der möglichen Emissionsminderung sind von den Eigenschaften des gelagerten Produktes und den Standortfaktoren (Nähe zu Behausungen) usw. abhängig, und müssen zwischen dem Betreiber und der Genehmigungsbehörde zu Beginn vereinbart werden.
- Die ‚betrieblichen Merkmale‘ der ECM, z.B. Einsatz, Anwendungsbereich, Sicherheit und die Aspekte Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen für die ECM, wie sie in diesem Kapitel skizziert werden
- Die Wirtschaftlichkeit der ECM, d.h. die Installations- und Betriebskosten der ECM.

Die Beurteilungsmatrix für einen Schwimmdachtank ist im Anhang 8.11 beispielhaft dargestellt, und im Anhang 8.11 befindet sich eine vollständige Erklärung zum Ausfüllen der Beurteilungsmatrix.

Um die Emissionsquellen einstuft zu können, werden in Abhängigkeit vom Volumen und Häufigkeit der Emissionen aus einem bestimmten Tanktyp Punkte vergeben; diese bilden die ECM-Punktetabellen, die für alle in diesem Dokument angeführten Tanktypen im Anhang 8.9 angegeben sind. Die Punktezahlen haben nur einen relativen Wert, da diese Punktezahlen nur dazu dienen, die Emissionsunterschiede innerhalb einer Lagerungsmethode anzuzeigen. Beispielsweise kann eine Punktzahl von 3 für einen Schwimmdachtank nicht mit der gleichen Punktzahl für einen Festdachtank verglichen werden. Nun werden die relevanten Emissionskontrollmaßnahmen (d.h. mit einer Punktzahl von 3 oder mehr) in die Beurteilungsmatrix eingesetzt.

Die ECM-Punktetabellen werden nun unabhängig vom gelagerten Produkt erstellt. Der Grund dafür ist, dass beim Vergleich der Luftemissionsquellen aus bestimmten Tanktypen, mit dem Ziel die Hauptquellen zu definieren, die Produktart keinen Einfluss auf die relative Rangordnung der Quellen hat.

Beispiele für Situationen der nachfolgenden Art sind im Anhang 8.13 aufgeführt:

- Lagerung von 100.000 m<sup>3</sup> Rohöl in einem Schwimmdachtank; Anhang 8.13.1.
- Lagerung von 10.000 m<sup>3</sup> Naphtha (nicht Benzin) in einem Festdachtank für zwei verschiedene Betriebsbedingungen; Anhang 8.13.2 und Anhang 8.13.3
- Lagerung von 1.000 m<sup>3</sup> Acrylnitril in einem Festdachtank; Anhang 8.13.4
- Lagerung von 100 m<sup>3</sup> Acrylnitril in einem Festdachtank; Anhang 8.13.5.

Die Fallstudien behandeln einen einzelnen alleinstehenden Tank zur Lagerung eines Produkts. In der Praxis findet man jedoch häufig mehrere Tanks, in denen das gleiche Produkt lagert. In diesem Fall könnte ein Degressionsgewinn zur Implementierung einer ECM die Kostenauswertung zu dominieren beginnen. Beispielsweise könnten Berechnungen für einen einzigen Tank zeigen, dass BVT dadurch erreicht wird, dass eine innere Schwimmdecke installiert wird, aber bei 10 Tanks für dasselbe Produkt könnte möglicherweise irgendeine Form der Abgasbehandlung eine wirtschaftlichere Maßnahme zur Erreichung von BVT darstellen.

Anhang 8.11, in dem die Verwendung von Bewertungsmatrizen behandelt wird, zeigt, dass es sich hierbei um eine iterative Vorgehensweise handelt bis die ECM-Kombination, die den höchsten Punktwert ergibt, BVT erfüllt. Erfüllt keine ECM-Kombination die BVT-Kriterien oder strengere örtliche Rechtsvorschriften, sollte der Vorgang durch Veränderung der Basisdaten neu gestartet werden, z.B. indem der zu lagernde Bestand reduziert oder die Lagerungsmethode verändert wird.

**Anwendungsbereich:** In diesem BREF-Dokument wurde die Methodik der Bewertungsmatrix so entwickelt, dass sie der Genehmigungsbehörde ein Werkzeug zur Verfügung stellen kann, mit dem sie ECM, die die BVT-Bedingungen in einem bestimmten Fall erfüllt, erkennen kann. Dies ist die geeignetste Anwendung der Methodologie, da das Produkt bereits bekannt sein wird sowie auch die bestimmten Bedingungen Vorort.

Es wird erwartet, dass auch andere Technische Arbeitsgruppen (TWG) diese Methodik anwenden können, um zu entscheiden, was normalerweise als BVT für Lageraktivitäten in einem bestimmten Industriezweig betrachtet werden wird, obwohl dies in gewissen Maßen variieren wird, wenn bestimmte Umstände Vorort mit berücksichtigt werden.

Die Methode kann zur Beurteilung von ECM bei einzelnen Tanks als auch bei mehreren Tanks und auch für sowohl alte als auch neue Lageranlagen verwendet werden.

Mehrere Mitgliedstaaten haben jedoch ernste Bedenken zur Anwendung dieser Methode bei Genehmigungsverfahren zum Ausdruck gebracht, wobei folgende Gründe angeführt werden:

- die Methodik ist im Zusammenhang mit Genehmigungsverfahren auf administrativer Ebene noch nicht praktisch erprobt worden;
- die Methodik ist für Genehmigungsbehörden zu komplex
- bei diesem Ansatz würde die Entscheidung bezüglich BVT vollständig auf einen Beschluss auf örtlicher Ebene geschoben werden;
- BREF-Dokumente sollten eine deutliche Beschreibung von BVT geben, und somit werden spezifische Maßnahmen bevorzugt;
- es ist nicht klar, wie die Methode die Zahl Tanks einer Anlage berücksichtigt, die Dämpfe emittieren.

## 4.1.2. Emissionskontrollmaßnahmen (ECM) für Tanks - Allgemeines

### 4.1.2.1. Tank-Auslegung

**Beschreibung:** Die Konstruktion einer neuen oder die Nachrüstung einer bestehenden Lageranlage für einen bekannte Stoff oder eine Zubereitung ist eine aus mehreren Stufen bestehende Vorgehensweise. Die ersten Schritte zielen darauf hinaus, alle Lagermethoden zu berücksichtigen und davon die unbrauchbaren zu streichen. Diese Streichung basiert im Wesentlichen auf eine umfassende Untersuchung der wichtigen physikalischen und gefährlichen Eigenschaften des Stoffes, dem Bestand der Substanzen, die gelagert werden sollen, sowie den Betriebsweisen des Tanks.

Im nächsten Schritt werden die für die Lagerungsmethode geeigneten ECM analysiert, um zu identifizieren, welche verfügbaren Methoden BVT ermöglichen würden. Erfüllt keine ECM-Kombination die BVT-Kriterien, sollte der Vorgang durch Veränderung der Basisdaten neu gestartet werden, z.B. indem der zu lagernde Bestand reduziert oder die Lagerungsmethode verändert wird.

Eine ordnungsgemäße Auslegung muss viele Faktoren berücksichtigen, dazu gehören:

- die physikochemischen Eigenschaften des gelagerten Stoffes;
- wie das Lager betrieben wird, welche Messgeräte erforderlich sind, wieviel Betriebspersonal benötigt wird und wie hoch deren Arbeitsbelastung ist;
- wie das Betriebspersonal über Abweichungen von den normalen Prozessbedingungen informiert werden (Alarmer);
- wie die Lagerung gegen Abweichungen von normalen Prozessbedingungen geschützt ist (Sicherheitsanweisungen, Absperrsysteme, Druckentlastungseinrichtungen, Leckererkennung und -rückhaltung usw.);
- welche Ausrüstung installiert werden muss, unter weitgehender Berücksichtigung der Erfahrung mit dem Produkt (Konstruktionsmaterialien, Ventilqualität, Pumpentypen usw.);
- welche Wartungs- und Inspektionspläne aufgestellt werden müssen und wie die Wartungs- und Inspektionsarbeiten erleichtert werden müssen (Zugang, räumliche Anordnung etc.);
- wie mit Notsituationen umzugehen ist (Abstand zu anderen Tanks, zu Anlagen und zur Werksbegrenzung; Brandschutz; Zugang für Rettungsdienste wie Feuerwehr etc.).

Eine praktische Checkliste für die Konstruktion eines Produktlagertanks in einer chemischen Anlage ist im Anhang 8.19 wiedergegeben.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

#### 4.1.2.2. Inspektion, Wartung und Überwachung

In Übereinstimmung mit nationalen Rechtsprechungen gibt es unterschiedliche Ansätze zur Ausführung von Inspektionsarbeiten, dazu gehören:

##### *Behördliche Überwachung*

**Beschreibung:** Die behördliche Überwachung ist prinzipiell auf allgemeine Kontrollmaßnahmen beschränkt und basiert auf:

- interner Kontrolle durch die Firma (Kontrolle durch den Betreiber) und
- Zusatzüberwachung durch amtlich anerkannte Sachverständige (unabhängige Dritte)

Das Hauptziel der behördlichen Überwachung besteht darin, sicherzustellen, dass:

- Kontrolle durch den Betreiber und Überwachung durch Sachverständige ordnungsgemäß ausgeführt wird;
- festgestellte Mängel bei diesen Aktivitäten behoben werden, und
- alle Schäden, die nicht ausgeschlossen werden können, schnell und zuverlässig auf Firmenebene erkannt werden, und dass die Betroffenen, einschließlich der Behörden, daraufhin vom Betreiber umgehend informiert werden, und wo auch immer erforderlich, behebbende Maßnahmen vom Betreiber ausgeführt werden.

Demgemäß umfasst die behördliche Überwachung im Wesentlichen folgende Aufgaben:

- Bewertung von Anlagen innerhalb des Rahmens der rechtlichen Verpflichtungen von Betreibern bezüglich Genehmigung und Anzeige;
- Führen eines Anlageregisters zur Registrierung von Anlagen und für die durch beauftragte Sachverständige vorgelegten Inspektionsberichte;
- Festlegung und Durchsetzung von Bestimmungen zur Anerkennung von Sachverständigen
- Festlegung wesentlicher Referenzpunkte zur internen Kontrolle durch den Betreiber
- Festlegung wesentlicher Referenzpunkte für die Überwachung durch Sachverständige
- Sicherstellen, dass Mängel, die von beauftragten Sachverständigen erkannt werden, ordnungsgemäß behoben werden;
- Herausgabe amtlicher Anordnungen, falls erforderlich;
- Stichpunktartige Überprüfung von Firmen im Rahmen von amtlichen Inspektionen, die gemäß einem konkreten Inspektionsprogramm ausgeführt werden, in Bezug auf, *unter anderem*, Umweltmanagement und die ordentliche Kontrolle von Anlagen durch den Betreiber.
- Festlegung essentieller Bedingungen für die Berichterstattung von und den Umgang mit Ereignissen und schweren Unfällen, durch die Schäden verursacht werden.

##### *Überwachung durch Sachverständige*

**Beschreibung:** Die Überwachung durch amtlich anerkannte Sachverständige stellt eine unabhängige Inspektion auf hohem Qualitätsniveau und eine ausführliche technische Kontrolle dar, die auf folgenden Faktoren beruht:

- die eigenen Untersuchungen und Prüfungen des Sachverständigen;
- Nachweise und Dokumentationen vorgelegt von Betreibern, Behörden oder andere kompetente Stellen;
- Maßnahmen zur Sicherstellung der Qualität, der von den Sachverständigen durchgeführten Aktivitäten;
- Festlegungen durch Behörden.

Das Hauptziel ist sicherzustellen, dass:

- die Anlage und ihre Komponenten ordnungsgemäß hergestellt und errichtet worden sind;
- die Anlage und ihre Komponenten in einem geeigneten Zustand bleiben;
- mögliche Mängel erkannt werden.

Demgemäß umfasst die Überwachung durch Sachverständige im Wesentlichen folgende Aufgaben:

- erste Beurteilung der Konformität der Anlage und ihrer Komponenten
- Beurteilung der Konformität der durchgeführten Errichtungsarbeiten;
- regelmäßige Beurteilung der Konformität der Anlage und ihrer Komponenten gemäß den Festlegungen der Behörden;
- Beurteilung möglicher Reparaturmaßnahmen;
- Beurteilung organisatorischer Maßnahmen des Betreibers.

Die Beurteilung der Konformität der Anlage und ihrer Komponenten erstreckt sich insbesondere auf all die Teile, die direkt mit den gelagerten Materialien in Kontakt kommen (z.B. Behälter, Leitungen, Verbundstücke, Verbindungsdichtungen, Pumpen) sowie Sicherheitsvorrichtungen (Leckanzeigen, Überfüllschutz, Auffangbereiche) und vorbeugende technische Maßnahmen (z.B. versiegelte Flächen bei Befüllvorgängen).

### ***Interne Kontrolle durch die Firma (Kontrolle durch den Betreiber)***

**Beschreibung:** In Übereinstimmung mit den Verantwortlichkeiten des Betreibers ist die Kontrolle durch den Betreiber die technisch intensivste und zeitaufwändigste Form der Überwachung der Lageranlagen. Die Überwachung durch Sachverständige und die behördliche Überwachung sind ergänzend.

Die Kontrolle durch den Betreiber basiert auf:

- der Auslegung, dem Layout und der Bewertung der betroffenen Anlagen;
- einem aktuellen Anlagenregister;
- aktuellen Betriebsanweisungen und Prüfregeln einschließlich Service-Warnhinweisen, Alarmen und Aktionsplänen sowie geeigneten Hilfsmitteln für Ereignisse oder Unfälle, durch die Schäden entstehen.

Das Hauptziel der Kontrolle durch den Betreiber besteht darin sicherzustellen, dass:

- die Anlagen jederzeit sicher sind und die erforderlichen Anforderungen erfüllen;
- Unregelmäßigkeiten und Störungen schnell und zuverlässig erkannt werden;
- Freisetzungen gefährlicher Stoffe schnell und zuverlässig erkannt und wirksame Maßnahmen ergriffen werden, wenn unvermeidbare Schäden entstehen, so dass es keinen Grund gibt, negative Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten.

Demgemäß kann die Kontrolle durch den Betreiber folgende Aufgaben beinhalten:

- Eintragung von Anlagen in ein Anlagenregister, das von Fall zu Fall aktualisiert wird;
- Durchführung einer ersten Sicherheitsüberprüfung, sofern eine solche Überprüfung noch nicht erfolgt ist, und noch wichtiger, die Identifizierung der Komponenten der Anlage, die ein besonderes Risiko darstellen (Schwachstellenanalyse) wie Verbindungselemente, Pumpen, Verbundstücke, Befüllungs- und Entleereinrichtungen;
- Vorbereitung und Aktualisierung von Betriebsanweisungen, Prüfplänen und Messprogrammen für kontinuierliche Überwachung und Service unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Schwachstellenanalyse;
- Umsetzung der planmäßigen Kontrolle durch den Betreiber;
- Dokumentation der Ergebnisse;
- Benachrichtigung von Behörden, wo erforderlich;
- kontinuierliche Aufzeichnung und Dokumentation von Abweichungen im Betrieb der Anlage von ihrem vorgesehenen Zweck;
- sofortige Behebung von erkannten Mängeln;
- zusätzliche Beauftragung von amtlich anerkannten Sachverständigen innerhalb der vorgegebenen Zeitgrenze, wo dies rechtmäßig erforderlich ist;
- sofortige Mitteilung an alle betroffenen Parteien, einschließlich den Behörden, wenn Schäden entstanden sind, und Durchführung der erforderlichen behebenden Maßnahmen.



### 4.1.2.2.1. Risiko- und zuverlässigkeitsbasierte Wartung (RRM)

Die Anwendung von risikobasierten Werkzeugen für die Optimierung von Wartungs- und Inspektionsaktivitäten folgt einem weltweiten Trend der Industrie, nach dem vom zeitbasierten Wartungsansatz hinweg zum zustandsbedingten Ansatz hin übergewechselt wird. Solche risikobasierten Werkzeuge haben sich bereits bei statischen Raffinerievorrichtungen, z.B. Anlagen, Wärmetauscher, Druckbehälter, Rohrleitungen usw. bewährt. Unlängst ist erkannt worden, dass solche risikobasierten Werkzeuge auch auf den gesamten Wartungsansatz konventioneller Lagertanks anwendbar sind.

Die Revision 2003 der EEMUA 159, siehe Referenz [166, EEMUA, 2003], enthält erweiterte Informationen über den RRM-Ansatz, und seine zugrunde liegenden Methodologien können innerhalb der gesamten Philosophie der Tankwartung verwendet werden. Bei dem in diesem Abschnitt beschriebenen RRM-Ansatz handelt es sich um ein Werkzeug zum Aufstellen von Plänen für proaktive Wartung und von risikobasierten Inspektionsplänen. Der Ansatz basiert auf zwei zugrunde liegende Methodologien: Risikobasierte Inspektion (RBI = risk based inspection) und zuverlässigkeitsorientierte Wartung (RCM = reliability centred maintenance).

Die Inspektion kann dabei folgende Bereiche beinhalten:

- Aufzeichnungen der Tankdaten
- Analyse der Tanklast (es sollten die Wahrscheinlichkeit eines Tankausfalls und die Konsequenzen eines solchen Ausfalls ermittelt werden, und durch eine Risikoanalyse sollte sichergestellt werden, dass die Inspektionsfrequenz dem Gefahrenpotenzial angepasst ist);
- Planung;
- Verantwortlichkeitsplan;
- Ausführung;
- nochmalige Prüfung.

Bei der Inspektion von voll gekühlten Tanks, die flüssiges wasserfreies Ammoniak enthalten, muss ein Kompromiss gemacht werden zwischen der Notwendigkeit, Information über den inneren Zustand des Tanks zu gewinnen und den negativen Auswirkungen, die das Öffnen des Tanks mit sich bringt, wodurch thermische Beanspruchungen und das Eindringen von Sauerstoff verursacht wird. Die Notwendigkeit einer Inspektion sowie Methode, Art und Umfang der Inspektion müssen deshalb in Abhängigkeit vom Risiko und von den Konsequenzen eines Ausfalls bewertet werden. Die Anwendung einer RBI bedeutet, dass diese Faktoren berücksichtigt werden können, und das Inspektionsprogramm für jeden einzelnen Tank bestimmt werden kann. RBI stellt ein erstes Element der gesamten Inspektionsstrategie für jeden einzelnen Tank dar, und die Anwendung einer RBI für einen Ammoniaktank erfordert Folgendes:

#### *Ausfallwahrscheinlichkeit*

- Betriebserfahrung
- zusätzliche Spannungen, intern und extern (Absacken, Schneelast oder Ähnliches)
- Leck-vor-Bruch Eigenschaften
- Rohrverbindungen
- Spannungsrisskorrosion
- weitere Materialzersetzungsphänomene
- Eigenschaften von Platten und Schweißmaterial
- Kontrolle vor der Inbetriebnahme
- Reparaturen
- Verfahren für Inbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme (Spülen mit Inertgas, Kühlgeschwindigkeit).

#### *Konsequenzen eines Ausfalls*

- einwandige Tanks gegenüber doppelwandigen Tanks
- zusätzliche äußere Sicherheit (Tankwall oder Tankumwallung)
- Standort des Tanks.

Kugelstrahlen und kathodischer Schutz werden für Niedertemperatur-Ammoniak tanks als unerprobte Technologien betrachtet, und werden somit von der RBI-Bewertung ausgeschlossen.



#### 4.1.2.2.2. Inspektionen während des Betriebs und während der Stilllegung

Inspektionen können als regulär während des Betriebs oder als regulär während einer Außerbetriebnahme kategorisiert werden. Eine Inspektion während des Betriebs kann einfach sein, ein regelmäßiger Inspektionsgang um den Tank herum mit einer Checkliste (siehe International Codes, z.B. API RP 575, Anhang C). Bei einer Inspektion während der Außerbetriebnahme handelt es sich um eine detaillierte Inspektion der gesamten Tankstruktur anhand einer standardisierten Checkliste (siehe International Codes, z.B. API RP 575, Anhang C), (EEMUA N° 183, 1999) und wird nachfolgend besprochen.

Es wird häufig eine Inspektionshierarchie verwendet, bei der Zahlen die Ausführlichkeitsebenen anzeigen, z.B.:

- routinemäßige Inspektionen
- externe Inspektionen während des Betriebs
- interne Inspektionen bei Außerbetriebnahme.

Bei allen Inspektionsarten wird besondere Aufmerksamkeit solchen Bereichen gewidmet, wo die Lagerungsaufgabe oder die Tankbauweise das Risiko eines Lecks erhöhen könnten. Isolierte Tanks beispielsweise werden auf in die Isolierung eindringende Feuchtigkeit geprüft, wodurch die Gefahr von Tankkorrosion erhöht wird.

##### *Routinemäßige Inspektionen*

**Beschreibung:** Das Betriebspersonal besucht häufig die unter ihrer Kontrolle stehenden Tanks. Sie sollten aufmerksam auf jegliche Anzeichen von Abweichung oder Veränderungen am Tank oder seiner Umgebung achten, insbesondere Lecks oder Anzeichen für Über- oder Unterdruck sowie fehlerhafte Hilfsvorrichtungen wie Abläufe oder Dachleitern. Normalerweise existiert ein Verfahren, nach dem der Bediener diese Beobachtungen aufzeichnen und an den Prüfsingenieur zwecks weiterer Bewertung weiterleiten kann.

Durch häufige Beobachtungen werden normalerweise schnelle Zustandsveränderungen erkannt, langsame dagegen nicht; oder man ist sich nicht bewusst, dass es sich bei bestimmten Zuständen um normale Praxis handelt. Die Auswirkungen langsam sich verändernder Zustände werden eher durch detaillierte Inspektionsprüfungen beobachtet.

##### *Inspektionen während des Betriebs*

**Beschreibung:** Die Inspektion eines Tank während des Betriebs beinhaltet im Grunde genommen eine Prüfung der betrieblichen und inspektionsmäßigen Geschichte des Tanks, gefolgt von einem Rundgang um den Tankwall und dann um das Tankfundament herum, und anschließendem Besteigen der Tankleiter um das Dach zu inspizieren. Diese Inspektionen sind normalerweise organisiert und werden vom Standort-Inspektionsingenieur geleitet, es hat aber Vorteile, wenn Personal aus den Wartungs- und Betriebsgruppen Vorort beteiligt ist.

Während einer Inspektion im Betriebszustand werden der Tank und die Hilfsvorrichtungen auf Anzeichen von Abbau oder Veränderungen seit der letzten Inspektion inspiziert. Durch solche Inspektionen werden potenzielle Probleme erkannt, bevor sie die Möglichkeit haben ernster zu werden, und kennzeichnen Wartungsarbeiten, die, wenn sie früh ausgeführt werden, spätere umfangreichere Arbeiten vermeiden. Die Inspektion zielt auch darauf hinaus, fehlerhafte Sicherheitsvorrichtungen zu erkennen, wie verstopfte Entlüftungen oder Ablässe, defekte Leitern oder beeinträchtigte Tankwände. Bei einer ordnungsgemäßen Inspektion wird jede Leckage aus dem Tankkörper oder vom Tankboden beobachtet und die Signifikanz bewertet. Veränderungen im Lackzustand können beobachtet und registriert werden.

Die Inspektion beinhaltet normalerweise auch eine Prüfung des Tankwalls sowie aller Geräte innerhalb des jeweiligen Tankwalls, sowie auch der Hauptstruktur des Tanks, sämtlicher angeschlossener Rohrleitungen, Pumpen, Ventile usw. Um Unfälle zu vermeiden, sollte der Zugang zum Tank nachweislich sicher sein. Das Tankdach wird besichtigt, einschließlich Dachdichtungen, Abläufen, Überdruck-/Unterdruckvorrichtungen, Leitern usw. Ferner wird der Zustand der Dach- und Tankkörper-Beschichtungen begutachtet.

An vielen Standorten befindet sich eine große Anzahl Tanks, die geprüft werden müssen; in solchen Situationen wird die Aufgabe zur Routine und kann ermüdend werden. Um die daraus resultierenden Probleme zu vermeiden, empfiehlt es sich, dass die Inspektion während des Betriebs anhand einer Checkliste durchgeführt wird, wodurch eher gewährleistet wird, dass alle relevanten Faktoren beobachtet werden. Die EEMUA Publikation 159 enthält eine solche empfohlene Checkliste.

In Abhängigkeit vom optischen Zustand des Tanks und der Inspektionsgeschichte, kann die routinemäßige Inspektion um eine Ultraschallprüfung der Tankkörper-Wanddicke sowie durch eine akustische Emissionsprüfung des Tankbodens erweitert werden. Beide Techniken können bei geeigneten Vorsichtsmaßnahmen an einem in Betrieb befindlichen Tank ausgeführt werden.

Prüfungen der Zusatzeinrichtungen der Rohrleitungen können ebenfalls durchgeführt werden. Kathodische Schutzsysteme können geprüft werden. Es ist normale Praxis, dass die ordnungsgemäße Funktion sämtlicher mit dem Tank im Zusammenhang stehender Instrumente geprüft und schriftlich dokumentiert wird.

Einige Inspektionstechniken können verwendet werden, um den inneren Zustand des Tanks von außen zu prüfen, beispielsweise akustische Emissionen und fernwirkende Ultraschallmessungen (long range ultrasonic testing) an der ringförmigen Leitung (LORUS). Durch diese Techniken werden jedoch die Bodenplattendicken nicht ermittelt, aber es ist möglich eine Priorität unter Tanks einer Tankgruppe, die das gleiche Produkt enthalten, festzulegen.

Bei niedriger Temperaturlagerung (Ammoniak) sollte das berührungslose Inspektionsverfahren für die interne Prüfung auf ‚Spannungsrisskorrosion‘ bei -33 °C anwendbar sein.

### *Interne Inspektionen bei Außerbetriebnahme*

**Beschreibung:** Eine Inspektion bei Außerbetriebnahme ist die wichtigste Möglichkeit zu bestätigen, dass sich ein Tank für eine vorgegebene Zeit im betriebsfähigen Zustand befindet. Der Tank und die Zusatzeinrichtungen werden dabei beurteilt, wie sie seit der letzten wichtigen Außerbetriebnahme-Inspektion stand gehalten haben, und es werden auszuführende Arbeiten bestimmt, durch die der Tank wieder in einen guten Zustand gebracht wird. Die Prüfung bestätigt ferner, dass der Tank wieder sicher in Betrieb genommen werden kann, und prognostiziert, über welchen Zeitraum der Tank in Betrieb bleiben kann bis eine neue Außerbetriebnahme erforderlich wird.

Eine komplette Außerbetriebnahme, bei der der Tank zwecks Inspektions- und Wartungsarbeiten isoliert, von Gas befreit und gereinigt wird, stellt für einen Standort eine umfangreiche Arbeit da und muss sorgfältig geplant werden, damit keine unnötigen Unterbrechungen im Betrieb und unnötige Ausgaben entstehen. Die EEMUA Publikation 159 beschreibt einen risikobasierten Ansatz zur Entwicklung von Inspektionsplänen. Das Intervall zwischen den Inspektionen für einen bestimmten Tank berücksichtigt normalerweise folgende Faktoren:

- betreffende verbindliche Anforderungen
- Erfahrungen der Firma und der Industrie mit der jeweiligen Tankart
- die Betriebsbedingungen des Tanks
- die Inspektions- und Betriebsgeschichte des Tanks.

Nachdem der Tank geöffnet, von Gas befreit und gereinigt wurde, kann der Tank betreten werden, und der Körper, das Dach, der Boden, die inneren Ablässe usw. können inspiziert werden. Eine Betrachtung des Innenkörpers und -daches ergibt eine viel bessere Möglichkeit, örtlichen Abbau festzustellen als während einer äußeren Prüfung. Sehr sorgfältig sollten kleine Stellen oder Bereiche mit tiefer Korrosion oder Korrosionsnarben/korrosive Anfressungen im Tankkörper untersucht werden, insbesondere wenn es sich dabei um vertikale Furchen handelt, oder um Stellen, die sich im Laufe der Zeit in Furchen weiterentwickeln könnten.

Der Boden kann nur dann physikalisch untersucht werden, wenn der Tank leer und sauber ist. Eine visuelle Prüfung kann durch Abtasten des Bodens mittels Magnetfluss-Kernmessung oder durch ein Ultraschallgerät präzisiert werden. Beide Prüfungen liefern Information über den Zustand der unteren Bodenseite. Von vielen Firmen wird die ehemals gängige Praxis, Bodenplatten zu schneiden, um die Unterseite des Bodens beurteilen zu können, nicht mehr durchgeführt. Durch die neueren Prüfmittel wird diese Vorgehensweise als veraltet angesehen, durch die eine jetzt unnötige Gefahr vermieden wird.

Durch eine visuelle Prüfung kann die Gültigkeit jeder durch akustische Emission ermittelten Diagnose bestätigt werden. Beobachtungen und Schlussfolgerungen, die während einer Inspektion bei einer Außerbetriebnahme gemacht werden, werden normalerweise präzise in einer geschichtlichen Aufzeichnung des jeweiligen Tanks festgehalten. Diese Aufzeichnung liefert viele Informationen darüber, wie die Wartungszeiten nach Prinzipien von Risiko und Zuverlässigkeit (RRM) eingerichtet werden sollten.

**Einsatz:** Inspektionsarten sind direkt mit Lagerungsarten verbunden. Äußere Inspektionen des Körpers stellen keine Probleme dar. Bodeninspektionen bei stehenden Lagertanks werden meistens dann ausgeführt, wenn der Tank außer Betrieb genommen ist, und nur von oben. Verschiedene Inspektionsarten sind in EEMUA 159/183 usw. aufgeführt.

**Anwendungsbereich:** Das Prinzip der Inspektion/Wartung gilt für alle Arten Lagertanks.

**Sicherheitsaspekte:** Diese sind abhängig von der Produktart, der Lagermethode und der Art der ausgeführten Inspektions-/Wartungsarbeiten. Das Betreten eines Tanks auf, unter und innerhalb von Schwimmdächern sollte streng überwacht werden, und Unfälle sind durch zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen zu vermeiden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Beim Ablassen, Reinigen und Sandstrahlen eines Tanks entstehen Abfälle. Bei voll gekühlten Tanks, die flüssiges wasserfreies Ammoniak enthalten, ist bekannt, dass das Öffnen des Tanks zu Inspektionszwecken das Potenzial für ‚Spannungsrissskorrosion‘ erhöhen könnte.

**Wirtschaftlichkeit:** Die erforderlichen Kosten sind mittel bis hoch, mit einigen wenigen Ausnahmen (z.B. visuelle Inspektion).

**Referenzliteratur:** [86, EEMUA, 1999] [175, TWG, 2003]

#### 4.1.2.2.3. Überwachung

**Beschreibung:** Ein anderer üblicher Aspekt von Inspektionen ist die Überwachung diffuser Luftemissionen und Lecks. Die Überwachung von Lecks wird in Abschnitt 4.1.6.1.4 beschrieben.

Luftemissionen aus Lagertanks und bei Be- und Entladevorgängen werden meistens auf der Basis allgemeiner Emissionsfaktoren berechnet. Berechnungsmethoden werden in API, US EPA und CEFIC/EVCM (European Council of Vinyl Manufacturers) veröffentlicht. Zur Messung von Luftemissionen kann die DIAL-Methode (Differential Infrared Absorption Laser) verwendet werden.

DIAL wird üblicherweise in Schweden für die Überwachung von VOC-Emissionen aus Tanks verwendet, die in Raffinerien und Ölterminalen zur Lagerung von Kohlenwasserstoffprodukten dienen. Ergebnisse aus Schweden haben gezeigt, dass die berechneten Emissionen die gemessenen Emissionen um einen Faktor von 2 – 5 erheblich unterschätzen. In [16, Concawe, 1995] wird jedoch gesagt, dass die Unterschiede zwischen Berechnung und Messung innerhalb von 10 % liegen.

**Anwendungsbereich:** Berechnungsmethoden werden häufig verwendet. DIAL wird nicht allgemein angewendet, weil es in Europa nur eine begrenzte Zahl von DIAL-Anlagen gibt, die ein breites Spektrum an Kohlenwasserstoffen erkennen können.

**Wirtschaftlichkeit:** Berechnungsmethoden stellen geringe Kosten dar. Wegen seiner Komplexität stellt DIAL eine sehr teure Möglichkeit dar (ca. 100.000 EUR/Woche).

**Referenzliteratur:** [16, Concawe, 1995] [178, Länsstyrelsen Västra Götaland, 2003] [158, EIPPCB, 2002]

#### 4.1.2.2.4. Techniken zur Gaserkennung

**Beschreibung:** Zusätzlich zu den allgemeinen Inspektionsmethoden gibt es einige spezielle Techniken zur Gaserkennung in Form von Gaserkennungssystemen (entweder manuell durch ‚Schnüffelsonden‘ – beispielsweise Dräger-Röhrchen – oder automatisch). Gaserkennungssysteme können keine Lecks vermeiden, aber sie stellen dennoch Sicherheitsvorrichtungen dar.

Leckerkennungssysteme für Flüssigkeiten werden ausführlich in Abschnitt 4.1.6.1.4 beschrieben.

**Einsatz:** Das Überwachungsprinzip ist für alle Lagertanks anwendbar.

**Anwendungsbereich.** Das Überwachungsprinzip ist für alle Lagertanks anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Abhängig von der Produktart, der Lagermethode und der Art der Inspektion.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Je nach Technik sind die Kosten für Überwachung sehr unterschiedlich. Visuelle Inspektion und die Verwendung von ‚Schnüffelsonden‘ liegen am unteren Ende der Skala.

#### 4.1.2.3. Ort und räumliche Anordnung

**Beschreibung:** Der Ort und die räumliche Anordnung einer Lageranlage sind mit Sorgfalt zu wählen. Tanks können oberirdisch, unterirdisch oder in Wällen angelegt werden. Jeder Ort hat unterschiedliche Vor- und Nachteile. Die oberirdische Lagerung auf Bodenebene hat Vorteile, weil Leckagen leichter erkannt und aufgefangen werden, und Dämpfe normalerweise durch natürliche Belüftung abgeführt werden. Prüfungs-, Änderungs- und Reparaturarbeiten sind auch einfacher, und Korrosion kann leichter erkannt und kontrolliert werden. Unterirdische oder in Erdwällen sitzende Tanks geben jedoch einen besseren Schutz gegen Feuer. Sie sparen Platz, und es entstehen weniger Emissionen durch Tankatmung.

Bei Tanks mit entzündbaren flüssigen Stoffen oder verflüssigten Gasen ist es wichtig, dass sie sich in einer gut belüfteten Position befinden, getrennt von der Werksgrenze, bewohnten Gebäuden, Zündquellen, Be- und Entladeaktivitäten und Prozessbereichen. Aus Sicherheitsgründen sollte bei der Tanklage immer die Zugänglichkeit für Notdienste berücksichtigt werden.

Die Trennung ist eine wichtige Möglichkeit, Tanks mit brennbaren flüssigen Stoffen oder verflüssigten Gasen zu schützen. Die Trennung hat besondere Vorteile, da sie nicht nur Personen und Eigentum gegen die Auswirkungen von Feuer am Tank schützt, sondern auch die Tanks selbst vor Feuer in anderen Anlageteilen. Anhang 8.18 – Examples of applied distances for the storage of flammable liquid in tanks, zeigt Beispiele für Anwendungen in den Niederlanden und im Vereinigten Königreich.

Unter bestimmten Umständen kann es notwendig sein, den Trennungsabstand zwecks zusätzlichem Feuerschutz zu vergrößern. Zu diesen Umständen können Situationen gehören, wo:

- es Probleme mit der örtlichen Versorgung mit (Lösch)Wasser gibt
- sich die Anlage weitab von externer Hilfe befindet
- sich der Tank in der Nähe eines dicht besiedelten Gebietes befindet.

Zur Lagerung von flüssigem Chlor (Druck oder geringer Druck) in einem oberirdischen Tank gilt ein Abstand von 25 m zu öffentlichen Straßen oder Hauptbahntrassen als sicher, um das Risiko einer Beschädigung des Lagers bei einem Unfall zu eliminieren. Der Abstand von der Werksgrenze beträgt 10 m, und ein ausreichender Abstand zu benachbarten Lagertanks ist erforderlich, um einen guten Zugang zu den Behältern zu gewährleisten.

Im Vereinigten Königreich beträgt der empfohlene Mindestabstand von jedem beliebigen unterirdischen Tank zu jeder Baufuchtlinie 2 m. Damit wird verhindert, dass Gebäudfundamente untergraben werden, und es wird

empfohlen, diesen Mindestabstand zu einem Keller oder zu einer Grube auf 6 m zu vergrößern, um das Risiko von Dampfansammlungen zu vermeiden. In den Niederlanden wird ein Abstand von 0,75 m zwischen Tank und Gebäude als ausreichend betrachtet, und der empfohlene Abstand zwischen zwei unterirdischen Tanks wird als mindestens 1/3 des Durchmessers des größeren Tanks vorgegeben. Dieses Beispiel zeigt die unterschiedlichen Vorgehensweisen innerhalb der Mitgliedsstaaten.

**Referenzliteratur:** [18, UBA, 1999] [37, HSE, 1998] [1, CPR, 1993, 37, HSE, 1998] [50, EuroChlor, 1993, 51, EuroChlor, 1996]

### 4.1.3. ECM für Tanks - betrieblich - Gasemissionen

#### 4.1.3.1. Prinzip zur Minimierung von Emissionen bei der Tanklagerung

**Beschreibung:** Das Prinzip der ‚Minimierung von Emissionen bei der Tanklagerung‘ besteht darin, dass - innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens - alle Emissionen aus Tanklagerung, Transport und Umgang eingedämmt werden bevor sie emittiert werden. Dazu gehören die folgenden Emissionen, die durch normale betriebliche Aktivitäten und durch Unfälle entstehen:

- Luftemissionen
- Bodenemissionen
- Wasseremissionen
- Energieverbrauch
- Abfälle.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Uneingedämmte betriebliche Emissionen aus Tanks, beim Transport und beim Umgang sind vernachlässigbar. Dennoch könnten uneingedämmte Emissionen aus Ereignissen und (größeren) Unfällen entstehen.

**Einsatz:** Für Böden besteht das Ziel darin, neue Verunreinigungen zu vermeiden und dafür zu sorgen, dass bestehende Verunreinigungen kein Risiko für die Umwelt darstellen. Bestehende Verunreinigungen müssen kontrolliert oder beseitigt werden, so dass keine weitere Dispersion erfolgt. Um Emissionen zu vermeiden, müssen bei Tanks, die potenzielle Gefahren neuer Bodenschmutzungen in sich bergen, organisatorische und geeignete technische Maßnahmen ergriffen werden.

Bei Wasser liegt das Ziel darin, kein unbehandeltes Abwasser abzuleiten, und die Benutzung von Wasser zu reduzieren. Vermeidung hat Priorität gegenüber späterer Reinigung, und kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- technische Maßnahmen, um zu verhindern, dass Abwasser entsteht
- organisatorische Maßnahmen, Mitarbeiterschulung, Durchsetzung eines Umweltmanagementsystems
- zusätzliche Maßnahmen für problematische Stoffe
- Bereitstellung ausreichender Lagerkapazitäten für verschmutztes Löschwasser.

Bei Abfällen besteht das Ziel darin, zunächst zu verhindern, dass sie entstehen. Entstehen sie dennoch, sollten sie wieder verwendet oder recycelt werden. Dies ist durch organisatorische Maßnahmen und durch Optimierung des Wartungsregimes erreichbar. Zu den technischen Maßnahmen gehören z.B. eine effiziente Abziehen und das Sandstrahlen von Tanks.

Bei Energie besteht das Ziel darin, den Energieverbrauch zu senken. Zu den möglichen Maßnahmen gehören der Einsatz von Geräten mit niedrigem Verbrauch, die Wiederverwertung von Abwärme, gemeinsame Nutzung von Bedarfsgegenständen sowie die geeignete Schulung von Mitarbeitern. Durch den Einsatz von Abwasserreinigungsanlagen oder Gaspendelanlagen könnte der Energieverbrauch jedoch steigen.

Bei Maßnahmen zur Vermeidung oder Eindämmung von Luftemissionen, könnten Sicherheitsüberlegungen die Möglichkeiten der Emissionsminderung reduzieren.

**Anwendungsbereich:** Das Prinzip der ‚Minimierung von Emissionen bei der Tanklagerung‘ wurde für Tankterminals entwickelt, gilt aber auch für die Tanklagerung im Allgemeinen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Alle Medien werden berücksichtigt.

**Wirtschaftlichkeit:** Stark abhängig von den aktuell eingesetzten präventiven und reduzierenden Maßnahmen.

**Referenzliteratur:** [159, DCMR/VOPAK, 2000]

### 4.1.3.2. Schwimmdecken

**Beschreibung:** Schwimmdecken werden bei oben offenen Tanks, Becken und Teichen eingesetzt, um zu verhindern, dass Dämpfe und insbesondere Gerüche in die Atmosphäre gelangen. Die Deckelarten, die normalerweise bei stehenden Festdachtanks verwendet werden, sind im Abschnitt 4.1.3.10 beschrieben.

Für oben offene Tanks stehen verschiedene Schwimmdecken zur Verfügung, beispielsweise:

- leichter Kies
- Stroh
- Torf
- Rapsöl
- Kunststoffpellets
- Matten und Folie

**Einsatz:** Inspektionen im unteren Bereich können schwierig sein. Wartung während des Betriebs ist meistens nicht möglich.

**Anwendungsbereich:** Obwohl die Ergebnisse beim Einsatz von Schwimmdeckeln sehr unterschiedlich sind, sind sie allgemein gut genug als eine interessante Option für Gülletanks. Folgende Beobachtungen bei Tests werden berichtet:

#### *Rapsöl*

Rapsöl (oder Derivate mit einem hohen Rapsölanteil) ist sehr einfach anzuwenden und vermischt sich nicht so leicht mit Schweinegülle. Es ist jedoch biologisch abbaubar, verliert im Laufe der Zeit seine Oberflächenintegrität und führt zu stark erhöhten Methanemissionen. Stoffe, die gut schwimmen und nicht jedes Jahr nachgefüllt werden müssen, können den Nachteil haben, dass sie leicht weggeweht werden und eventuell eine zusätzliche Abdeckung benötigen. Mineralien mit sehr niedriger Dichte absorbieren Wasser, werden schnell durch Wind weggeweht oder sie sind unangenehm zu handhaben. Expandiertes Polystyrol (EPS) ist hierfür ein Beispiel.

#### *Light Expanded Clay Aggregate (leichte luftgefüllte und hartgebrannte Lehmkörner - LECA)*

LECA eignet sich für Tanks und Teiche. LECA-Granulat ist schwerer als EPS. Es wurde von Beobachtungen berichtet, dass es dazu neigt, auf den Boden des Lagers zu sinken und nachgefüllt werden muss. In anderen Quellen wird dies jedoch nicht berichtet. Wegen seiner höheren Dichte schwimmt LECA jedoch nicht mit seinem ganzen Volumen auf der Gülleoberfläche. Bei großen Tanks und Teichen kann es schwierig sein, LECA an seinen Platz zu bringen und gleichmäßig zu verteilen; eine Möglichkeit wäre, es mit Wasser oder Gülle zu vermischen und dann auf die Oberfläche zu pumpen.

Torf vermischt sich beim Rühren mit der Gülle, wird wassergesättigt und muss nach jedem Rühren erneuert werden. Torf ist jedoch ein Naturprodukt und verursacht kein Abfallproblem.

Der Füllausgang sollte sehr nahe am Tankboden sein, um Verstopfungen zu vermeiden.

**Sicherheitsaspekte:** Es besteht die mögliche Gefahr, dass sich gleich unter der Oberfläche hohe Konzentrationen gefährlicher und ungesunder Dämpfe aufbauen.



**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Der Hauptzweck der Abdeckung von Jauche liegt darin, die Geruchsbildung zu verringern; gleichzeitig wird jedoch die Verdunstung von Ammoniak reduziert. Eine weitere Auswirkung, verursacht durch die Reaktion der schwimmenden Abdeckung und der Jauche, ist die mögliche Zunahme der Methanemission (Rapsöl um ca. 60 %). Bei Rapsöl können durch anaerobische Reaktionen Oberflächen mit einem stark ranzigen Geruch entstehen.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine Option mit mittleren bis niedrigen Kosten. Es wird berichtet, dass Schwimmdecken für oben offene Tanks mit 15 – 30 m Durchmesser um 15 – 36 EUR/m<sup>2</sup> kosten (1999). Die Kosten für LECA betragen 225 – 375 EUR pro Tonne (1999). Von Kosten anderer Schwimmdeckel sind nicht berichtet worden.

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001] [113, TETSP, 2001]

#### 4.1.3.3. Flexible Abdeckungen oder Zeltdächer

**Beschreibung:** Oben offene Tanks können mit flexiblen Abdeckungen oder Zeltdächern mit einem mittleren Stützpfosten und von oben radial sich ausstreckenden Speichen abgedeckt werden. Dazu wird eine Gewebemembran über die Speichen ausgebreitet und an einer Rahmenverstrebung befestigt. Dabei handelt es sich um ein kreisförmiges Rohr, das sich am äußeren Umfang etwas unterhalb des Lageroberandes befindet. Durch gleichmäßig verteilte vertikale Riemen zwischen der Rahmenverstrebung und dem Zeltrahmen wird die Abdeckung über dem Lager befestigt.

Der Pfosten und die Speichen sind so konstruiert, dass sie Schnee- und Windlasten tragen können. Eingearbeitete Entlüftungen dienen dazu, die sich unter der Abdeckung aufbauenden Gase freizulassen; eine weitere Öffnung dient zur Aufnahme eines Einlassrohres und einer Zugangsluke, über die der Inhalt des Lagers geprüft werden kann.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Durch Abdeckung von Jauchelagern sind Berichten zufolge Emissionsminderungen von 80 – 90 % bei Ammoniak erzielt worden.

**Einsatz:** Zeltdächer können an bestehende Betonlager mit einem Durchmesser unter 30 m ohne Modifikationen montiert werden. Es ist jedoch empfehlenswert, vorher eine technische Analyse dazu vorzunehmen.

Bei Jauchelagern kann die Bildung von H<sub>2</sub>S Korrosionen verursachen, durch die die Struktur beeinträchtigt wird.

**Anwendungsbereich:** Aus einer britischen Studie über Bauernhöfe scheint es, dass zeltdachartige Abdeckungen an 50 – 70 % der bestehenden Lager in Stahlbauweise mit geringen Modifikationen verwendet werden können, sofern diese darin bestehen, einen zusätzlichen versteifenden Winkelstreifen um den Rand des Lagers anzubringen. Es ist wichtig, die erforderliche Stärke zu berechnen, damit die Wind- und Schneelasten sowohl für Lager als auch für Lager mit Abdeckung berücksichtigt sind. Je größer der Durchmesser, je schwieriger ist die Anbringung, da die Abdeckung gleichmäßig fest in alle Richtungen gespannt werden muss um ungleichmäßige Lasten zu vermeiden.

**Sicherheitsaspekte:** Es können toxische Gase entstehen. Sie mögen zwar keine Bedeutung für die Umwelt haben, müssen aber aus Sicherheitsgründen berücksichtigt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Dass sich Gase unter geschlossenen Abdeckungen (Kunststoff) bilden, ist bekannt; deshalb die erforderlichen Entlüftungen. Diese Gase können in einer Biogasanlage verwendet werden, aber der Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit hängen größtenteils von Faktoren wie Tagesproduktion des Gases, Entfernung und Verwendung ab.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für Zeltdächer für Lager mit einem Durchmesser 15 – 30 m sind mit 54 – 180 EUR/m<sup>2</sup> (1999) beziffert worden.

**Referenz-Bauernhöfe in der EU:** Von Anwendungen im Vereinigten Königreich ist berichtet worden.

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001]



#### 4.1.3.4. Feste/starre Abdeckungen

**Beschreibung:** Starre Abdeckungen sind feste Betonabdeckungen oder Glasfaserplatten mit einem flachen Deck oder einer konischen Form. Sie bedecken die Produktoberfläche vollständig und verhindern das Eindringen von Schnee und Regen. Ist die Abdeckung aus leichterem Material, kann die Spannweite größer sein als bei Betonabdeckungen und 25 m überschreiten, und sie kann eine mittlere Stütze haben. Bei starren Abdeckungen können Emissionen gesammelt und behandelt werden; siehe Abschnitt 4.1.3.15.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Beim Lagern von Schweinegülle ist die Auswirkung auf Emissionen unklar. Regen auf unbedeckte Dunggruben senkt die Feststoff- und Nährstoffanteile und führt zu einer Verdünnung des Dungs. Es wird nur von geringen Unterschieden beim Stickstoffgehalt in bedeckten und unbedeckten Lagern berichtet, so dass Zweifel darin bestehen, ob ein Festdach die Verdunstung von Ammoniak beeinflussen würde. Von Emissionsminderungen von 95 – 98 % wurde berichtet.

**Einsatz:** Kleinere Lager werden häufiger bedeckt als große.

**Anwendungsbereich:** Starre Abdeckungen werden meistens gleichzeitig mit dem Lager installiert. Nachrüstungen bei bestehenden Lagern gelten als teuer. Die Mindestlebensdauer dieser Abdeckungen beträgt 20 Jahre.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Es können toxische Gase entstehen. Sie mögen zwar keine direkte Bedeutung für die Umwelt haben, müssen aber aus Sicherheitsgründen berücksichtigt werden.

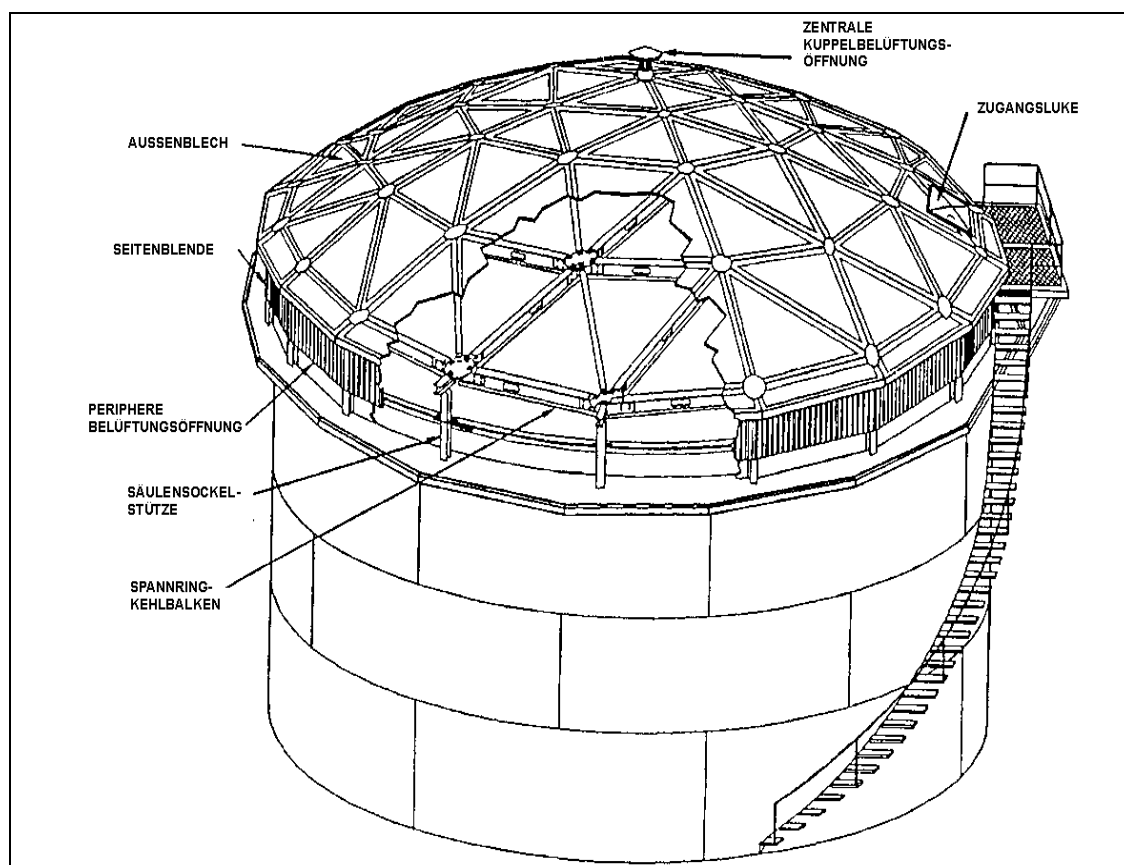
**Wirtschaftlichkeit:** Kostenhinweise gibt es aus einer Farmstudie im Vereinten Königreich. Bei Betonlagern mit Durchmesser im Bereich 15 - 30 m zur Lagerung von Schweinegülle liegen die Kosten um 150 – 225 EUR /m<sup>2</sup> (1999). Bei starren Abdeckungen aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) liegen die Kosten bei 145 – 185 EUR/m<sup>2</sup> (1999).

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001]

#### 4.1.3.5. Kuppeln

**Beschreibung** Luftemissionen durch Schwimmdachtanks können durch Nachrüstung einer festen Kuppel reduziert werden. Die typische aus Aluminium (geodätisch) gefertigte Kuppelstruktur, Mitte der 1970er eingeführt als Wetterabdeckung für Abwasserreinigungsanlagen, wird heute für einige Lagertanks in der petrochemischen Industrie verwendet. Entwickelt wurde diese Struktur nicht nur um Schnee- sondern auch um Wasseransammlungen auf Schwimmdächern zu vermeiden. Die Beseitigung von Wind oben auf dem Schwimmdach ist ein weiteres wichtiges Merkmal.

Geodätische Aluminiumkuppeln sind allgemein in Größen zwischen 6 m und 80 m Durchmesser verfügbar. In Allgemeinen besteht die Kuppel aus vorgefertigten Aluminium I-Trägern und Platten. Die Träger sind so miteinander verbunden/verschraubt, dass dreieckige Räume entstehen, die dann mit vorgeschrittenen Aluminiumplatten geschlossen werden, die wiederum oben auf die Träger geklammert werden. Die Kuppeln können innerhalb des Tanks vorgefertigt und dann in ihre Positionen gehoben werden, oder sie können außerhalb des Tanks zusammengebaut und mit einem Kran positioniert werden. Der Durchmesser bzw. die Größe der Kuppel ist dann durch die Tragkraft des Krans begrenzt. Die Kuppelstruktur erfordert einen Spannring, der die nach außen gerichtete Radialkraft aufnimmt. Der Spannring kann entweder mit dem primären Kehl balken oben am Tankkörper oder als integraler Bestandteil der Kuppel selbst integriert werden. Letzteres (selbsttragende Kuppel) ist die kostenwirksamste Lösung, und es sind nicht sehr viele Brenn- oder Schweißarbeiten am Tankkörper selbst erforderlich. Werden Kuppeln ohne Spannring installiert, ist besondere Vorsicht erforderlich, um sicherzustellen, dass der obere Tankkörper horizontal ausreichend abgestützt ist.



**Abbildung 4.1: Schwimmdachtank, ausgerüstet mit einer geodätischen Aluminiumkuppel**  
[166, EEMUA, 2003]

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die in einer EFRT-Fallstudie nach der Methode EPA AP-42 geschätzten Emissionsminderungen sind im Anhang 8.13.1 wiedergegeben. Für die untersuchten Parameter Produkt, Tankgröße, Windgeschwindigkeit usw. führte die Installation einer Kuppel zu einer Emissionsminderung von 93%. Die Wirksamkeit der Kuppel hängt hauptsächlich von der über das Jahr gemittelten Windgeschwindigkeit und dem vorhandenen Randdichtungssystem ab, und ist somit standortabhängig.

**Einsatz:** Der eingeschränkte Raum führt zu Zugangsschwierigkeiten, z.B. für Wartungsarbeiten an der Kuppel und am Schwimmdach. Die tatsächliche Emissionsminderung hängt von der Wirksamkeit der in dem bestehenden Schwimmdach verwendeten Dichtungen ab.

**Anwendungsbereich:** Der Bau einer Kuppel auf einem bestehenden Tank bedarf meistens eine Auslegungsprüfung und einer Modifizierung des Tanks. Bei größeren Tanks ist der Bau einer Kuppel sogar noch schwieriger.

**Sicherheitsaspekte:** Bei einer Kuppel besteht die Möglichkeit, dass sich zwischen dem Schwimmdach und der Kuppel eine brennbare Atmosphäre entwickelt, so dass Löscharbeiten schwierig sind. Der eingegengte Raum führt zu Problemen beim Einstieg und bei der Flucht.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Installation einer Kuppel sind hoch, insbesondere bei einer Nachrüstung. Erhebliche Kosten sind standortabhängig.

**Referenzliteratur:** [84, TETSP, 2001] [113, TETSP, 2001]

### 4.1.3.6. Tankfarbe

**Beschreibung:** Die Tankfarbe beeinflusst die Menge der von oberirdischen Tanks absorbierten thermischen oder leichten Strahlung und somit der Temperatur des flüssigen oder dampfförmigen Inhalts. Dies gilt für alle Arten von oberirdischen Lagertanks. Der Einfluss der Tankfarbe ist begrenzt, wenn der Tank bereits mit einem Schwimmdach ausgerüstet ist.

Bei Lagertanks auf Schiffen (schwimmende Lagerung), führt die Lackierung des Schiffsdecks (dem Oberteil des Tanks) in einer hellen Farbe zu einer reduzierten Absorption thermischer und leichter Strahlung.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Tabelle 4.1 zeigt die Farbfaktoren, die gemäß AP-42 in der Gleichung für Tankverluste bei oberirdischer druckloser Tanklagerung verwendet werden.

Lackfarbe	Farbton oder -typ	Farbfaktor ,guter Zustand'	Farbfaktor ,schlechter Zustand'
Aluminium	Eisenglanz	0,39	0,49
Aluminium	Diffus	0,60	0,68
Grau	Hell	0,54	0,63
Grau	Medium	0,68	0,74
Rot	Grundierung	0,89	0,91
Weiß	K.A.	0,17	0,34

**Tabelle 4.1: Farbfaktoren**  
[41, Concauwe, 1999], mit Bezug auf EPA AP-42

Tabelle 4.2 aus der Referenz VDI 3479 (Verein Deutscher Ingenieure) zeigt das prozentuale Reflektionsvermögen verschiedener Tankfarben für Wärmestrahlung.

Farbbezeichnung	Reflektionsvermögen für Wärmestrahlung, %
Schwarz	3
Maschinengrau	10
Braun	12
Mausgrau	13
Grün	14
Blau	19
Silbergrau	27
Kiesgrau	38
Rot	43
Hellgrau	51
Elfenbeinfarben	57
Alu-Silber	72
Cremeweiß	72
Weiß	84

**Tabelle 4.2: Reflektionsvermögen verschiedener Tankfarben für Wärmestrahlung**  
Quelle: VDI 3479 Emissionsüberwachung: Raffinerieferne Mineralöltanklager

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, dass ein weiß lackierter Tank, verglichen mit anderen Farben, die geringste Emission aufweist.

Die in fünf Fallstudien durch Änderung von Tankfarben erreichten Emissionsminderungen (geschätzt nach der Methode EPA AP-42) sind im Anhang 8.13 wiedergegeben. Je nach Tankart, Tankgröße, Umschlag, thermischer oder leichter Strahlung, gelagerten Produkten usw. liegt die mögliche Emissionsminderung durch Änderung der Farbe eines Basistanks (d.h. ohne weitere Emissionskontrollmaßnahme) von Mittelgrau auf Weiß zwischen 15 und 82 %. Dies zeigt, dass die Wirksamkeit sehr spezifisch auf die Lagerbedingungen bezogen ist, insbesondere auf die Menge der absorbierten thermischen oder leichten Strahlung sowie den Tankumschlag.

**Einsatz:** Erfordert Wartung aus optischen Gründen.

**Anwendungsbereich:** Sehr breit anwendbar, auch für Tanks auf Schiffen (schwimmende Lagerung). Bei Edelstahl wäre keine Lackierung als Emissionskontrollmaßnahme erforderlich.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Abfälle, wie Sandstrahlkies und Lackbehälter, müssen während und nach der Anwendung entsorgt werden. Lack mit organischen Lösemitteln erzeugt während der Auftragung VOC-Emissionen.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine kostengünstige Emissionskontrollmaßnahme besteht darin, Tanks im Rahmen der planmäßigen Neulackierung mit einem Lack mit höheren Reflektionseigenschaften zu lackieren. Werden diese Maßnahmen außerhalb des Wartungszyklusses durchgeführt, entstehen Zusatzkosten.

**Referenzliteratur:** [41, Concauwe, 1999] [87, TETSP, 2001] [113, TETSP, 2001] und VDI 3479

#### 4.1.3.7. Sonnenschutz

**Beschreibung:** Eine ziemlich neue Entwicklung besteht darin, Sonnenblenden oder Sonnenschutz um stehende Lagertanks zu installieren. Diese Technik ist bei horizontalen Tanks für verflüssigtes Gas angewendet worden. Der Ansatz richtet sich hauptsächlich nach der Idee, dass man einen Anstieg der Temperatur des Dampfes/Produktes im Tank reduzieren/verhindern kann, und dies führt wiederum zu möglichen geringeren Emissionen. Die Abschirmungen werden so positioniert, dass die Auswirkung der Sonneneinstrahlung auf Tankdach und -körper minimiert wird. Zwischen Tank und Abschirmung bleibt etwas Zwischenraum.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die in zwei Fallstudien nach der Methode EPA AP-42 geschätzten, durch Sonnenschutz erreichten Emissionsminderungen sind im Anhang 8.13.4 und 8.13.5 wiedergegeben. Bei den beiden betrachteten Festdachtank-Größen liegt das Emissionsminderungspotenzial bei der Installation eines Sonnenschutzes an einem Basistank (d.h. ohne weitere Emissionskontrollmaßnahme und mit mittelgrauer Farbe) zwischen 44 und 49 %. Die Wirksamkeit wäre bei weiß lackierten Tanks geringer gewesen.

**Einsatz:** Nur bei kleineren Lagertanks eine Erfolg versprechende Lösung. Eine Inspektion unter dem Sonnenschutz kann schwierig sein. Der Sonnenschutz bedarf nur eines geringen Wartungsaufwandes.

**Anwendungsbereich:** Wird gegenwärtig nur bei kleineren Tanks oder Behältern an Standorten mit hoher Sonneneinstrahlung verwendet. Bei leichtem Baumaterial oder leichter Bauweise kann der Zugang auf den Sonnenschutz beschränkt sein. Ferner sollte der Zugang in den Bereich zwischen Tank und Sonnenschutz beschränkt werden, da in einer halbumschlossenen, schlecht belüfteten Umgebung immer Dämpfe vorhanden sein können, die Unfälle verursachen können.

**Sicherheitsaspekte:** Um Unfälle zu vermeiden, muss der untere Bereich gut belüftet und der Zugang zum Schutz eingeschränkt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten variieren stark in Abhängigkeit von der Größe und der Bauweise. Für den Schutz selbst könnten kostengünstige Materialien verwendet werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

### 4.1.3.8. Natürliche Tankkühlung

**Beschreibung:** Einen Lagertank bei niedrigen Flüssigkeitstemperaturen zu betreiben, stellt eine wichtige Maßnahme zur Emissionsvermeidung dar, insbesondere wenn es sich um die Lagerung von Mischungen von Kohlenwasserstoffflüssigkeiten mit einem hohen Anteil leichter Moleküle handelt, beispielsweise um Benzin, Naphtha und Rohöl.

Um die Lagertemperatur unter einer bestimmten Grenze zu halten, auch bei sommerlichen Bedingungen, empfiehlt es sich, alle natürlichen Möglichkeiten der Tankkühlung einzusetzen. Schwimmdachtanks bieten die beste Möglichkeit, die Flüssigkeitstemperatur niedrig zu halten, da sich zwischen Tankdach und gelagerter Flüssigkeit kein aufgeheizter Luftzwischenraum befindet. Es ist ferner vorteilhaft, im Sommer eine bestimmte Menge Regenwasser auf dem Schwimmdach zu belassen. Durch Verdunstung des Wassers entstehen niedrigere Lagertemperaturen und entsprechend weniger Emissionen.

Gekoppelt mit dem Einsatz von Sonnenschutz (siehe Abschnitt 4.1.3.7) ist eine Kühlung mit Wasserfilmen oder Wassersprühen eine Möglichkeit Produkttemperaturen und -emissionen niedrig zu halten. Diese und andere Möglichkeiten der passiven Emissionsvermeidung werden gegenwärtig nicht völlig ausgeschöpft.

**Einsatz:** Die Industrie ist beim Einsatz natürlicher Kühlung zurückhaltend. Dort versucht man, Schwimmdächer wasserfrei zu halten, um Korrosion zu vermeiden, aber insbesondere das Risiko eines Absinkens des Daches durch sturmverursachte Regenwasserlasten zu minimieren. Obwohl Wasserkühlung auf Festdachtanks in Notsituationen akzeptiert wird, werden die vermehrte Korrosion und der daraus resultierende Wartungsaufwand beim Betrieb einer Sprühflutanlage über längere Zeiträume hinweg vom Betreiber als nicht akzeptabel angesehen, insbesondere wenn Brack- oder Salzwasser verwendet werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Die Verwendung von Wasser in Regionen mit Frischwasserknappheit kann insbesondere in den Sommermonaten, unakzeptabel sein, z.B. in Südeuropa.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten steigen, weil die Tanks häufiger inspiziert werden müssen.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001] [175, TWG, 2003]

### 4.1.3.9. Dachabdichtungen für Schwimmdächer und innere Schwimmdecken

#### 4.1.3.9.1. Randedichtungen

**Beschreibung:** Das Randedichtungssystem ist so konstruiert, dass der Spalt zwischen dem äußeren Ponton des Schwimmdaches und dem Tankkörper (Randraum) gefüllt wird, so dass Luftemissionen minimiert werden. Alle Schwimmdächer beinhalten eine solche Dichtung als Teil ihrer Konstruktion, um zu verhindern, dass Dämpfe in die Atmosphäre entweichen; diese Dichtung wird Primärdichtung genannt. Um Emissionen noch weiter zu reduzieren, kann eine Sekundärdichtung über die Primärdichtung installiert werden. Neue Dichtungskonstruktionen mit integrierten Primär- und Sekundärdichtungen sind verfügbar. Hier werden die Wirkelemente unabhängiger Primär- und Sekundärdichtungen in eine Konstruktion integriert, wobei ein oder zwei Dichtungsvorhänge mit der Schwimmdecke verbunden sind.

Die Wirksamkeit der Dichtung hängt von der ‚Rundheit‘ des Tankes ab. Und diese hängt im Wesentlichen von der Setzung des Tanks und somit vom Tankfundament ab (siehe Abschnitt 4.1.2.1)

#### *Primärdichtungen*

Bei Schwimmdachtanks werden im Wesentlichen drei grundsätzliche Arten von Primärdichtungen verwendet:

- Dichtungen mit Dampfkontakt, siehe Abbildung 4.2.
- Dichtungen mit Flüssigkeits- und Schaumkontakt, siehe Abbildung 4.3.
- mechanischer (metallischer) Schuh, siehe Abbildung 4.4.

Einige Primärdichtungen an Schwimmdächern sind mit einer Wetterabdeckung ausgerüstet. Wetterabdeckungen können aus Metall, Elastomer oder aus einer Materialkombination bestehen und verlängern die Lebensdauer der Primärdichtung durch Schutz des Dichtungsgewebes gegen Wittereinflüsse, Schmutz und Sonnenlicht. Hauptsächlich wegen ihrer unabgedichteten radialen Verbindungen wirken Wetterabdeckungen weniger emissionsmindernd als am Dachrand sitzende Sekundärdichtungen.

Für die Abstreifer werden häufig zwei Materialarten verwendet. Eine Art besteht aus einem im Querschnitt verjüngten zellulären, elastomeren Material, wobei sich der dickere Teil an der Halterung befindet. Gummi wird häufig verwendet; auch Urethan und zellulärer Kunststoff sind verfügbar. Alle radialen Verbindungen im Blatt sind verbunden. Als zweite Materialart kommt ein Schaumstoffkern mit einem beschichteten Gewebe zum Einsatz. Polyurethan auf einem Nylongewebe und Polyurethanschaum sind gebräuchliche Materialien. Der Kern liefert Flexibilität und Stützung, während das Gewebe die Dampfsperre und die Verschleißfläche bietet.

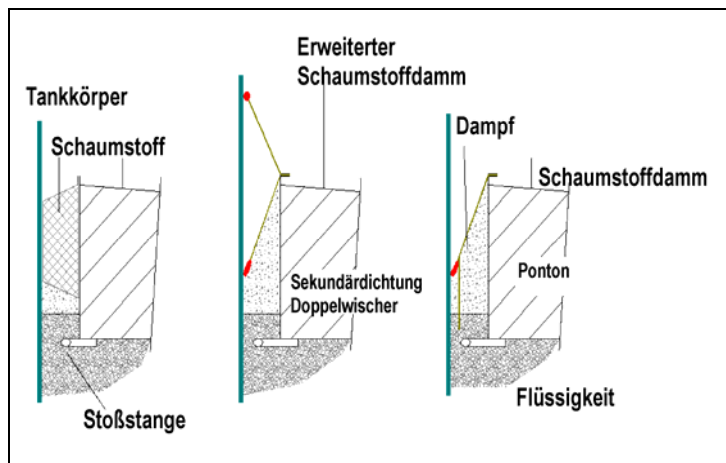


Abbildung 4.2: Dichtungen mit Dampfkontakt (typische Anordnung)  
[84, TETSP, 2001, 166, EEMUA, 2003]

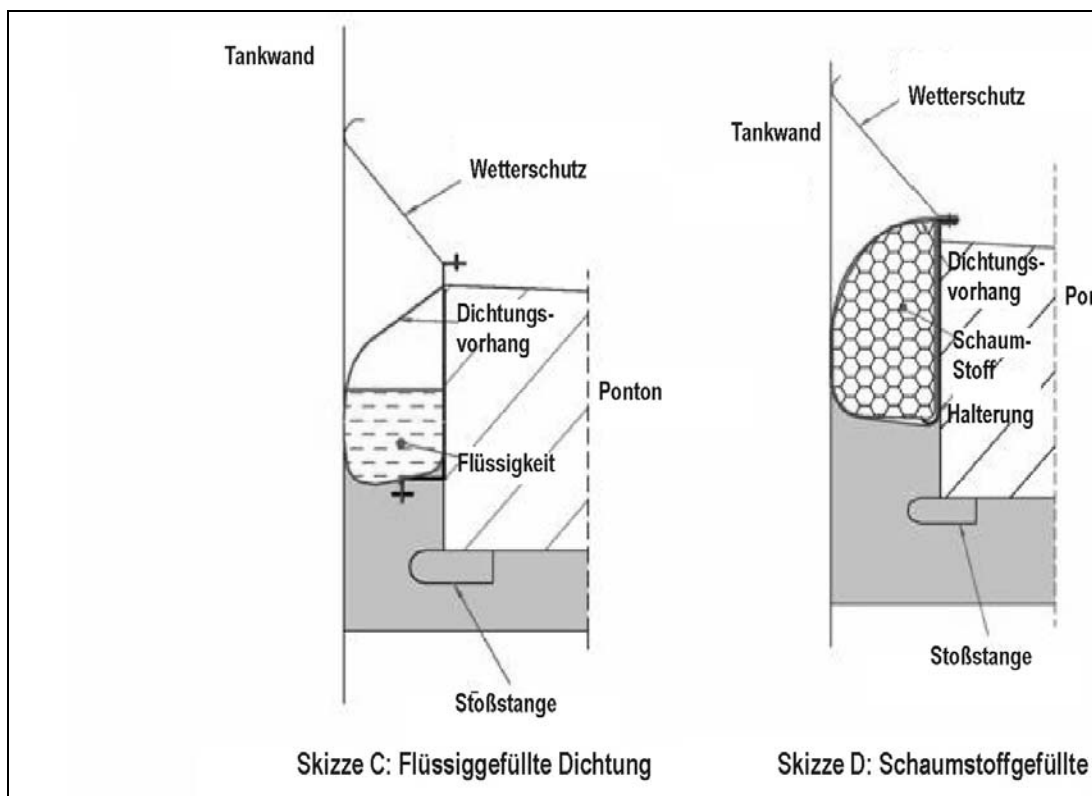
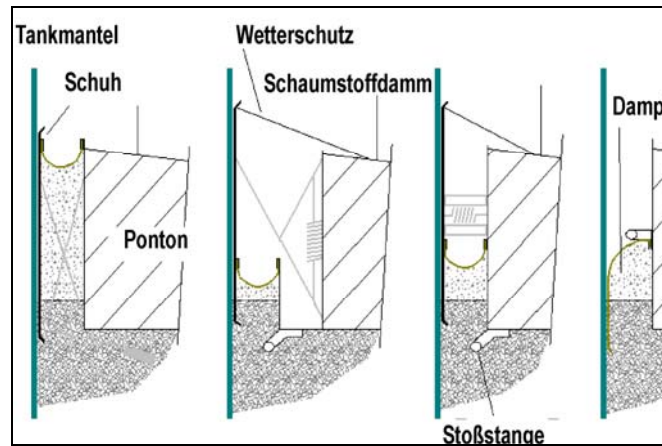


Abbildung 4.3: Skizzen einer Dichtung mit Flüssigkeitskontakt (links) und Schaumstoffkontakt (rechts)  
[185, UBA Germany, 2004]





**Abbildung 4.4: Mechanische Schuhdichtungen mit Flüssigkeitskontakt (typische Anordnung)**  
 [84, TETSP, 2001, 166, EEMUA, 2003]

### **Sekundärdichtungen**

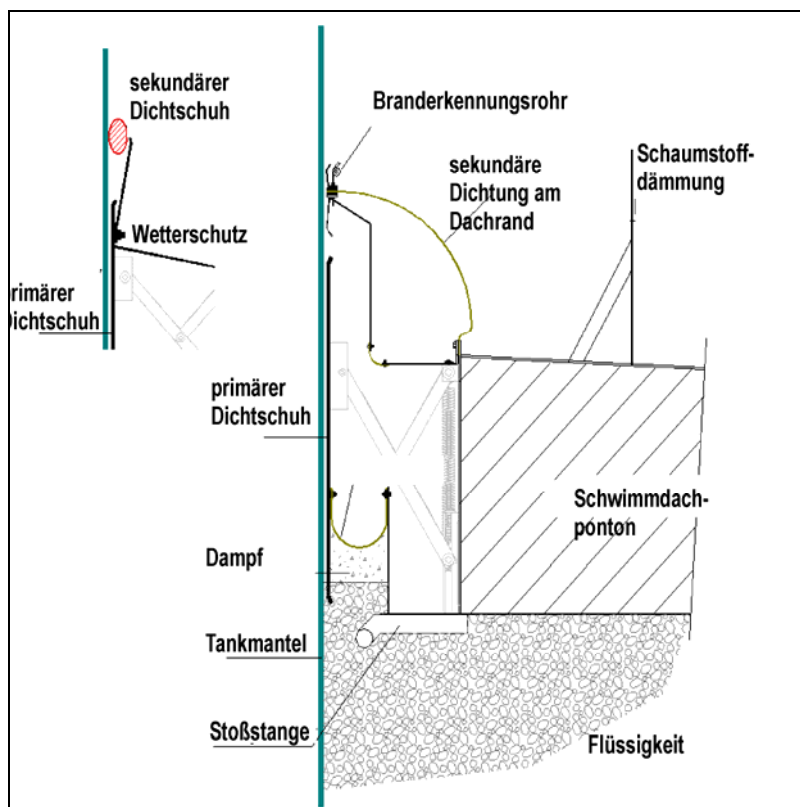
Bei Sekundärdichtungen kann es sich um Abstreifer oder um federnde gefüllte Dichtungen handeln. Für Schwimmdachtanks gibt es zwei Ausführungen von Sekundärdichtungen: Schuhdichtungen und am Dachrand sitzende Dichtungen, gemäß Abbildung 4.5. Da sie den gesamten Randdampfraum abdecken, sind am Dachrand sitzende Sekundärdichtungen bei der Emissionsminderung wirksamer als sekundäre Schuhdichtungen. Die mechanische Schuhkonstruktion ist haltbarer.

Bei einigen Schwimmdachtanks führt der Einsatz von Sekundärdichtungen jedoch zu einer weiteren Einschränkung der Betriebskapazität des Tanks, weil die Sekundärdichtung bei gefülltem Tank immer mit dem Tankkörper in Berührung stehen muss. Durch integrierte Dichtungskonstruktionen sind die Arbeitshöhen jedoch reduziert worden und haben kaum noch einen Einfluss auf die Arbeitskapazität eines Tanks.

Sekundärdichtungen mit wasserabsorbierenden Kontaktelementen sind verfügbar. Der Einzelhändler behauptet, dass diese Dichtungen das gesamte Regenwasser von der inneren Tankwand ablaufen lassen können. Der Einsatz solcher Dichtungen ist jedoch auf die Lagerung „weißer“ Produkte (halb raffinierte oder raffinierte Produkte ohne Paraffinwachs) beschränkt. Auf diese Weise können wasserempfindliche Produkte in Schwimmdachtanks gelagert werden. Gleichzeitig werden die Entleerung vom Tankboden und die Korrosion am Tankboden erheblich reduziert.

Vorausgesetzt alle Dichtungen sind in einem guten Zustand, bieten mechanische Schuhdichtungen und Dichtungen mit Flüssigkeitskontakt eine bessere Kontrolle über Luftemissionen, wie dies in den API-hergeleiteten Randdichtungsverlustfaktoren wiedergespiegelt wird.





**Abbildung 4.5: Mechanische Schuhdichtung mit Flüssigkeitskontakt mit einer schuhgelagerten und einer am Dachrand sitzenden Sekundärdichtung (typische Anordnung)**  
[166, EEMUA, 2003]

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Für Schwimmdach tanks kann eine Emissionsminderung von mindestens 97 % erreicht werden (im Vergleich zu einem Festdach tank ohne Zusatzmaßnahmen), wenn an mindestens 95 % des Tankumfangs der Spalt zwischen dem Dach und der Wand weniger als 3,2 mm beträgt und es sich um Dichtungen mit Flüssigkeitskontakt handelt, vorzugsweise in mechanischer Schuhausführung.

Die Emissionsminderungen (geschätzt mit der EPA AP-42 Methode), die in fünf Fallstudien mit unterschiedlichen Dachdichtungen durchgeführt wurden, sind im Anhang 8.13 wiedergegeben. Für den untersuchten Schwimmdach tank wurde für den Wechsel von einer Primärdichtung mit Dampfkontakt zu einer Primärdichtung mit Flüssigkeitskontakt eine zusätzliche potenzielle Minderung von 84 % ermittelt. Durch die Anbringung einer am Dachrand sitzenden Sekundärdichtung wurde eine weitere Minderung um 5 % ermittelt.

Durch die Installation von Primärdichtungen mit Flüssigkeitskontakt und am Dachrand sitzenden Sekundärdichtungen an einem Schwimmdach tank für Rohöl, mit durchschnittlich 12 Umschlagvorgängen pro Jahr, kann eine Minderung von Luftemissionen von bis zu 99,5 % erreicht werden, im Vergleich zu einem Festdach tank ohne Zusatzmaßnahmen.

Für die vier Fallstudien mit Festdach tanks wurde für den Wechsel von einer Primärdichtung mit Dampfkontakt zu einer Primärdichtung mit Flüssigkeitskontakt nur ein sehr geringes zusätzliches Emissionsminderungspotenzial festgestellt, wenn eine interne Schwimmdecke installiert ist. Für eine Sekundärdichtung an der inneren Schwimmdecke wird ebenfalls ein geringes zusätzliches Emissionsminderungspotenzial geschätzt.

Das API (American Petroleum Institute) hat grundlegende Untersuchungen zu Emissionen aus Schwimmdach tanks mit folgenden Dichtungskombinationen durchgeführt: mechanische Schuhdichtung, federnde gefüllte Dichtungen (sowohl mit Dampfkontakt als auch mit Flüssigkeitskontakt), zusammen mit Kombinationen dieser Dichtungen mit am Dachrand sitzenden Sekundärdichtungen. Die Prüfungen ergaben, dass die Verwendung einer Primärdichtung mit Flüssigkeitskontakt (z.B. metallische Schuhdichtung oder federnde gefüllte Dichtung mit Flüssigkeitskontakt) in Kombination mit einer am Dachrand montierten Sekundärdichtung im Vergleich mit Primärdichtungen alleinigenommen eine signifikante Emissionsminderung

herbeiführen. Ausführlichere Angaben hierzu sind dem API Manual of Petroleum Measurement Standards Kapitel 19.1 und 19.2 (ehemals API Standard API 2517 und API 2519) zu entnehmen. Im Anhang 8.22 werden die Leistungen der verschiedenen Dichtungssysteme gemäß diesem API Manual graphisch dargestellt.

Der Wirkungsgrad eines Schwimmdaches ist stark vom gelagerten Produkt, dem jährlichen Umschlag und dem Tankdurchmesser abhängig. Anhang 8.20 führt Berechnungen für den Wirkungsgrad gemäß dem oben angeführten API Manual an, für verschiedene Tankgrößen und eine variable Anzahl von Füllvorgängen beim Lagern von Benzin. Im Anhang 8.21 wird die gleiche Berechnung angeführt. Hier wird jedoch der Wirkungsgrad des Schwimmdachtanks beim Lagern von Benzin mit dem Wirkungsgrad beim Lagern von Rohöl verglichen.

**Einsatz:** Bei Schwimmdachtanks sind Dichtungen leicht zu bedienen und zu installieren, verursachen aber mögliche Probleme bei der Überprüfung auf Dichtungslücken und des Zustandes der Primärdichtungen. Fügt die Dichtung dem Dach eine zusätzliche "Höhe" hinzu, wird das Nutzvolumen des Tanks reduziert.

Bei inneren Schwimmdecken ist die Prüfung und Wartung von Primärdichtungen mit Schwierigkeiten verbunden. Diese werden noch schlimmer, wenn Sekundärdichtungen installiert werden.

Sekundärdichtungen müssen bei Schwimmdachtanks circa alle 10 Jahre ausgewechselt werden, obwohl dies stark vom Zustand des Tankkörpers, den Luftbedingungen und der Qualität des Dichtungsmaterials abhängt.

Die Wahl des Dichtungstyps steht mit der Zuverlässigkeit der Dichtung im Zusammenhang, z.B. werden Schuhdichtungen wegen ihrer Langlebigkeit und somit für die hohe Anzahl von Umschlagvorgängen bevorzugt.

**Anwendungsbereich:** Findet breite Anwendung. Es gibt jedoch nur wenige praktische Erfahrungen mit Sekundärsiegeln, die wasserabsorbierende Kontaktelemente haben.

Das Europäische Parlament und die Richtlinie der Rates 94/63/EG vom 20. Dezember 1994 zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Lagerung von Ottokraftstoff und seiner Verteilung von den Auslieferungslagern bis zu den Tankstellen schreiben u.A. vor, dass Schwimmdachtanks mit Primär- und Sekundärdichtungen ausgestattet werden müssen.

In den Niederlanden gilt, dass Schwimmdachtanks, die eine Emissionsminderung von mindestens 97 % erreichen können, dann anzuwenden sind, wenn der Stoff einen Dampfdruck von 1 kPa (bei 20 °C) hat und das Tankvolumen  $\geq 50 \text{ m}^3$  beträgt. Dies gilt jedoch nicht für toxische flüchtige Stoffe, für die der Tank an eine Abgasbehandlungseinrichtung angeschlossen werden muss, so dass ein für eine solche Abgasbehandlung passender Tanktyp erforderlich wäre.

In Deutschland schreibt die TA Luft für neue Anlagen und für Stoffe mit einem Dampfdruck von mindestens 1,3 kPa (bei 20 °C) oder speziell zugeordnete Stoffe (siehe Abschnitt 4.1.3.15.) vor, dass Emissionsstellen an eine Abgasbehandlungseinrichtung, eine Gassammelleitung oder an eine Dampfdruckgewinnungsanlage angeschlossen werden sollten. Ungeachtet dessen kann die Lagerung von Rohöl in Lagertanks mit einem Volumen von mehr als 20.000  $\text{m}^3$  auch in Schwimmdachtanks mit wirksamer Randabdichtung oder in Festdachtanks mit innerer Schwimmdecke erfolgen, wenn eine Emissionsminderung um mindestens 97 % gegenüber Festdachtanks ohne innere Schwimmdecke erreicht wird. Ferner kann ein Schwimmdach auch bei bestehenden Anlagen verwendet werden, sofern der Tank keine Stoffe aus der Kategorie krebserzeugend/erbgutverändernd/reproduktionstoxisch enthält und der Wirkungsgrad der Emissionsminderung mindestens 97 % beträgt.

**Sicherheitsaspekte:** Das Brandrisiko wird durch Installation einer geeigneten Tankdacherdung minimiert. Löschschaum, der nur bei Schwimmdächern verwendet wird, wird erforderlich sein, um eventuelle Randbrände löschen zu helfen. Zugänge für Wartungs- und Inspektionszwecke benötigen Vorsichtsmaßnahmen für beengte Räume.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Sekundärdichtungen verringern das Eindringen von Wasser in den Tank, so dass weniger Wasser abgelassen werden muss und entsprechend weniger Emissionen aus Abwasserbehandlungsanlagen entstehen. Bei Tanks mit „weißen“ Produkten behaupten Einzelhändler, dass Sekundärdichtungen mit wasserabsorbierenden Kontaktelementen folgende Vorteile bieten:

- keine Beeinträchtigung der gelagerten Flüssigkeit durch Regenwasser
- ein Ablassen von Wasser unten aus dem Tank ist nicht erforderlich
- weniger Korrosion am Tankboden
- weniger kontaminiertes Wasser, das gereinigt werden muss.

**Wirtschaftlichkeit:** Allgemein niedrige bis mittelhohe Kosten. Bei Schwimmdachtanks bietet der Wert der Emissionsminderung für sich allein genommen manchmal wenig Anreiz dazu, auf Sekundärdichtungen umzusteigen; muss eine Dichtung ausgewechselt werden, sind die Zusatzkosten für die Einbringung von Sekundärdichtungen dagegen gerechtfertigt. Darüber hinaus bewirken Sekundärdichtungen nicht nur Emissionsminderungen, sondern sie bieten auch die bereits erwähnten anderen Vorteile zur Kostensenkung, z.B. in Bezug auf Wartung oder Abwasserreinigung.

Ein Nachrüsten von Sekundärdichtungen bei Schwimmdecken ist jedoch wirtschaftlich nicht sinnvoll und bringt wesentliche Probleme bei der Inspektion mit sich.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001] [41, Concawe, 1999] [66, EPA, 1997] [131, W-G Seals Inc., 2002] [58, KWS2000, 1991] [87, TETSP, 2001] [175, TWG, 2003]

#### 4.1.3.9.2. Messschächte und Führungsstangen

**Beschreibung:** Emissionen können sowohl bei Schwimmdach- als auch bei Festdachtanks dort entstehen, wo über Ausrüstungsteile Möglichkeiten der Dampfentweichung geboten werden. Zu diesen Ausrüstungen gehören geschlitzte Messschächte und Führungsstangen für Schwimmdachtanks. Einzelheiten zur Emissionskontrolle bei diesen Ausrüstungen werden nachfolgend behandelt.

##### *Geschlitzte Messschächte*

Messschächte mit großen Schachtöffnungen stellen eine wesentliche Emissionsquelle bei Schwimmdachtanks dar. Je nach Windgeschwindigkeit am Standort verursachen geschlitzte Messschächte bei Produkten wie Benzin jährlich mehrere Tonnen Emissionen. Abbildung 4.6 zeigt windverstärkte bzw. normale Emissionen, einschließlich ihrer Pfade.

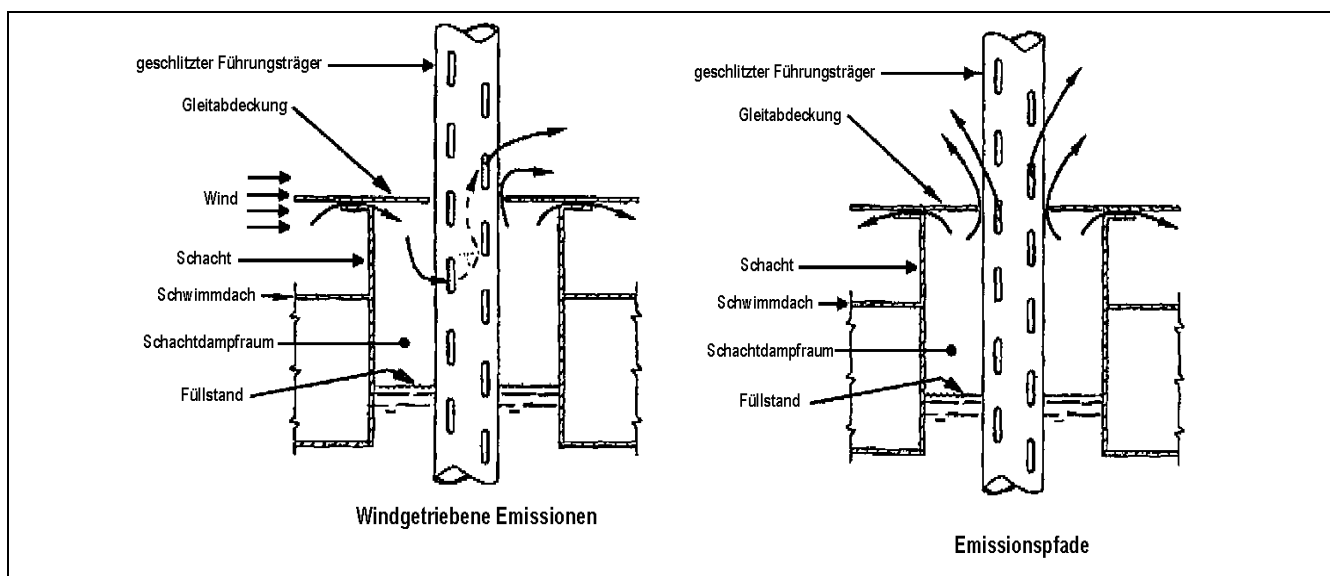


Abbildung 4.6: Emissionen aus Messschächten  
[41, Concawe, 1999]

Abbildung 4.7 zeigt die typische Konstruktion eines Messschachtes, die folgende Merkmale aufweist:

- **Schachtdichtung:** eine Dichtung, die den Spalt zwischen der Gleitabdeckung und den festen Abdeckungen an der Führungsstange abdichtet. Die Gleitabdeckung ermöglicht ein gewisses Maß an Beweglichkeit für das Tankdach.
- **Mastmanschette** die Manschette ist an der Gleitabdeckung befestigt, umgibt die Stange und erstreckt sich nach unten in das Flüssigprodukt hinein, wodurch zwischen dem Dampf im Schacht und dem Mast eine Barriere entsteht.
- **Mastabstreifer:** eine Gummidichtung, die oben an der Gleitabdeckung befestigt ist und sich über den Ringspalt zwischen der Stange und der Manschette erstreckt. Der Abstreifer verhindert nicht nur Verluste durch den Spalt hindurch, sondern wischt das an der Stange Mast haftende Produkt ab, während das Flüssigkeitsniveau abfällt, so dass die Arbeitsverluste reduziert werden.
- **Schwimmer und Schwimmerabstreifer** diese Kombination reduziert Emissionen innerhalb des Messschachtes.

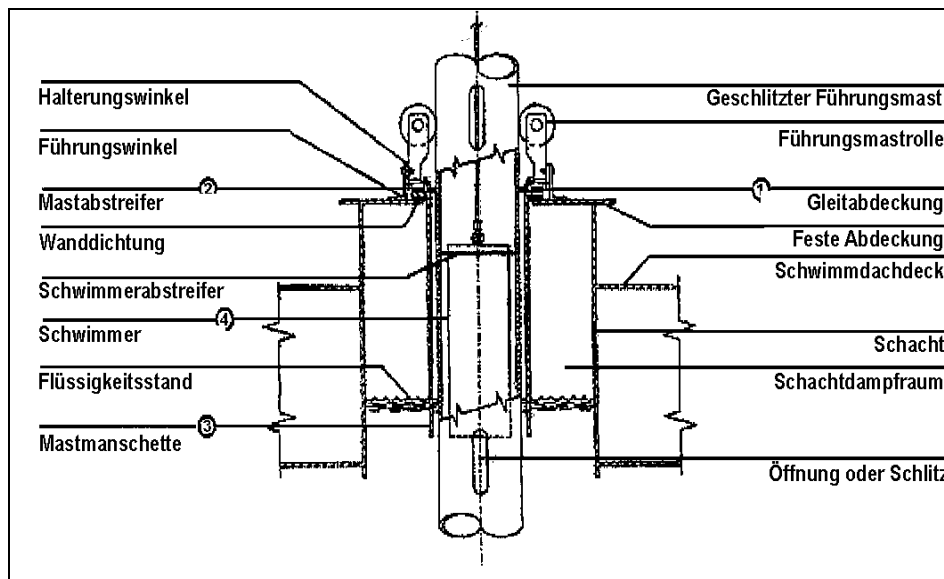


Abbildung 4.7: Konstruktion zur Emissionsminderung aus Messschächten [41, Concawe, 1999]

Es sind auch andere Messschachtmaßnahmen entwickelt worden, beispielsweise die in Abbildung 4.8 dargestellte Konstruktion einer äußeren Gewebemanschette.

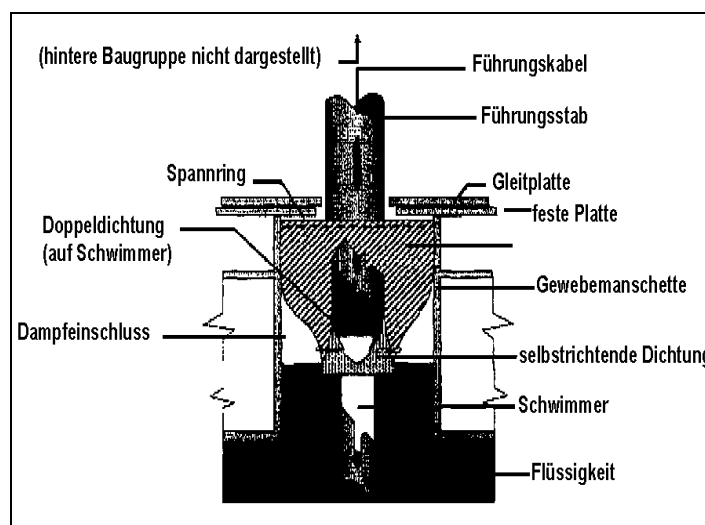


Abbildung 4.8: Konstruktion mit Gewebemanschette zur Emissionsminderung aus Messschächten [41, Concawe, 1999]

**Dachstützbeine**

Emissionen über Stützbeine sind individuell verhältnismäßig niedrig im Vergleich zu anderen Tankdachausrüstungen. Beine können kostengünstig eingesackt werden, wenn Randdichtungsmaterial verwendet wird. Eine billigere, aber vielleicht nur vorübergehende Alternative besteht darin, sämtliche Spalten an den Beinen mit Klebeband abzudichten. Durch diese Maßnahmen würden nahezu alle diese Emissionsquellen beseitigt. Wie andere Kontrollmaßnahmen auch, beruht ihre Wirksamkeit darauf, dass sie regelmäßig überprüft werden, und bei Stützbeinen kann diese Inspektion normalerweise visuell erfolgen.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die in einer EFRT-Fallstudie nach der Methode EPA AP-42 geschätzten Emissionsminderungen sind im Anhang 8.13.1 wiedergegeben. Die durch verschiedene an einem Basistank angebrachten Emissionskontrollmaßnahmen liefern folgende geschätzten Emissionsminderungen:

- 4 % für die Installation eines Schwimmers in einem geschlitzten Messschacht
- 6 % für die Installation einer Manschette über einen geschlitzten Messschacht
- 0,3 % für das Einsacken der Dachstützbeine.

Diese Angaben zeigen, dass Dachzusatzvorrichtungen nur eine geringe Emissionsquelle bei Basis-Schwimmdachtanks darstellen. Beim Einsatz dieser Emissionskontrollmaßnahmen an einem Tank, der mit Primärdichtungen mit Flüssigkeitskontakt und mit am Dachrand sitzenden Sekundärdichtungen ausgerüstet wurde, wurden folgende Emissionsminderungspotentiale geschätzt:

- 39,4 % für die zusätzliche Installation eines Schwimmers in dem geschlitzten Messschacht
- 54,8 % für die zusätzliche Installation einer Manschette über den geschlitzten Messschacht
- 3,0 % für das zusätzliche Einsacken von Dachstützbeinen.

**Einsatz:** Leicht zu bedienen und zu installieren, es können aber Probleme entstehen, wenn die Dichtungsabstände und der Zustand der Primärdichtungen überprüft werden sollen. Schwimmer in Messschächten stellen ein Problem dar, wenn die Messschächte zur Probenentnahme verwendet werden. Langzeithaltbarkeit ist nicht nachgewiesen.

**Anwendungsbereich:** Findet breite Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Zugänge für Wartungs- und Inspektionszwecke benötigen Vorsichtsmaßnahmen für beengte Räume.

**Energie/Abfall/medieneuebergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Sehr niedrige Kosten für neue Tanks, und auch niedrig bei Nachrüstungen.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001] [114, UBA, 2001]

**4.1.3.10. Schwimmdach (IFR)**

**Beschreibung:** Ein Schwimmdeckentank (IFRT) hat sowohl ein dauerhaftes Festdach als auch eine innere Schwimmdach (oder -decke). Die Decke in einem Schwimmdachtank steigt und fällt mit dem Flüssigkeitspegel, und schwimmt entweder direkt auf der Flüssigkeitsoberfläche (Deckenkontakt) oder sie ruht auf Pontons mehrere Zentimeter über dem Flüssigkeitspegel (ohne Deckenkontakt). Mögliche Ausführungen von Schwimmdecken mit Deckenkontakt:

- Aluminium Sandwich-Platten, zusammenschraubt, mit einem Kern aus Aluminium-Waben
- Decken aus Stahlfachwerk mit oder ohne Pontons
- schwimmfähige Platten aus harzbeschichtetem, glasfaserverstärktem Polyester.

Die meisten in Betrieb befindlichen Schwimmdecken mit Deckenkontakt sind Aluminium Sandwich-Platten oder Decken aus Stahlfachwerk. Decken aus glasfaserverstärktem Polyester sind weniger im Einsatz. Die Platten aus Stahlfachwerk sind meistens zusammengeschweißt.

Schwimmdecken ohne Deckenkontakt sind gegenwärtig am gebräuchlichsten. Typische Schwimmdecken ohne Deckenkontakt bestehen aus einer Aluminiumdecke und einem Aluminium Rahmenfachwerk. Über röhrenförmigen Aluminium-Pontons oder einer anderen schwimmfähigen Struktur mit meist zusammengeschraubten oder genieteten dünnen Aluminiumplatten oder -verkleidungen schwebt die Konstruktion über der Flüssigkeit.

Schwimmdecken sowohl mit als auch ohne Deckenkontakt haben Rahmendichtungen und Deckenausrüstungen mit den gleichen Funktionen wie bei Schwimmdachtanks. Emissionen aus Schwimmdächern können über Deckenausrüstungen, aus nicht-geschweißten Nähten und über den ringförmigen Zwischenraum zwischen Decke und Tankwand entweichen.

Tanks mit Schwimmdecke können durch Zirkulationsöffnungen oben und am Rand des Festdachs frei belüftet werden, um die Möglichkeit feuergefährlicher Dampfansammlungen im Dampfraum zu minimieren. Die Wirksamkeit von Überdruck- und Unterdruckventilen, als eine Emissionsminderungsmaßnahme hier, ist erheblich reduziert.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Bei Festdächern größer als 50 m<sup>3</sup>, die Produkte mit einem Dampfdruck > 1 kPa bei Arbeitstemperatur enthalten, kann durch Installation einer Schwimmdecke eine Emissionsminderung von mindestens 90% erreicht werden. Eine Emissionsminderung von mindestens 97 % kann erreicht werden (im Vergleich zu einem Festdachtank ohne Zusatzmaßnahmen), wenn an mindestens 95 % des Tankumfangs der Spalt zwischen dem Dach und der Wand weniger als 3,2 mm beträgt und die Dichtungen mit Flüssigkeitskontakt sind, vorzugsweise in mechanischer Schuhausführung.

Die in vier EFRT-Fallstudien nach der Methode EPA AP-42 geschätzten Emissionsminderungen, die durch Installation einer Schwimmdecke erreicht wurden, sind im Anhang 8.13 wiedergegeben. Je nach Tankgröße, Umschlag, Sonneneinstrahlung, gelagerte Produkte usw. liegt die mögliche Emissionsminderung durch Installation einer Schwimmdecke mit einer Primärdichtung und bei zunehmendem Tankdurchmesser von 4 bis 33 Meter zwischen 62,9 und 97,4 %. Der Wirkungsgrad einer Schwimmdecke ist nicht nur vom Tankdurchmesser sondern auch vom gelagerten Produkt und dem jährlichen Umschlag abhängig. Anhang 8.23 führt Berechnungen für den Wirkungsgrad gemäß der oben angeführten EPA-Methode an, und zwar für verschiedene Tankgrößen mit einer Primärdichtung in Schuhbauweise, sowie für eine variable Anzahl von Füllvorgängen beim Lagern von Benzin. Siehe auch Abschnitt 4.1.3.9 über Dachdichtungen.

**Einsatz:** Die Lagerkapazität wird reduziert, und es müssen bei der Konstruktion Probleme bezüglich der entzündbaren Atmosphäre berücksichtigt werden. Auch die Stabilität des Daches beim Befüllen muss berücksichtigt werden, da eine plötzlich erhöhte Befüllungsrate zu Instabilitäten führen kann. Einmal installiert ist das System leicht zu bedienen, Inspektion und Wartung sind aber schwierig.

**Anwendungsbereich:** In den Niederlanden gilt, dass eine Schwimmdecke anzuwenden ist, wenn der Stoff einen Dampfdruck von 1 kPa (bei 20 °C) hat und das Tankvolumen  $\geq 50$  m<sup>3</sup> beträgt. Dies gilt jedoch nicht für toxische flüchtige Stoffe, für die der Tank an eine Abgasbehandlungseinrichtung angeschlossen werden muss (siehe Abschnitt 4.1.3.15).

In Deutschland schreibt die TA Luft für neue Anlagen und für Stoffe mit einem Dampfdruck von mindestens 1,3 kPa (bei 20 °C) oder speziell zugeordnete Stoffe (Einzelheiten hierzu siehe Abschnitt 4.1.3.15.) vor, dass Emissionsstellen an eine Abgasbehandlungseinrichtung, eine Gassammelleitung oder an eine Dampfrückgewinnungsanlage angeschlossen werden sollten. Jedoch kann die Lagerung von Rohöl in Lagertanks mit einem Volumen von mehr als 20.000 m<sup>3</sup> auch in Schwimmdachtanks mit wirksamer Randabdichtung oder in Festdachtanks mit innerer Schwimmdecke erfolgen, wenn eine Emissionsminderung um mindestens 97 % gegenüber Festdachtanks ohne innere Schwimmdecke erreicht wird. Ferner kann ein Schwimmdach auch bei bestehenden Anlagen verwendet werden, sofern der Tank keine Stoffe aus der Kategorie krebserzeugend / erbgutverändernd / reproduktionstoxisch enthält und der Wirkungsgrad mindestens 97 % beträgt. Festdachtanks mit einem Volumen von weniger als 300 m<sup>3</sup> müssen in Bezug auf flüssige organische Stoffe mit einem Dampfdruck des Produkts von mehr als 1,3 kPa (bei 20 °C), die keine der Kriterien der bestimmten zugeordneten Stoffe und bestimmten Grenzwerte erfüllen, weder an eine Gassammelleitung noch an eine Abgasbehandlungseinrichtung angeschlossen werden.



Schwimmdecken werden häufig in der Ölindustrie verwendet, sie sind jedoch nur für stehende Festdachtanks anwendbar. Eine Schwimmdecke ist bei Tanks mit kleinem Durchmesser wegen der geringeren Wirksamkeit der Randdichtung weniger wirksam.

Zwischen gelagerten Produkten und den Baumaterialien des Schwimmdeckels, z.B. Aluminiumplatten/-pontons und Dichtungsmaterialien, können Kompatibilitätsfragen entstehen. In Anlagen, in denen eine ätzende Behandlung nachgeschaltet ist, z.B. in Raffinerien, könnte Korrosion an der Schwimmdecke zu Problemen der Anwendbarkeit führen.

Schwimmende Ansaugvorrichtungen in bestehenden Tanks, hohe Füllgeschwindigkeiten, Mischer und andere hervorstehende Teile können bei Nachrüstungen problematisch sein.

**Sicherheitsaspekte:** Es besteht die Möglichkeit der Bildung einer entzündlichen Atmosphäre. Eine Schwimmdecke wirkt sich auch negativ auf die Brandbekämpfung aus. Eingeengte Zugänge und Fluchtfragen müssen berücksichtigt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Mittlere Kostenoptionen, insbesondere bei einer Nachrüstung. Ein Nachrüsten von Sekundärdichtungen bei Schwimmdecken ist wirtschaftlich nicht sinnvoll und bringt wesentliche Probleme bei der Inspektion mit sich.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999], [66, EPA, 1997], [84, TETSP, 2001, 113, TETSP, 2001] [110, KWS2000, 1992] [179, UBA Germany, 2004]

#### 4.1.3.11. Überdruck- und Unterdruckventile (PVRV)

**Beschreibung:** Ventile, die als Sicherheitsvorrichtungen an Festdachtanks montiert werden, dienen dazu, Überdrücke oder Unterdrücke zu verhindern, nützlicherweise aber auch um Dampfemissionen in die Atmosphäre zu begrenzen. Sie eignen sich auch um Füllverluste und insbesondere Atmungsverluste zu begrenzen. Bei Verwendung eines Schutzgases muss sichergestellt werden, dass der Druck innerhalb des Tanks nicht den Einstellungen der Überdruck- und Unterdruckventile entgegenwirkt.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die in vier EFRT-Fallstudien nach der Methode EPA-42 geschätzten Emissionsminderungen, die durch Installation von Überdruck- und Unterdruckventilen erreicht wurden, sind im Anhang 8.13 wiedergegeben. Es ergeben sich die folgenden erzielbaren Minderungen unter Berücksichtigung von Tankgröße, Umschlag, Sonneneinstrahlung, Produkten usw.:

- durch Installation eines Unterdruckventils an einem Basis-Schwimmdachtank (d.h. ohne weitere Emissionsminderungsmaßnahmen) im Bereich 5 – 13 %
- durch Aufrüstung und Installation eines Überdruckventils (56 mbar) an einem Basis-Schwimmdachtank, im Bereich 12 – 31 %

Dies zeigt, dass die Wirksamkeit von Überdruck- und Unterdruckventilen (PVRV) stark von den jeweiligen Lagerbedingungen abhängt.

Andere Daten wurden aus einer niederländischen Studie berichtet. Für Unterdruckventile wurde eine mögliche Minderung um 30 – 50 %, für Überdruckventile 65 – 85 % berichtet. [129, VROM und EZ, 1989]

**Einsatz:** Überdruck- und Unterdruckventile benötigen wenig Wartung und sind leicht zu installieren bzw. nachzurüsten.



**Anwendungsbereich:** Breite Anwendbarkeit, auch für Tanks auf Schiffen - so genannte schwimmende Lagerung - gemäß Beschreibung in Abschnitt 3.1.18. Eine Verstopfung der Ventile kann jedoch zu einer Fehlfunktion des Tanks führen. Werden Polymerisationen, Kondensationen oder Vereisungen erwartet, müssen an den jeweils gelagerten Stoff angepasste Prozessmaßnahmen ergriffen werden. Zu diesen Maßnahmen gehören u.a.:

- tracern, heizen oder isolieren, um Polymerisation, Kondensation bzw. Vereisung zu vermeiden
- entgasen oder flüssigspülen, um zu verhindern, dass sich der Stoff im Unter- oder Überdruckventil befindet.

Bei Tanks mit  $< 50 \text{ m}^3$  entspricht die höchstmögliche für die jeweilige Tankkonstruktion zulässige Einstellung von Überdruckventilen der normalen Praxis.

**Sicherheitsaspekte:** Über- und Unterdruckventile müssen so ausgelegt werden, dass allen Konstruktions-szenarien wie maximale Füllung und Tankatmungsraten entsprochen wird. Die Bereichseinstufung des Standortes könnte sich verändern. Die Möglichkeit einer Verstopfung oder Vereisung erfordert regelmäßige Inspektionen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Sehr niedrige Kosten insbesondere für neue Tanks. Bei Nachrüstungen ist diese Maßnahme ebenfalls preiswert, könnte aber Auswirkungen in Bezug auf die Auflastung von Tankbetriebsdrücken haben.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

### 4.1.3.12. Geschlossene Ablasssysteme

**Beschreibung:** Für drucklose Behälter können Ablässe an ein Rückgewinnungsgefäß umgeleitet werden, aus dem dann der Stoff zurückgewonnen und recycelt oder entsorgt werden kann. Bei Drucklagerung können Ablässe über ein örtliches Druckgefäß an ein Verdichtersystem zwecks Wiederverflüssigung (z.B. Ammoniaklagerung) oder zwecks Abgasbehandlung (meistens thermische Oxidation) umgeleitet werden.

**Einsatz:** Die Ablässe stellen keine besonderen Schwierigkeiten dar, und die Wirksamkeit hängt völlig vom nachgeschalteten Behandlungssystem ab.

**Anwendungsbereich:** Diese Technik lässt sich allgemein für die meisten Produkte anwenden. Die Abgasbehandlung ist jedoch sowohl standort- als auch produktspezifisch. Schwierigkeiten können durch Verstopfungen der Ablassleitungen entstehen, z.B. durch Feststoffe oder Schlick. Durch eine geeignete Konstruktion der Leitungen (keine niedrigen Punkte, korrekte Neigungen usw.) wird dieses Problem meistens behoben.

**Sicherheitsaspekte:** Geschlossene Ablasssysteme benötigen einen größeren Geräteaufwand als konventionelle Ablasssysteme und ihre Konstruktion ist somit komplexer. Besonders zum Entleeren von Druckbehältern muss darauf geachtet werden, dass das Ablassvolumen nicht höher ist als die Aufnahmekapazität des Rückgewinnungssystems, und dass der Druck im nachgeschalteten Bereich innerhalb akzeptabler Grenzen bleibt. Ferner muss beim Ablassen von verflüssigtem Gas die Gefahr einer Verstopfung der Ventile durch Eis und Hydrate berücksichtigt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Der Energieverbrauch kann hoch sein, und je nach Art der Aufbereitung können Abfälle (flüssig oder fest) und andere Gasemissionen erzeugt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Diese Technik ist eine teure Option, für die eine detaillierte technische Bewertung erforderlich ist. Die Kosten sind stark vom gelagerten Produkt abhängig.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

### 4.1.3.13. Gaspendelung

**Beschreibung:** Unter Gaspendelung versteht man, dass Dämpfe, die während der Flüssigkeitsübertragung aus dem ‚aufnehmenden Tank‘ verdrängt werden, aufgefangen und wieder an den ‚liefernden‘ Tank zurückgeführt werden. Bei solchen Gaspendelungssystemen müssen sowohl der aufnehmende als auch der liefernde Tank Festdachtanks sein, damit das Auffangen und Zurückführen des Dampfes möglich ist.

Das Ziel der Gaspendelung besteht darin, Luftemissionen, die durch Transportverdrängungen entstehen, dadurch zu reduzieren, dass die entstehenden Dämpfe an den liefernden Tank zurückgeführt werden. Das Volumen des aus dem liefernden Tank entnommenen Produkts wird dabei nicht durch angesaugte Luft sondern durch die zurückgeführten Dämpfe ersetzt. Die Verdunstung wird somit je nach Sättigungsgrad der zurückgeführten Dämpfe reduziert. Die maximal erreichbare Wirkung ist je nach Anzahl der Tankumschläge usw. für solche Anwendungen auf ca. 80 % beschränkt.

Das Pendelungsprinzip erfordert dampfdichte Leitungen zwischen dem empfangenden Tank und den Dampfräumen des liefernden Tanks. Um einen unnötigen Überdruck im Tank zu vermeiden, wird die Verbindungsleitung für Gaspendelungen während des Füllens nicht geschlossen. Das System ist so konstruiert, dass bei der maximalen Dampfströmungsgeschwindigkeit (d.h. bei maximaler Flüssigfüllung und Tankatmung) die Druckzunahme im liefernden Tank keine Emission über die Druckentlastungsventile des Tanks zur Folge hat. Das System muss gegen die Risiken des Umgangs mit potenziell explosiven Luft/Kohlenwasserstoff-Gemischen, des Mischens unverträglicher Stoffe und des Auftretens großer Druckunterschiede zwischen dem aufnehmenden Tank und dem liefernden Tank geschützt sein.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Durch Gaspendelung werden Emissionen beim Füllen reduziert. Die maximal erreichbare Wirkung ist auf etwa 80 % beschränkt für Tanks mit einer sehr hohen Anzahl von Umschlägen. Je niedriger die Umschlagszahl, desto niedriger die Wirksamkeit.

**Einsatz:** Diese Technik ist ziemlich leicht zu bedienen, erfordert aber mehr Inspektionsaufwand bei den Explosionssperren und Überdruck-/Unterdruck-Ventilen (PVRVs) sowie bei den Prüfungen auf Dampflecks. Es sollte möglich sein, einzelne Tanks zu isolieren, damit eine ordnungsgemäße Probenentnahme, Wartung und Inspektion erfolgen kann. An tiefliegenden Stellen des Gasleitungssystems und in den Gehäusen von Explosionssperren können sich Kondensate ansammeln, deren Entfernung ein Problem sein kann.

**Anwendungsbereich:** Die Gaspendelung eignet sich nur für Lagerungsarten bei Atmosphärendruck mit einem Dampfraum zwischen der Flüssigkeit und dem „Dach“, z.B. Schwimmdachtanks. Der Nenndruck der Tanks, die am Gaspendelsystem angeschlossen sind, muss ausreichend hoch sein, damit das System funktionieren kann. Eine mögliche wechselseitige Verunreinigung der gelagerten Flüssigkeiten muss berücksichtigt werden. Die Gaspendelung wird häufig bei Festdachtanks verwendet, die Chemikalien enthalten.

Die Gaspendelung ist auch bei schwimmender Lagerung verwendbar (siehe Abschnitt 3.1.18). Ist der auf dem Schiff befindliche Tank an ein am Land befindliches Gaspendelsystem angeschlossen, muss das Leitungssystem flexible Abschnitte enthalten, so dass Wellen- und Tidenbewegungen aufgenommen werden können.

**Sicherheitsaspekte:** Die Gaspendelung bringt auch einige mögliche schwere Gefahren mit sich, die asymptotisch mit der Anzahl der Tanks zunimmt; besonders zu erwähnen ist die Brandgefahr. Die Verstopfung von Explosionssperren ist ebenfalls möglich. Konstruktionseinzelheiten sind sehr wichtig, z. B. müssen Tanks mit Unterdruck-Entlastungsventilen ausgerüstet sein.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Installation einer Gaspendeleinrichtung sind mittelhoch bis hoch. Erhebliche Kosten sind standortspezifisch, da sie von dem Layout der bestehenden Tanks abhängig sind.

**Referenzliteratur:** [18, UBA, 1999, 113, TETSP, 2001]

#### 4.1.3.14. Speicherbehälter - Tanks mit flexibler Membran

**Beschreibung:** In einem Gaspendingssystem werden Speicherbehälter oder Speichertanks verwendet, um Dämpfe zu speichern, die durch das ‚Ausatmen‘ des Tanks bei einem Temperaturanstieg im Tankdampfraum entstehen. Nimmt die Temperatur wieder ab, werden diese Dämpfe in den Lagertank zurückgeführt. Bei den meisten Speicherbehältern handelt es sich um oberirdische vertikale Tanks. Kugelförmige oder horizontale Tanks können ebenfalls nachgerüstet werden, entweder unterirdisch oder oberirdisch, um Dämpfe zu speichern.

In einem Speichertank befindet sich eine flexible Membran, die an ihrer Peripherie rundum am Tankkörper auf mittlerer Tankhöhe befestigt ist. Die Membran ist beschwert, so dass sie während ihrer Bewegung im Tankkörper stabil bleibt.

Das Membranmaterial sollte eine ausreichende Leitfähigkeit haben um zu verhindern, dass durch Reibung gegen den Tankkörper statische Elektrizität entsteht. Normalerweise hat es eine Permeationsrate, die so niedrig ist, dass sie für die jeweilige Installation kostengünstig ist.

Ein als Speichertank verwendeter oberirdischer stehender Tank wird normalerweise nach API 650 oder einer äquivalenten Vorschrift konstruiert, zur Dampf- und nicht Flüssigkeitsaufnahme, mit einer schwachen Naht zwischen Dach und Körper. Ein Speichertank sollte in Bezug auf Sicherheitsabstände zu anderen Tanks und anderen möglichen Zündquellen als normaler Lagertank behandelt werden, siehe Abschnitt 4.1.6. Ein Speichertank muss nicht in einem Bund installiert werden, und er enthält keine Flüssigkeit.

Dachbelüftungsöffnungen werden nach anerkannten Normen, z.B. API 2000 (siehe International Codes), vorgesehen, unter der Annahme, dass die Dampfströmung sich äquivalent zur Flüssigkeitsströmung des Produktes in einen normalen Tank verhält. Zwecks Inspektion und Wartung sollte ein Mannloch im Dach vorgesehen werden.

Um bei einem vollen Tank einen Überdruck zu vermeiden, sollte ein Druck-/Unterdruckventil (P/V-Ventil) installiert und am Dampfraum unter der Membran angeschlossen werden. Die Druckventilentlastungskapazität muss ausreichen, um mit der maximal vorgesehenen Dampfströmungsgeschwindigkeit zum Tank plus Wärmeausdehnung umgehen zu können.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die in vier Fallstudien zu Feststofftanks nach der Methode EPA AP-42 geschätzten Emissionsminderungen, die durch Installation eines Speicherbehälters erreicht wurden, sind im Anhang 8.13 wiedergegeben. Je nach Tankgröße, Umschlag, Sonneneinstrahlung, gelagerten Produkten usw. liegt die mögliche Emissionsminderung durch Installation eines Speicherbehälters an einem Basistank (d.h. ohne weitere Emissionskontrollmaßnahme) zwischen 33 und 100 %. Die Wirksamkeit hängt vom Verhältnis der durch Atmung verursachten Emission zu der Gesamtemission ab. Speicherbehälter sind somit dort sehr wirksam, wo das Verhältnis der Atmungsverluste zum Gesamtwert sehr hoch ist, z.B. dort, wo die Tankumschläge sehr selten sind. Die Wirksamkeit ist somit sehr von den speziellen Lagerbedingungen und der Menge der Sonneneinstrahlung abhängig.

**Einsatz:** Diese Technik ist ziemlich leicht zu bedienen, erfordert aber mehr Inspektionsaufwand bei den Explosionssperren. Es sollte möglich sein, einzelne Tanks zu isolieren, damit eine ordnungsgemäße Probenentnahme, Wartung und Inspektion erfolgen kann. An tiefliegenden Stellen des Gasleitungssystems und in den Gehäusen von Explosionssperren können sich Kondensate ansammeln, deren Entfernung ein Problem sein kann. Druckgrenzwerte müssen streng eingehalten werden, damit die Membran nicht beschädigt wird. Um die Unversehrtheit der Membran zu prüfen, muss ein Inspektionsprogramm vorgesehen werden.

**Anwendungsbereich:** Speicherbehälter werden für die Dämpfe einiger Erdölprodukte verwendet. Der Nenndruck der Tanks, die am Gaspendingssystem angeschlossen sind, muss ausreichend hoch sein, damit das System funktionieren kann.

Speicherbehälter sind auch bei schwimmender Lagerung verwendbar (siehe Abschnitt 3.1.18). Ist der auf dem Schiff befindliche Tank an ein am Land befindliches Gaspendingssystem angeschlossen, muss das Dampfleitungssystem flexible Abschnitte enthalten, so dass Wellen- und Tidenbewegungen aufgenommen werden können.

**Sicherheitsaspekte:** In Bewegung befindliche Dämpfe bergen mögliche hohe Risiken in sich, insbesondere wenn es sich um brennbare Dämpfe handelt. Diese Risiken steigen asymptotisch mit der Anzahl von Tanks an. Konstruktionsfragen sind von größter Bedeutung. Die Verstopfung von Explosionssperren ist ebenfalls möglich. Statische Elektrizität, insbesondere im Zusammenhang mit der Membran, muss berücksichtigt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Installation eines Speicherbehälters sind mittelhoch bis hoch. Erhebliche Kosten sind standortspezifisch, da sie von dem Layout der bestehenden Tanks abhängig sind.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

#### 4.1.3.15. Abgasbehandlung

**Einführung:** Eine ausführliche Beschreibung über Abgasbehandlungssysteme befindet sich im BREF zur Abwasser- und Abgasbehandlung und -management in der chemischen Industrie (CWW BREF), siehe Verweis [147, EIPPCB, 2002]. Die Kontrollmaßnahmen, die sich zur Emissionsminderung aus Benzintanks eignen, sowie ihre Anwendungsgrenzen und die normalisierten Kosten gemäß CWW BREF sind in Tabelle 4.3 aufgeführt.

In der vorliegenden Einführung werden die Grenzen und Kosten der in Tabelle 4.3 aufgeführten Techniken mit denen der aktuell für VOC-Emissionen aus Benzinlagertanks verfügbaren Technologien verglichen.

##### *Anwendungsgrenzen für Benzindämpfe*

Aus Benzin- oder Benzinkomponentenlagertanks entweichende Dämpfe können sogar Sättigungskonzentration erreichen – eine VOC-Konzentration in Luft von 40 Vol-%, was ca. 1.200 g/m<sup>3</sup> Gewicht entspricht.

Der Dampfstrom aus einem Festdachtank wird einerseits durch Verdrängung des Dampfes während der Befüllung und andererseits durch die hauptsächlich aufgrund von Sonneneinstrahlung verursachte Erwärmung und somit Ausdehnung des Tankdampfes verursacht.

Typische Füllraten für Tanklager aus einem Schiff betragen ca. 600 m<sup>3</sup>/h. Füllraten über Rohrleitungen können höher sein.

Die Atmungsrate für einen weiß gestrichenen Tank kann mit der folgenden Formel geschätzt werden:

$$F = 0,1 V/6 \quad (F \text{ ist die Atmungsrate in m}^3/\text{h und } V \text{ ist der Tankdampfraum in m}^3)$$

Bei einem nahezu leeren 10.000 m<sup>3</sup> Tank, der an einem Tag mit ununterbrochenem Sonnenschein befüllt wird, könnte der Dampfstrom durch den Füllvorgang ca. 600 m<sup>3</sup>/h, durch Tankatmung ca. 170 m<sup>3</sup>/h, insgesamt also bei ca. 770 m<sup>3</sup>/h liegen.

##### *Vergleich mit Anwendungsgrenzen der CWW BREF Technologie*

Ein Vergleich zwischen den oben berechneten Schätzungen und den Werten der Tabelle 4.3 zeigt, dass selektive Membrantrennung und eventuell Kondensation und Absorption die einzigen Technologien sind, die sich für die bei Benzintank-Dampfemissionskontrollen vorliegenden Strömungsbedingungen und Konzentrationen eignen. Alle Technologien in Tabelle 4.3 stehen jedoch für Benzin-Dampfemissionskontrollen zur Verfügung.

##### *Vergleich mit den Kostendaten der CWW BREF Technologie*

Die Kostendaten in dem CWW BREF-Dokument sind normalisiert, d.h. die Kosten in Euro sind pro m<sup>3</sup>/h Dampfströmungsgeschwindigkeit angegeben, unter der Annahme, dass sich die Systemkosten proportional zur Strömungsgeschwindigkeit verhalten und keine Beziehung zur Konzentration besteht.

In der Praxis ist für Benzindampfrückgewinnungssysteme das Verhältnis von Kosten zu Strömungsgeschwindigkeit keine gerade Linie, die durch ‚Null‘ geht. Typischerweise verhalten sich die Kosten für ein System proportional zur maximalen Strömungsgeschwindigkeit hoch 0,65. Erfahrungen in der Erdölindustrie mit der Installation von Dampfrückgewinnungsanlagen gemäß europäischer Gesetzgebung zeigen, dass die Kurve von Investitionskosten zu Größe für diese Anlagen nach etwa EUR 300.000 tendiert, während die Strömungsgeschwindigkeit nach Null geht. Die Installationskosten sind standortabhängig, können aber die gleiche Größenordnung haben wie für die Anlageneinheit.

Eine Normalisierung der Kosten kann somit irreführen, wenn die Kosten für ein System mit sehr hohem Durchsatz ermittelt worden sind. Die Kosten eines konventionellen Kondensations- und Absorptionssystems gemäß den Angaben aus Tabelle 4.3 sind um mindestens eine Ordnung von 100 zu niedrig für Benzin. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die verwendeten Basiskosten für ein System mit sehr hoher Strömungsgeschwindigkeit und sehr niedriger Strömungskonzentration gelten.

Aus diesen Überlegungen heraus wird klar, dass eine alleinige Betrachtung des CWW BREF-Dokuments nicht ausreichend ist. Das CWW BREF-Dokument liefert gute technische Hintergrundinformation über Abgas-Emissionskontrolltechniken und Auswahlkriterien dazu. Es scheint jedoch, dass die meisten Anwendungen, die im CWW BREF-Dokument zur Abgasbehandlung in Betracht gezogen werden, für sehr viel höhere Strömungsgeschwindigkeiten und/oder sehr viel niedrigere VOC-Konzentrationen vorgesehen sind als bei Atmungsöffnungen in Benzintanks auftreten. Bezugnahmen auf Anwendungsbereiche und Kosten verschiedener Kontrolltechniken im CWW BREF-Dokument eignen sich somit nicht für die Betrachtung von Emissionskontrollmaßnahmen für Lagertanks.

Rückgewinnungsbetrieb und -prozesse für VOCs	Konzentrationsbereich für VOC-Strömungen, der volumenmäßig in Betracht kommt	Konzentrationsbereich für VOC-Strömungen, der massenmäßig in Betracht kommt	Strömungsbereich für VOC-Strömungen, der in Betracht kommt Nm <sup>3</sup> /h	Investitionskosten EUR/m <sup>3</sup> /h
Selektive Membrantrennung	Bis zu 90 %	<i>Bis zu 2.700 g/m<sup>3</sup> 1)</i>	Abhängig von Membranfläche, aber es sind bis zu 3.000 berichtet worden	300 (für System mit 200 m <sup>3</sup> /h)
Konventionelle Kondensation	mehr oder weniger gesättigt	± 1.200 g/m <sup>3</sup>	100 bis 100.000	5
Tieftemperaturkondensation	Keine Angabe	Keine Angabe	Bis zu 5.000	500
Adsorption	Bis zu 25 % untere Explosionsgrenze	<i>Bis zu 12 g/m<sup>3</sup> 1)</i>	100 bis 100.000	240 (einschließlich Regenerations-system)
Absorption (Gaswaschen)	Keine Angabe	Keine Angabe	50 bis 500.000	7 bis 37 für Füllkörper (teuerstes System)
Direkte thermische Oxidation	Bis zu 25 % untere Explosionsgrenze	<i>Bis zu 12 g/m<sup>3</sup> 1)</i>	900 bis 86.000	3 bis 65
Abfackeln	0 bis 100 % untere Explosionsgrenze mit Sicherheit	<i>Bis zu 50 g/m<sup>3</sup> 1)</i>	Bis zu 1.800.000	9 bis 625 für erhöhtes Abfackeln
<i>Anmerkung 1): Kursiv angeführte Daten sind aus den Abbildungen im CWW BREF-Dokument abgeleitet, wobei ein Wert von 3 kg/m<sup>3</sup> für Benzindampfdichte verwendet wird</i>				

**Tabelle 4.3: Technologien zur Emissionskontrolle – Grenzen der Anwendbarkeit und normalisierte Kosten gemäß CWW BREF-Dokument [153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]**

**Beschreibung und Anwendbarkeit:** Nachgeschaltete Abgasbehandlungssysteme erfordern, dass Dämpfe gesammelt und über ein Rohrnetz an einen thermischen Oxidator bzw. eine Dampfrückgewinnungsanlage zurückgeführt werden. Eine Abgasbehandlung ist nur dort anwendbar, wo Emissionen gesammelt und an das Behandlungssystem geleitet werden können, z.B. aus den Belüftungsöffnungen von Festdachtanks. Für dieses Rohrleitungssystem gelten die gleichen Überlegungen wie für Gaspendelsysteme (siehe Abschnitt 4.1.3.13).



Die Abgasbehandlung ist auch bei schwimmender Lagerung verwendbar (siehe Abschnitt 3.1.18). Ist der auf dem Schiff befindliche Tank an ein am Land befindliches Gaspendelsystem angeschlossen, muss das Dampfleitungssystem flexible Abschnitte enthalten, so dass Wellen- und Tidenbewegungen aufgenommen werden können.

Zu den Technologien zur Minderung von VOC-Luftemissionen aus dem Lagerbetrieb gehören:

- Oxidation der abgelassenen Dämpfe in Prozessheizern, speziell konstruierten Verbrennungsanlagen, Gasmotoren oder durch Abfackeln
- Kohlenwasserstoffrückgewinnung der abgelassenen Dämpfe in einer Dampfdruckgewinnungsanlage unter Anwendung von Technologien wie Adsorption, Absorption, Membrantrennung und Kondensation.

Bei der Dampfdruckgewinnung werden Kohlenwasserstoffe aus der Luft-/Kohlenwasserstoff-Mischung, die bei Beladevorgängen verdrängt werden, zur weiteren Verwendung zurückgewonnen. Die Technologien der Dampfdruckgewinnung beinhalten zwei Prozesse:

- Trennung der Kohlenwasserstoffe von der Luft
- Verflüssigung der getrennten Kohlenwasserstoffdämpfe.

Zur Trennung von Kohlenwasserstoffdämpfen von Luft eignen sich folgende Verfahren:

- Druckwechselverfahren (Pressure Swing Adsorption PSA) über Aktivkohle
- Absorption durch Waschen in einer schwerflüchtigen absorbierenden Flüssigkeit
- selektive Membrantrennung
- Kondensation durch Kühlen oder Kompression (dies ist ein Sonderfall, da Trennung und Verflüssigung in einem einzigen Prozess kombiniert werden).

Zur Verflüssigung von getrennten Kohlenwasserstoffdämpfen eignen sich folgende Prozesse:

- Reabsorption, normalerweise in ihr eigenes Produkt
- Kondensation an einer kalten Oberfläche
- Kompression.

Zu den gebräuchlichsten Dampfdruckgewinnungssystemen zählen:

- Adsorption in einem Zweibett-Druckwechselverfahren (Pressure Swing Adsorption PSA)
- kalte Flüssigabsorption in einem mageren Ölstrom
- indirekte Flüssigkondensation in einem Wärmetauscher mit Kältemittel
- Membrantrennung durch Leitung durch eine kohlenwasserstoffselektive Fläche.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die Wirksamkeit der verschiedenen Technologien ist produktabhängig, d.h. der Adsorptionswirkungsgrad der Aktivkohle ist für Butan sehr viel höher als für Methan. Eine verbesserte Gesamtemissionsminderung kann dadurch erreicht werden, dass zwei Systeme eingerichtet werden, z.B. eine Membran als erste Behandlungsstufe, gefolgt von einem thermischen Oxidator als zweite Stufe zur weiteren Behandlung der Emissionen aus der ersten Stufe. Die inkrementelle Emissionsminderung könnte jedoch im Vergleich zum Betrieb mit einem einstufigen Prozess klein ausfallen. Beispielsweise kann man bei Benzin mit einstufigen Dampfdruckgewinnungsanlagen einen mittleren Wirkungsgrad von 99 % erreichen. Durch Hinzufügen einer zweiten Stufe würden weitere 0,9 % der Abgase entfernt werden. Die Investitions- und Betriebskosten der zweiten Stufe führen also zu einem sehr schlechten Verhältnis von Kosten pro Tonne beseitigter Abgase. Außerdem erzeugen die Einheiten der zweiten Stufe zusätzliche Luftemissionen – z. B. indirekte CO<sub>2</sub>-Erzeugung durch den Stromverbrauch oder NO<sub>x</sub>-Erzeugung durch einen thermischen Oxidator – die in Relation zur erreichbaren Verminderung der VOC-Emissionen (flüchtige organische Chemikalien) betrachtet werden müssen.

**Einsatz:** Die deutsche TA Luft schreibt vor, dass Emissionsstellen an eine Abgasbehandlungseinrichtung, eine Gassammelleitung oder an eine Dampfrückgewinnungsanlage angeschlossen werden sollten, wenn folgende Produkte gelagert oder umgeschlagen werden:

- Flüssigprodukte mit organischen Substanzen mit einem Dampfdruck von mehr als 1,3 kPa (bei 20 °C), oder
- bestimmte klassifizierte Stoffe über vorgegebenen Grenzwerten:
  - Masseninhalte von mehr als 1 % organische Substanzen wie Phenol, Tetrachlorethylen, Ethen und Chlorpropen
  - Masseninhalte von mehr als 1 % krebserzeugende Substanzen wie Acrylamid, Acrylnitril, Benzol und 1,3-Butadien
  - Masseninhalte von 1 % reproduktionstoxische Substanzen, neben den bereits oben genannten Stoffen
  - Masseninhalte von mehr als 10 mg/kg krebserzeugende Substanzen wie Benzo[a]pyren, Cadmium und Arsen
  - Masseninhalte von mehr als 10 mg/kg mutagene Substanzen, neben den oben bereits genannten Stoffen oder
  - einige bestimmte Dioxine und Furane.

Die Emissionen einer Abgasbehandlungsanlage sollten die in der Tabelle 4.4 genannten Grenzen einhalten.

Kategorie	Stoff Beispiel	Emissionsgrenze für die Summe aller Stoffe jeder Kategorie	
		Massenstrom (g/h)	Konzentration (mg/m <sup>3</sup> )
VOC's	Methanol	500	50 mg TOC/m <sup>3</sup>
	Tetrachlorethylen	100	20 mg Substanzen/m <sup>3</sup>
	1,1,1-Trichlorethan	500	100 mg Substanzen/m <sup>3</sup>
krebserzeugend/erbgutverändernd/reproduktionstoxisch	Benzo(a)pyren	0,15	0,05
	Acrylnitril	1,5	0,5
	Benzol	2,5	1
Dioxin/Furan	Dioxin	0,25 µg/h	0,1 ng/m <sup>3</sup>

**Tabelle 4.4: In einer Abgasbehandlungsanlage behandelte Stoffe**  
[179, UBA Germany, 2004]

Die Niederländischen Richtlinien für Luftemissionen ähneln denen der deutschen TA Luft Vorschrift, jedoch sollten unter Berücksichtigung der Kosten-Wirksamkeitsrechnung eine Abgasbehandlung nur dann angewendet werden, wenn die Emissionen als signifikant eingestuft sind. Eine Emission ist dann signifikant, wenn, auf jährlicher Basis, die Emissionen einer diskontinuierlichen Quelle das 1000fache des Wertes des stündlichen Massenstromes überschreiten. Beispielsweise gilt für Stoffe der Kategorie der am geringsten toxischen VOC's, z.B. Methanol, eine Emissionsgrenze von 500 g/Stunde. Und der entsprechende Jahreswert, für den die Emission als signifikant gilt, beträgt 500 kg/Jahr. Für extrem gefährliche Stoff wie Dioxine und Furane wird eine Emissionsgrenze von 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> bei einem Massenstrom von 20 mg/Jahr festgesetzt.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [179, UBA Germany, 2004] [180, Netherlands, 2004]

#### 4.1.3.15.1. Thermische Oxidation

**Beschreibung:** Thermische Oxidatoren wandeln Kohlenwasserstoffmoleküle durch Oxidation in CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O um. Dies kann entweder durch thermische Oxidation bei hoher Temperatur (950 °C), in Abfackelsystemen oder Öfen oder durch katalytische Oxidation bei niedriger Temperatur (450 °C) erfolgen. Die katalytische Verbrennung eignet sich am besten für Kohlenwasserstoffströme mit niedriger Konzentration. Die Verweilzeit des Dampfes innerhalb des Oxidators ist für beide System von großer Bedeutung.



Bei der Oxidation von Kohlenwasserstoffen ist ein Hilfsbrennstoff erforderlich, durch dessen Verbrennung zusätzliche Luftemissionen entstehen (z.B.  $\text{CO}_2$  und  $\text{NO}_x$ ).

Unter bestimmten Umständen ist Oxidation die einzig wirksame Technologie um Luftemissionen zu mindern. Dies gilt speziell in solchen Fällen, wo Dämpfe aus verschiedenen Quellen kombiniert werden, was sonst zu einer Mischung inkompatibler Komponenten führen könnte. Die Möglichkeit, eine zurückgewinnbare Energiequelle bereitzustellen, kann als Ausgleich für Umweltverschmutzungen und Kostenfaktoren gesehen werden.

**Einsatz:** Diese Technik ist verhältnismäßig einfach zu benutzen. Einschränkungen im Arbeitsbereich müssen beachtet werden. Ein Hilfsbrennstoff ist erforderlich.

**Anwendungsbereich:** Bei der Konstruktion des Systems müssen ein sicherer Abstand vom Arbeitsbereich, Grenzen und andere Teile der Anlage mit berücksichtigt werden. Die Technik lässt sich für viele unterschiedliche Produktarten gleichzeitig sowie für viele verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten anwenden, aber die Flammenstabilität reagiert sensibel auf Strömungsveränderungen.

**Sicherheitsaspekte:** Die Technik birgt eine mögliche hohe Gefahr in sich, weil sich die Zündquelle am Ende der Dampfleitung befindet. Sicherheitsvorrichtungen müssen äußerst zuverlässig sein. Eine potenzielle Blockade mit Detonationssperren muss von Spezialisten konstruiert werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Thermische Oxidation erzeugt Licht, Wärme und Lärm sowie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und andere Verbrennungsprodukte. Ein kleiner aber kontinuierlicher Zustrom an Hilfsbrennstoff ist ebenfalls erforderlich.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der thermischen Oxidation sind mittelhoch bis hoch. Auf standortspezifischer Basis sind erhebliche Kosten involviert, wozu die Kosten eines Hilfsbrennstoffsystems gehören.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

#### 4.1.3.15.2. Adsorption

**Beschreibung:** Bei der Adsorption haften sich Kohlenwasserstoffmoleküle physikalisch an aktivierte Stellen auf der Oberfläche von Feststoffen wie Aktivkohle oder Zeolit an. Da der Kohlenstoff nur eine begrenzte Adsorptionskapazität besitzt, sind bei einem kontinuierlichen Prozess zwei Behälter („Betten“) mit Aktivkohle erforderlich, die abwechselnd, normalerweise nach Zeit, verwendet werden, während der andere jeweils regeneriert wird. Die Aktivkohle kann durch folgende Techniken regeneriert werden:

- Dampfregeneration
- Luftvakuumregeneration mit einer Vakuumpumpe
- Luftvakuumregeneration mit einer Vakuumpumpe und einem Roots-Gebläse.

Durch Niederdruckdampf mit nachfolgender Trocknung kann die Kohlenaktivität vollständig wiederhergestellt werden. Im Prinzip ist es jedoch so, dass der Kohlenstoff wieder hyperaktiv wird, was beim Betrieb zu einer übermäßigen Freilassung von „Adsorptionswärme“ und der Bildung von Überhitzungspunkten („Hot-Spots“) führen könnte. Um gefährliche Temperaturanstiege zu vermeiden, muss der Kohlenstoff einen Befeuchtungsprozess durchlaufen, so dass er nach erfolgter Dampfregeneration wieder sicher verwendet werden kann. Durch diesen Sachverhalt eignet sich das Prinzip der Regeneration weniger für Zweibett-Druckwechselverfahren zur Dampfrückgewinnung für Lagertanks.

Die Luftvakuumregeneration unter Einsatz einer einzelnen Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe entfernt die meisten, aber nicht alle Kohlenwasserstoffmoleküle aus der gesättigten Aktivkohle. Durch diese partielle Regeneration der Kohlenstoffaktivität wird jedoch sichergestellt, dass die Aktivkohle nicht hyperaktiv wird, so dass keine Überhitzungsprobleme entstehen. Wälzkolbenverdichter in Reihe geschaltet mit einer Vakuumpumpe können eine unterstützte Luftregeneration leisten. Auf diese Weise herrscht im System ein sehr viel niedrigerer Absolutdruck, so dass eine tiefere Abtreibung der Kohlenstoffe von der gesättigten Aktivkohle erreicht wird. Bei dieser tieferen Regeneration wird die Aktivkohle jedoch wieder anfälliger gegenüber Überhitzungen wenn bestimmte inkompatible Dämpfe, z.B. Ketone, der frisch regenerierten Aktivkohle zugeführt werden.

Der Adsorptionsprozess hat eine Anzahl Ventile, die sich automatisch in einer bestimmten Reihenfolge öffnen und schließen, im Allgemeinen alle 12 bis 15 Minuten. Um einen kontinuierlichen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten, ist somit eine tägliche Inspektion und routinemäßige Wartung erforderlich.

**Einsatz:** Bei dieser Technik handelt es sich um einen unbemannten automatischen Prozess, für den Betrieb und zur Wartung jedoch geschultes Personal erforderlich ist.

**Anwendungsbereich:** Der Anwendungsbereich ist wegen der exothermischen Reaktion mit einigen Produkten begrenzt. Bei anderen Fluiden wie Rohöl mit H<sub>2</sub>S können aufgrund von Nebenproduktbildungen im Bett Probleme entstehen. Die Technik lässt sich für viele verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten einsetzen und kann für eine breite, aber kompatible Produktpalette konstruiert werden.

**Sicherheitsaspekte:** Durch unkontrollierte exothermische Reaktionen birgt diese Technik mögliche Gefahren in sich.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Beim Regenerationsprozess können Abfallprodukte entstehen. Der Energieverbrauch ist hoch und es wird CO<sub>2</sub> gebildet. Aktivkohle muss gelegentlich aber regelmäßig ersetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Adsorption verursacht hohe Investitions- und Betriebskosten.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

### 4.1.3.15.3. Absorption („waschen“)

**Beschreibung:** Beim Absorptionsprozess wird der hereinströmende Dampf in einem Strom von schwerflüchtigem („magerem“) Absorptionsmittel absorbiert. Welches Absorptionsmittel verwendet wird, ist von der Zusammensetzung der Dämpfe und der erforderlichen Rückgewinnungsleistung abhängig. Somit kann eine Kühlung des Absorptionsmittels erforderlich sein, um seine Flüchtigkeit und somit auch die Absorptionseigenschaften zu reduzieren. Bei Anwendungen mit Benzin wird als Absorptionsmittel Kerosin mit einer Temperatur von -25 bis -30 °C verwendet. Als Absorptionsmittel könnte auch kaltes Benzin verwendet werden, aber die Flüchtigkeit würde zu einer niedrigen Leistung führen.

Bei Absorptionsmittelströmen unter 0 °C besteht die Gefahr von Verstopfungen durch Eisbildung, wenn sich im Dampf auch Wasserdampf befindet. Eine Methanoleinspritzung kann dieses Problem beheben.

Je nach Prozessart kann es notwendig sein, den Dampf vom Absorptionsmittel abzutrennen. Bei Anwendungen mit Benzin erfolgt dies dadurch, dass das Gemisch aus Kerosin und zurück gewonnenem Benzin in einem Wärmetauscher erhitzt, und dann der fette Benzindampf in einem Benzinström reabsorbiert wird.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Von einem Terpene enthaltenden Reinigungsfluid ist berichtet worden, dass es VOC's mit einem Wirkungsgrad von 99 % absorbiert. Das Fluid ist auch recht wirksam beim Absorbieren von Gerüchen und funktioniert bei Umgebungstemperatur (zwischen -10 und 40 °C).

**Einsatz:** Es handelt sich um einen unbemannten, automatischen Prozess, für dessen Betrieb und Wartung jedoch geschultes Personal erforderlich ist. Verfügbar sind verschiedene Konstruktionen, von einfachen Schrubbern bis hin zu mechanisch komplexen Hochleistungswartungssystemen. Eine mobile Anlage ist ebenfalls verfügbar und eignet sich besonders zur Reinigung von Tanks, Lastwagen und Tankern.

**Anwendungsbereich:** Die Technik lässt sich für viele verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten einsetzen und kann für eine breite, aber kompatible Produktpalette ausgelegt werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine, außer dass hier mit Dämpfen gehandhabt wird, sofern keine potenziell gefährlichen Chemikalien als Absorptionsmittel verwendet werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Durch den Prozess können Abfallprodukte entstehen, z.B. kontaminiertes Abwasser. Absorptionsverfahren können auch einen hohen Energieverbrauch bedeuten (mit indirekter Entstehung von CO<sub>2</sub>), obwohl die oben beschriebene VOC-Absorption weniger Energie verbraucht als Verbrennungs- oder Tiefkühlverfahren. Absorptionsmittel muss regelmäßig ersetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Absorption sind mittelhoch bis hoch, je nach Komplexität des Prozesses. Das oben genannte Absorptionsfluid für VOC kann von den absorbierten Stoffen getrennt und mehrmals recycelt werden, je nach Anwendung. Die zurück gewonnenen VOC's können (im Fall eines einzelnen Stroms) in den Prozess wieder eingeführt oder zur Lageranlage zurückgeführt werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

#### 4.1.3.15.4. Kondensation

**Beschreibung:** Bei der Kondensation werden die Dämpfe an der Oberfläche eines kalten Wärmetauschers kondensiert. Die Temperatur dieses Wärmetauschers ist abhängig vom Siedepunkt des Produktes und der erforderlichen Zurückgewinnungseffizienz. Bei Benzin beispielsweise beträgt die Kondensatortemperatur typischerweise ca. -80 °C. Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, wird eine zweite Stufe (z.B. ein Tieftemperaturkondensator mit flüssigem Stickstoff) verwendet werden, um die Kohlenwasserstoffe im Restgas wiederzugewinnen.

Es gibt auch Systeme, die zusammen mit der Tieftemperaturkondensation mit flüssigem Stickstoff ein integriertes Wärmeübertragungsmittel verwenden, wodurch eine breite Spanne an verschiedenen VOC's zurückgewonnen werden kann. Mit dieser Technik würde ein direkter Wärmeaustausch zwischen dem flüssigen Stickstoff und den behandelten Dämpfen zu betrieblichen Problemen in der Rückgewinnungsanlage führen, weil sich die meisten Kohlenwasserstoffe bei extrem niedrigen Temperaturen verfestigen. Um dieses Problem zu vermeiden, wird ein Wärmeübertragungsmittel als Zwischenmittel zwischen dem flüssigen Stickstoff und den Produktdämpfen verwendet. Die Temperatur des Wärmeübertragungsmittels wird als Funktion der Eigenschaften des zu verflüssigenden Stoffes verändert.

**Einsatz:** Es handelt sich um einen unbemannten, automatischen Prozess, für Betrieb und Wartung ist jedoch geschultes Personal erforderlich. Konstruktionen sind mechanisch sehr aufwändige Wartungssysteme.

**Anwendungsbereich:** Es gibt Systeme, die in Raffinerien und in der pharmazeutischen und chemischen Industrie verwendet werden, um Dampfverluste zu behandeln, die beim Be- und Entladen, bei der Lagerung und beim Umschlag von organischen Verbindungen entstehen.

Um eine effiziente Kondensation zu sichern, müssen Strömungsveränderungen vermieden werden. Probleme mit Eisbildung/Abtauen könnten auftreten, wenn kein Wärmeübertragungsmittel verwendet wird. Der Produktbereich, der behandelt werden kann, ist durch die ausgelegten Temperaturgrenzen der Geräte begrenzt.

**Sicherheitsaspekte;** Keine, außer dass hier Dämpfe gehandhabt werden. Bei sehr niedrigen Temperaturen können Verletzungen entstehen, wenn Mitarbeiter mit dem Kältemittel (z.B. Flüssigstickstoff) oder dem zurück gewonnenen Produkt im Falle einer Leckage in Berührung kommen. Unterhalb von Umgebungstemperaturen bilden viele leichte Wasserkohlenstoffe feste Hydrate, die zu Verstopfungen im Kondensator und angeschlossenen Rohren führen können. Polymerisationsprobleme müssen eventuell auch angesprochen werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Durch den Prozess können Abfallprodukte entstehen, z.B. kontaminiertes Abwasser durch Abtauen oder durch Kältemittelverluste. Ein hoher Energieverbrauch ist auch möglich (mit indirekter CO<sub>2</sub>-Bildung), der durch Einsatz von Kälte-technik noch höher sein könnte. Kältemittel muss regelmäßig nachgefüllt werden. Manche Kältemittel sind ozonzerstörende Stoffe.

Es gibt jedoch Systeme, wo Sekundärverschmutzungen wie saure Gase, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Abwasser, Stickoxide, Dioxine usw. nicht entstehen. Die beim Rückgewinnungsprozess erzeugten Stickstoffdämpfe können zur Inertisierung oder als Schutzgas verwendet werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Kondensation sind hoch, je nach Komplexität des Prozesses.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002] [162, GRS Europe, 2002]

### 4.1.3.15.5. Membrantrennung

**Beschreibung:** Bei der Membrantechnologie werden die Kohlenwasserstoffmoleküle von der Luft getrennt, indem die Dampf/Luft-Mischung über eine Membran geleitet wird, bei der die Kohlenwasserstoffe eine bevorzugte Permeabilität haben. Die Wirksamkeit des Trennprozesses ist vom Differenzialdruck über der Membran abhängig. Mit einem Verdichter wird am Einlass zur Membran ein erhöhter Druck erzeugt, und auf der durchlässigen Seite erzeugt eine Vakuumpumpe einen niedrigen Druck.

Die Membrantrennungstechnologie weist hohe Betriebskosten auf, da ein doppelter Satz Dampftransportvorrichtungen erforderlich ist, d.h. eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe und ein Kompressor. Diese Technologie eignet sich besonders gut für Systeme mit großen Dampfvolimina, da hier ein Kompressor am Einlass zur Membran verwendet wird. Sie eignet sich somit für Anwendungen mit Festdachlagertank-Gaspendelsystemen.

**Einsatz:** Es handelt sich um einen unbemannten, automatischen Prozess, mit verhältnismäßig neuer Technologie, jedoch mit hohem Wartungsaufwand.

**Anwendungsbereich:** Auf der Zulaufseite sind - dauerhaft - große Dampfvolimina erforderlich, weil ein vorgeschalteter Kompressor notwendig ist. Der Produktbereich, der behandelt werden kann, ist durch die Membrankonstruktion begrenzt.

**Sicherheitsaspekte:** Da die Membraneinheit einen Kompressor am Einlass verwendet, müssen die Dampfsysteme gegen Unterdruck geschützt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Es besteht ein möglicher sehr hoher Energieverbrauch (indirekte CO<sub>2</sub>-Bildung).

**Wirtschaftlichkeit:** Die Membrantrennung verursacht mittlere bis hohe Investitions- und Betriebskosten.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 153, TETSP, 2002] [147, EIPPCB, 2002]

### 4.1.3.16. Verträglichkeit von ECM (Emissionskontrollmaßnahmen) für Gasemissionen – betrieblich

Nicht alle im Abschnitt 4.1.3 beschriebenen Emissionskontrollmaßnahmen können zusammen verwendet werden. Beispielsweise kommt eine Kuppel nur für einen Schwimmdachtank in Frage, sie ist aber nicht kompatibel mit Emissionskontrollmaßnahmen für einen Festdachtank, wie eine innere Schwimmdecke. Tabelle 4.5 zeigt die Kompatibilität der Emissionskontrollmaßnahmen untereinander. Tabelle 4.6 zeigt typische Emissionskontrollmaßnahmen für unterschiedliche Lagertanks.

Hinweise J) – miteinander benutzbar N) – nicht miteinander benutzbar  1) bisher noch nicht untersucht	Betriebliche	Konstruktion/Inspek	Überdruck- und	Messgeräteausrüstung	Schwimmdeckel	Flexible	Feste/starre	Tankfarbe	Sonnenschutz	natürliche	Randdichtungen für	Dachzusatzvorricht	Primärdichtungen	Sekundärdichtunge	Kuppeln	Geschlossene	Gaspendelung	Speicherbehälter	Abgasbehandlung	Tank auf 56 mbar
Betriebliche Verfahren/Schulung	J	J	J	J	J	J	J	J	J	1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Konstruktion/Inspektion/Wartung		J	J	J	J	J	J	J	J	1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Über- und Unterdruckventile			J	J	N	N	N	J	J	1	N	N	N	N	N	J	J	J	J	J
Messgeräteausrüstung				J	N	N	N	J	J	1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Schwimmdeckel					N	N	N	J	J	1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Flexible Abdeckungen oder Zeltdächer						N	N	J	J	1	N	N	N	N	N	N	N	N	J	N
Feste/starre Abdeckungen							N	J	J	1	N	N	N	N	N	N	N	N	J	N
Tankfarbe								J	J	1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Sonnenschutz									J	1	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Natürliche Tankkühlung											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Randdichtungen für Schwimmdächer												J	N	N	J	J	N	N	N	N
Dachzusatzvorrichtung für Schwimmdächer													N	N	J	J	N	N	N	N
Primärdichtungen für Schwimmdecken														J	N	J	N	N	N	N
Sekundärdichtungen für Schwimmdecken															N	J	N	N	N	N
Kuppeln															N	J	N	N	N	N
Geschlossene Ablasssysteme																J	J	J	J	J
Gaspendelung																	J	J	J	J
Speicherbehälter																			J	J
Abgasbehandlung																				J
Tank auf 56 mbar hochrüsten																				J

Tabelle 4.5: ECM-Kompatibilität  
[154, TETSP, 2002]

	Hinweise 1. selten benutzt in Europa 2. nicht zutreffend 3. sofern mit Deckel ausgerüstet  D) Drucklagerung; Überdruckventil aus Sicherheitsgründen erforderlich J) – miteinander benutzbar N) – nicht miteinander benutzbar		Betriebliche Verfahren/Schulung	Konstruktion/Inspektion/Wartung	PV Ventil	Messgeräteausrüstung	Schwimmedeckel	Flexible Abdeckungen oder Zeltmächer	Feste/starre Abdeckungen	Tankfarbe	Sonnenschutz	natürliche Tankkühlung	Randdichtungen für Schwimmdächer	Dachzusatzvorrichtung für	Schwimmedecke	Kuppeln	Geschlossene Ablasssysteme	Gaspandlung	Speicherbehälter	Abgasbehandlung	Tank auf 56 mbar hochrüsten
Oberirdisch	oben offener Tank	drucklos	J	J	N	J	J	J	J	J	N	?	N	N	N	N	J	N	N	3	N
	Schwimmdachtank	drucklos	J	J	N	J	N	N	N	J	1	1	J	J	N	J	J	N	N	N	N
	Stehender Festdachtank	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	J	1	1	N	N	J	N	J	J	J	J	J
	liegender Lagertank	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	J	1	?	N	N	N	N	J	J	J	J	J
	Hebedachtank	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	J	1	1	N	N	N	N	J	J	N	J	J
	Kugeltank	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	J	N	?	N	N	N	N	J	J	N	J	N
	liegender Lagertank	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	J	J	J	N	N	N	N	J	J	N	J	N
	stehender Zylinderbehälter	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	J	1	?	N	N	N	N	J	J	N	J	N
	gekühlter Lagertank	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	N	N	?	N	N	N	N	J	J	N	J	N
Unterirdisch	liegender Lagertank	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	J	J	J	J	N
	Kavernen	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	J	J	J	J	N
	umwallte Lagerung	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	J	J	N	J	N
	Kavernen	Drucklagerung	J	J	D	J	N	N	N	N	2	?	N	N	N	N	J	J	N	J	N
Andere Lagerungsarten	Warenlager	drucklos	J	J	2	N	N	N	N	2	2	?	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Becken und Teiche	drucklos	J	J	2	N	J	J	J	2	2	?	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Schwimmende Lager	drucklos	J	J	J	J	N	N	N	J	2	?	N	N	N	N	N	J	J	J	N

Tabelle 4.6: Mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen nach Lagerungsart [154, TETSP, 2002]



#### 4.1.4. ECM für Tanks – betrieblich – Flüssigemissionen

Kontrollmaßnahmen für flüssige Emissionen werden in zwei Hauptgruppen unterteilt: Emissionskontrollmaßnahmen (ECM) für mögliche Bodenemissionen aus einerseits geplanten Aktivitäten und andererseits ungeplante Freisetzungen. In diesem Abschnitt werden ECM für mögliche Emissionen aus normalen betrieblichen Vorgängen wie Entleeren und Reinigen betrachtet. Abschnitt 4.1.6 behandelt ECM für seltene, ungeplante Freisetzungen wie Tanküberfüllungen.

##### 4.1.4.1. Manuelle Entleerung

**Beschreibung:** Mit Vorsicht und Aufmerksamkeit können Tanks erfolgreich manuell entleert werden. Beim Entleeren von Tanks ist Vorsicht erforderlich, insbesondere wenn Tanks einen zur Mitte und nach unten hin gerichteten konusförmigen Boden und ein festes Entleerungsrohr haben. In diesem Fall ist das Entleerungsrohr nach Abzug des letzten Wassers voll mit Öl (oder anderem Lagerprodukt), und bei nachfolgenden Wasserabzügen muss zuerst das Produkt beseitigt werden.

Alternativ hierzu wäre eine Automatisierung dieses Prozesses, da auf diese Weise ein Mitschleppen des Produkts begrenzt wird und durch Installation eines voll- oder halbautomatischen Tankablassventilsystems erreicht werden kann.

Aus dem Tank abgelassenes Wasser wird normalerweise in einem Ablauf- oder Wasserableitungssystem zwecks weiterer Behandlung des Wassers aufgefangen. Ein Ablassen direkt auf den Boden ist nicht akzeptabel.

Die Ablassgeschwindigkeit kann die Emissionen beeinflussen. Durch schnelles Öffnen der Ventile und hohe Strömungsgeschwindigkeiten kann ein Strudel entstehen, der sowohl Öl als auch Wasser in den Ablauf reißt. An vielen Standorten werden Tankablassventile manuell betätigt, und die abgelassene Flüssigkeit wird visuell geprüft, um zu bestimmen, wann das Ventil wieder geschlossen werden muss. Das Ablassen wird normalerweise beendet, wenn das Wasser weniger als 10 % Öl enthält. Dieser Grenzwert kann jedoch überschritten werden, so dass erhebliche Mengen Öl in das Abflusssystem gelangen.

Die sorgfältige manuelle Entleerung bleibt weiterhin an vielen Standorten, wo Rohöl gelagert wird, eine zukunftsfähige Option. Sie kann jedoch sehr zeitaufwändig sein. Und es ist nahezu unmöglich, alle Restverschmutzungen des Wassers zu verhindern, egal wie gut der Vorgang gehandhabt wird. Kohlenwasserstoffemissionen entstehen indirekt dadurch, das Wasserböden an der Luft entleert werden. Tests haben gezeigt, dass 30 % der Kohlenwasserstoffe, die in das Ablasssystem gelangen, durch Verdunstung verloren gehen. Eine Minimierung der Produktverluste im abgelassenen Wasser hat somit auch geringere Emissionen aus Entleerungsstellen zur Folge.

**Einsatz:** Es ist nicht schwer, Tanks manuell zu entleeren, braucht aber Zeit und Sorgfalt.

**Anwendungsbereich:** Die manuelle Entleerung von Tanks ist in vielen Bereichen anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Jede Tankentleerung birgt jedoch die Gefahr in sich, dass große Mengen des Produktes in das Wasserableitungssystem oder den Tankwall gelangen, wenn diese Vorgänge nicht ordnungsgemäß durchgeführt und regelmäßig geprüft werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Mögliches hohes Abfallrisiko und mögliche medienübergreifende Probleme.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

##### 4.1.4.2. Halbautomatische Tankablassventile

**Beschreibung:** Halbautomatische Tankablassventile werden so bezeichnet, weil sie vor jedem Ablassbetrieb neu zurückgesetzt werden müssen. Es stehen handelsübliche Ausführungsformen für Produkte zur Verfügung, die eine deutlich andere Dichte als Wasser aufweisen; dieser Dichteunterschied wird ausgenutzt, um die Ablassvorgänge zu beenden.



Die Konstruktionen umfassen allgemein eine kleine Kammer mit einem Einlass aus der Tankentleerungsleitung, einen Auslass an das Ableitungssystem und einen Schwimmer. Wird das Einlassventil geöffnet, füllt sich die Kammer mit Wasser vom Tankboden, wodurch der Schwimmer (konstruiert aus einem hohlen Stahlschwimmer mit Öl beschwert) steigt. Der Bediener kann den Ablauf unbeaufsichtigt lassen. In einigen Klimazonen ist eine Winteranpassung dieser Ventile erforderlich.

Fließt das Produkt in die Kammer, fällt der Schwimmer in eine Ringdichtung und schließt somit das Ventil.

Eine andere Methode besteht darin, dass statt dem Schwimmer ein Kohlenwasserstoffsensor verwendet wird. Dieses Element muss jedoch nach jedem Ablassen ausgewechselt werden, so dass es sich besser für Tanks eignet, die nur selten entleert werden müssen.

**Einsatz:** Es bestehen folgende mögliche Probleme:

- Sauberkeit: der Schwimmer kann durch Schmutzteilchen in der Schwimmerkammer klemmen. Sehr nachteilig ist es, wenn der Schwimmer im offenen Zustand klemmt, und das Produkt ins Ablasssystem gelangt.
- Vorzeitiges Schließen: Ziehen Wirbel das Produkt nach unten bevor die Entleerung abgeschlossen ist oder wenn die Strömungsgeschwindigkeit nachlässt, kann das Ventil zu früh schließen.

**Anwendungsbereich:** Die halbautomatische Tankentleerung findet breite Anwendung, aber eine gute Leistung ist nur mit einem sauberen Produkt und einer ausreichend unterschiedlichen Dichte als Wasser möglich.

**Sicherheitsaspekte:** Jede Tankentleerung, auf welche Art auch immer, birgt jedoch die Gefahr in sich, dass große Mengen des Produktes in das Wasserableitsystem oder den Tankwall gelangen, wenn diese Vorgänge nicht ordnungsgemäß durchgeführt und regelmäßig geprüft werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Eventuell hohes Abfallrisiko und medienübergreifende Probleme.

**Wirtschaftlichkeit:** Halbautomatische Tankablassventile werden nicht motorisch angetrieben und verursachen nur minimale Installationskosten. Sie stellen die kostengünstigste Alternative zur manuellen Entleerung dar.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001]

### 4.1.4.3. Vollautomatische Tankablassventile

**Beschreibung:** Vollautomatische Ablassventile sind so konstruiert, dass nur ein minimaler Eingriff durch den Bediener erforderlich ist, und somit sind sie auch teurer als halbautomatische Systeme. Es ist auch eine Energiequelle am Tank erforderlich.

Es stehen verschiedene Bauarten mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung. Eine korrekte Auswahl ist somit entscheidend.

#### *Elektromagnetische Strahlungssonden*

Eine elektromagnetische Strahlungssonde wird verwendet, um den Kohlenwasserstoffgehalt des abzulassenden Wassers zu ermitteln. Die Sonde sendet dazu Mikrowellen in das Fluid und misst, wieviel Energie vom Fluid absorbiert wird. Da Wasser Mikrowellen mehr absorbiert, ist eine Quantifizierung der Kohlenwasserstoffkonzentration möglich. Diese Technologie kann als mobile Einheit verwendet werden, als einzelne Sonde oder als Doppelsonde, wobei eine Sonde in die Ablassstelle und die andere in etwa 600 mm Höhe über dem Tankboden (oder in einer anderen vorgeschriebenen Höhe) positioniert wird. Der Vorgang läuft im Prinzip wie folgt ab: erkennt die obere Sonde Wasser, öffnet sich das Ablassventil; erkennt die untere Sonde Öl, schließt sich das Ablassventil.

#### *Messung der dielektrischen Konstante*

Eine Kapazitätssonde wird in eine Umlaufkammer im Tankablass montiert. Erreicht der Ölinhalt einen voreingestellten Wert, schließt sich das Ventil automatisch. Mögliche Erkennungsprobleme können durch Schichtenbildungen entstehen. Um einen zufrieden stellenden Betrieb zu gewährleisten ist eine gut definierte Schnittstelle erforderlich.

**Messung des Brechungsindex**

Der Brechungsindex wird faseroptisch ermittelt. Mit diesem System gibt es nur wenige Erfahrungen in Europa.

**Einsatz:** Schichtenbildungen im Produkt können beim Einsatz dieser Technik zu Problemen führen.

**Anwendungsbereich:** Die vollautomatische Tankentleerung ist breit anwendbar, aber vom gelagerten Produkt abhängig.

**Sicherheitsaspekte:** Jede Art von Tankentleerung, auf welche Art auch immer, birgt die Gefahr in sich, dass große Mengen des flüssigen Produktes in das Wasserableitsystem oder den Tankwall gelangen, wenn diese Vorgänge nicht ordnungsgemäß und nicht regelmäßige Kontrollen durchgeführt werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Mögliches hohes Abfallrisiko und mögliche medienübergreifende Probleme.

**Wirtschaftlichkeit:** Automatische Ablassventile sind sehr teuer, und auch Nachrüstungskosten sind extrem hoch.

**Referenzliteratur:** [41, Concauwe, 1999, 113, TETSP, 2001]

#### 4.1.4.4. Dedizierte Systeme

**Beschreibung:** Unter einem ‚dedizierten System‘ versteht man Tanks und Vorrichtungen, die speziell für eine Produktgruppe vorgesehen sind. Das bedeutet keine Produktänderungen. Auf diese Weise können Technologien installiert und verwendet werden, die ganz speziell auf die gelagerten Produkte zugeschnitten sind, so dass Emissionen wirtschaftlich und wirksam verhindert bzw. verringert werden.

**Einsatz:** Besonders an Terminals, wo sehr viele verschiedene Produkte gelagert werden, ist dies eine relevante Emissionskontrollmaßnahme.

**Anwendungsbereich:** Die Anwendbarkeit hängt von der Lagerungsart ab, und ist grundsätzlich nicht an Standorten möglich, an denen Tanks für kurz- bis mittelfristige Lagerung unterschiedlicher Stoffe verwendet werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Da deutlich weniger Reinigungsaktivitäten erforderlich sind, werden auch Luftemissionen und Abfall ebenfalls weniger.

**Referenzliteratur:** [130, VROM, 2002]

#### 4.1.5. Emissionskontrollmaßnahmen für Tanks – Abfall

##### 4.1.5.1. Tankmischen

**Beschreibung:** Schlamm ist eine lockere Bezeichnung für ein halbfestes Gemisch aus Produkt, Wasser, Ablagerungen und Rostpartikeln. Rohschlamm kann alle oben genannten Komponenten, einschließlich Wackskristallen, in unterschiedlichen Mengen enthalten.

Schlammablagerung in einem Lagertank entsteht durch Molekulardiffusion, Schwerkraft und chemische Reaktionsfähigkeit und hängt von den Betriebsbedingungen ab. Schlammablagerungen treten meistens nicht gleichmäßig auf und bauen sich auch nicht notwendigerweise mit gleich bleibender Geschwindigkeit auf.

Die Schlammmenge hängt von einigen oder allen nachfolgenden Faktoren ab:

- Temperatur
- Produktart
- Standzeit
- Mischerkapazität
- Art des Tankbodens
- Art und Weise, wie Produkt angeliefert wird (Tankschiff, Pipeline)

Die Schlammbildung lässt sich am einfachsten durch Mischen verringern. Turbulentes Mischen entsteht, wenn sich Fluidpartikel mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aneinander vorbeibewegen; die daraus entstehenden Scherspannungen führen zu Wirbelströmen. Die Geschwindigkeit, mit der dies auftritt, bestimmt die Mischgeschwindigkeit.

Es gibt zwei Arten Mischer:

- Impellermischer (Flügel-, Schaufelmischer)
- Strahlmischer.

Um eine Schlammabsetzung zu vermeiden, muss der Mischer so angeordnet werden, dass eine maximal wirksame Strömung über den Tankboden erfolgt. Dazu eignen sich am besten Mischer, deren Strahlwinkel verändert werden kann. Bei großen Tanks sind mehrere Mischer erforderlich. Wo mehrere Mischer verwendet werden, empfiehlt sich ein Abstand zwischen 22,5 und 45°, wobei sich alle Mischer in einem Quadranten von 90° befinden um Schlammablagerungen zu minimieren.

In der Vergangenheit und sogar heute noch wird Luft zur Homogenisierung von Flüssigkeiten verwendet. Bei Flüssigkeiten mit flüchtigen Bestandteilen führt dies zu zusätzlichen Luftemissionen, da die Luft die flüchtigen Komponenten austreibt. Der Einsatz von Luft zur Homogenisierung von Flüssigkeiten kann deshalb nicht als BVT betrachtet werden.

**Anwendungsbereich:** Impellermischer werden häufiger verwendet, Strahlmischer sind jedoch wirkungsvoller.

**Wirtschaftlichkeit:** Impellermischer sind billiger in der Anschaffung, aber teurer im Betrieb (bis zu vier Mal so viel wie tankseitige Eingangsmischer, da diese nur sehr wenig Energie benötigen, um die zur Durchmischung erforderliche Fluidbewegung zu erzeugen). Strahlmischer sind effizienter und haben geringere Betriebskosten.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

### 4.1.5.2. Schlamm Entfernung

**Beschreibung:** Wo die Schlammhöhe in einem Tank zu stark ansteigt und nicht mit Mischtechniken beseitigt werden kann (siehe Abschnitt 4.1.5.1), ist eine Tankreinigung erforderlich. Es sind einige Methoden entwickelt worden, durch die Ablagerungen ohne Öffnen des Tanks (und somit mit nur minimalen Verlusten) wieder in den Schwebezustand gebracht werden können. Chemische Zusatzstoffe, Zentrifugierung oder Produktzirkulation bilden die Basis dieser Methoden.

Aktuelle Methoden zur Schlammabeseitigung in Rohöltanks beinhalten, dass der Tank außer Betrieb genommen, das Produkt abgelassen und dann eventuell gefährliche Gasgemische im Tank ausgespült werden. Der Bodenschlamm wird dann manuell entfernt und sicher entsorgt (z.B. durch Verbrennung).

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999]

## 4.1.6. ECM für Tanks – Ereignisse und (größere) Unfälle

### 4.1.6.1. Sicherheits- und Risikomanagement

Die SEVESO II Richtlinie (Richtlinie 96/82/EG des Rates zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen vom 9. Dezember 1996) verpflichtet den Betreiber alle Maßnahmen zur Verhinderung von schweren Unfällen sowie zu deren Begrenzung zu treffen. Sie müssen in jedem Fall über ein Konzept zur Verhütung von schweren Unfällen (MAPP) und ein Sicherheitsmanagementsystem, welches die Umsetzung dieses Konzepts sicherstellt, verfügen. Betriebe, in denen große Mengen an Gefahrstoffen vorhanden sind, so genannte Betriebe mit erweiterten Pflichten, haben darüber hinaus einen Sicherheitsbericht anzufertigen, betriebsbezogene Gefahrenabwehrpläne zu erstellen und eine stets aktuelle Liste der vorhandenen Gefahrstoffe vorzuhalten.

**Beschreibung:** Das Sicherheitsmanagementsystem verleiht dem MAPP eine Form. Ein Sicherheitsmanagementsystem beinhaltet:

- eine Beschreibung der Aufgaben und der Verantwortlichkeiten;
- eine Bewertung der Risiken von größeren Unfällen;
- eine Beschreibung der Verfahren und Arbeitsanweisungen;
- Notfallpläne;
- die Überwachung des Sicherheitsmanagementsystems;
- die regelmäßige Bewertung der beschlossenen Politik.

In Anlagen, die nicht unter den Anwendungsbereich der Seveso II Richtlinie fallen, werden jedoch ebenfalls oft individuelle Risikomanagementstrategien für Standorte angewendet, an denen beispielsweise brennbare Stoffe in Tanks gelagert werden, siehe Referenz [37, HSE, 1998], oder an denen Gefahrstoffe gelagert werden. Die Detailliertheit dieser Strategien ist natürlich von verschiedenen Faktoren abhängig, beispielsweise:

- Mengen der gelagerten Stoffe;
- die jeweiligen Gefahren, die von diesen Stoffen ausgehen;
- Standort der Lagerung.

Ein wichtiges Werkzeug dabei ist die Risikobewertung, d.h. eine in fünf Schritten geordnete Betrachtung der Aktivitäten vorort:

- Schritt 1** Identifizieren der Gefahren
- Schritt 2** Entscheiden wer und/oder was geschädigt werden könnte (und/oder beschädigt und/oder kontaminiert und in welchem Maße)
- Schritt 3** Bewerten der durch diese Gefahren hervorgerufenen Risiken, und entscheiden welche bestehenden Maßnahmen ausreichend sind und welche getroffen werden müssen
- Schritt 4** Aufzeichnung wichtiger Ergebnisse
- Schritt 5** Von Zeit zu Zeit Bewertung überprüfen und gegebenenfalls Änderungen vornehmen.

In Bezug auf Tanklager für brennbare Flüssigkeiten beinhaltet diese Beurteilung die Risiken, die vom Tank ausgehen und solche, die aufgrund von externen Einflüssen auf den Tank entstehen. Die Ziele der Beurteilung sind:

- Minimierung des Risikos des Austritts von brennbaren Flüssigkeiten
- Minimierung des Risikos von Feuer oder Explosionen am Tank selbst
- Minderung der Konsequenzen eines solchen Unfalls, insbesondere in Bezug auf Menschen und Umwelt
- Schutz des Tanks vor anderweitig auftretendem Feuer.

Zu den bei der Beurteilung von Tankinstallationen wichtigen Faktoren gehören:

- die Lagerkapazität
- Lage des Tanks in Bezug auf Werksgrenzen, Gebäude, Prozessbereiche und feste Zündquellen
- Auslegungsnormen der Anlage
- Mengen und Standorte anderer brennbarer Flüssigkeiten
- Mengen und Standorte anderer gefährlicher Stoffe
- Aktivitäten auf benachbarten Standorten
- Schulung und Überwachung von operativem Personal
- Häufigkeit der Lieferungen
- Be- und Entladevorgänge
- Inspektion und Wartung.

Von der niederländischen Regierung wurde das Programm PROTEUS entwickelt, mit dem die Umweltrisiken eines durch Unfall verursachten Auslaufs von Chemikalien auf Oberflächengewässer bestimmt werden können. PROTEUS beinhaltet das Programm SERIDA, eine Datenbank für Informationen über Stoffe, die für Mensch und Umwelt gefährlich sind. Die in SERIDA erfassten Stoffe wurden den Sicherheitsberichten niederländischer Einrichtungen, der Seveso II Liste, den schwarzen Listen der EU bzw. den Niederlanden und der Internationalen Liste des Rhein Komitees entnommen.

**Einsatz:** Die oben genannte Stufe und Ausführlichkeit der Sicherheitsmanagementsysteme ist von der Menge der gelagerten Stoffe, ihrer speziellen Gefahr und dem Standort der Lagerung abhängig. Die gemeinsame Lagerung von Waren, die vielfache Risiken darstellen, ist eine Hochrisikoaktivität, die Managementbetrachtungen auf hoher Ebene und intensiv geschultes Personal erfordert.

**Anwendungsbereich:** Wird überall in Europa eingesetzt.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden.

**Referenzliteratur:** [120, VROM, 1999] [35, HSE, 1998] [36, HSE, 1998] [37, HSE, 1998] [118, RIVM, 2001] [121, CIWM, 1999]

**Internet Links:** <http://www.rivm.nl/serida/> <http://www.riskanalysis.nl/proteus/>

Betriebliche Verfahren und Schulung

**Beschreibung:** Ausreichende organisatorische Maßnahmen sind für den sicheren und verantwortlichen Betrieb von Anlagen wichtig. Folgende Maßnahmen sind allgemeine Praxis:

- Notfallpläne und Kommunikationspläne für interne Zwecke und/für externe Standorte stehen zur Verfügung und sind stets aktuell. Durch sie ist eine schnelle Intervention durch interne und externe Rettungs-/Unterstützungsteams möglich, so dass die negativen Auswirkungen eines Unfalls verringert werden können
- Betriebsanweisungen stehen zur Verfügung und werden befolgt. Sie enthalten Informationen im Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlage, z.B. Pläne zur Überwachung und Wartung, für Vorsorgemaßnahmen gegen Störungen und zur Handhabung von Störungen, die auftreten könnten
- Die Firma ist im Besitz von relevanten Unterlagen und Dokumenten über die Lagerungsart (z.B. Konstruktionsdaten/-zeichnungen, Inspektions- und Wartungsberichte usw.)
- Mitarbeiter werden regelmäßig geschult und trainiert. Mitarbeiter werden u.A. darüber informiert, welche Gefahren für die Belegschaft und Konsequenzen für die Umwelt bestehen.

Ein typischer Schulungsplan beinhaltet folgendes:

- Gefahren und Eigenschaften der Flüssigkeiten, die gelagert und mit denen umgegangen wird
- Sichere Betriebsverfahren für die Anlage und für die damit im Zusammenhang stehende Ausrüstung
- Zweck von Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich der Wichtigkeit, diese weder zu entfernen noch unsachgemäß mit ihnen umzugehen
- Maßnahmen, die zu ergreifen sind, sollten Störungen an den Geräten festgestellt werden
- Handhabung kleiner Lecks und Unfälle
- Wichtigkeit guter Haushaltsführung und vorbeugender Maßnahmen
- Notfallverfahren.

**Einsatz:** Die oben genannte Stufe und Ausführlichkeit betrieblicher Verfahren und Schulungen ist von dem gelagerten Stoff, der jeweils dargestellten Gefahr und dem Standort der Lagerung abhängig. Die gemeinsame Lagerung von Waren, die mehrfache Risiken darstellen, ist eine Hochrisikoaktivität, die Managementbetrachtungen auf hoher Ebene und intensiv geschultes Personal erfordert.

**Anwendungsbereich:** Wird überall in Europa eingesetzt.

**Referenzliteratur:** [18, UBA, 1999] [87, TETSP, 2001] [37, HSE, 1998] [35, HSE, 1998]

Anzeige für geringen Füllstand bei Schwimmdachtanks

**Beschreibung:** Messgeräte zur Messung und Warnung bei niedrigen Füllständen in Tanks sind erforderlich um zu verhindern, dass Schwimmdachtanks in einen Entleerungszustand geraten, der sowohl Schäden als auch Verluste verursachen könnte. Instrumente sind entweder Füllstandsanzeiger mit nur Alarmeinstellungen oder mit zusätzlicher automatischer Ventilschließung, um ein Entleeren des Tanks zu verhindern; siehe Abschnitt 4.1.6.1.3 bezüglich Höchststandsalarmsysteme.

**Einsatz:** Ein unabhängiger Alarm erfordert einen manuellen Eingriff und geeignete Verfahren. Automatische Ventile müssen konstruktiv beim Zuflussweg berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass ein Schließen keine unerwünschten Folgen hat. Eine regelmäßige Inspektion/Wartung ist in beiden Fällen eine wesentliche Voraussetzung.

**Anwendungsbereich:** Alarmsysteme haben einen breiten Anwendungsbereich, aber der Bedarf an automatischen Ventilen muss am jeweiligen Standort ermittelt werden.

**Sicherheitsaspekte:** Bei automatischen Ventilen besteht die Möglichkeit, dass nachgeschaltete Systeme z.B. wegen Wasserstoßen (siehe Glossar) versagen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei Tanks mit automatischer Messeinrichtung bedeutet die Installation eines Alarms keine große Investition. Bei manuell gemessenen Tanks ist die Installation eines automatischen Messsystems mit Alarm oder nur ein Füllstandsalarm erforderlich. Automatische Absperrventile sind kostenaufwändiger. Bei Anschluss des Alarmsystems an einen örtlichen Kontrollraum sind die Kosten standortbedingt.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

Leckagen und Überfüllung

**Beschreibung:** Der Begriff sekundäre Umschließung bezieht sich auf zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen Tankemissionen über den vom Tankbehälter selbst gebotenen Schutz hinaus. Für Lecks gibt es zwei wesentliche Arten der sekundären Umschließung, nämlich solche, die Bestandteil der Tankkonstruktion sind, beispielsweise doppelte Tankböden (nur für oberirdische Tanks), doppelte Tankmäntel und doppelte Tankwände sowie undurchlässige Sperrschichten, die auf dem Erdboden unter dem Tank platziert werden.



Tankfarmwalle und Schalentanks sind konstruiert um große Freisetzungen aus oberirdischen Tanks, wie sie durch ein Bersten des Mantels oder eine Überfüllung entstehen können, aufzunehmen. Unterirdische Tanks können auch mit einer Umschließung ausgerüstet werden. Alle Techniken werden nachfolgend beschrieben.

Betriebsverfahren und Schulungen sowie Instrumenteneinsatz und Automation sind wichtige Maßnahmen um berfullungen zu vermeiden. Korrosion und Erosion sind ebenfalls wichtige Ursachen für Luft- und Bodenemissionen. Diese werden ebenfalls nachfolgend besprochen.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999], [113, TETSP, 2001]

### 4.1.6.1.1. Korrosion und Erosion

#### *Oberirdische Lagertanks*

Korrosion ist eine der wichtigsten Ursachen für technisches Versagen. Sie kann sowohl intern als auch extern an jeder freien Metalloberfläche auftreten. Korrosion wird im allgemeinen dadurch vermieden, dass korrosionsbeständige Materialien und geeignete Konstruktionsmethoden verwendet werden. Bei dem korrosionsbeständigen Material kann es sich um ein Grundmaterial (z.B. Edelstahl), eine Beschichtung oder die Umhüllung eines mechanisch widerstandsfähigen Bleches handeln.

Lagerbehälter zur Lagerung von z.B. Phosphorsäure werden normalerweise aus Baustahl gefertigt, das einschließlich Decke komplett mit Gummi ummantelt ist, da die Säure ätzend auf Baustahl und viele andere Metalle wirkt und dabei (hochexplosiven) Wasserstoff erzeugt. Es kann sich dabei um natürlichen oder künstlichen (Butylkautschuk) Gummi oder um mehrere Schichten desselben handeln. Baustahl kann bei Temperaturen unter ca. 60 °C verwendet werden, sofern keine Korrosionsgefahr durch Chloride oder andere Verunreinigungen besteht. Bei Edelstahltanks bietet anodischer Korrosionsschutz eine weitere Möglichkeit, wobei diese Technik nur bei Temperaturen unter 70 °C verwendet werden kann. Als Standardmaterial für die Lagerung von wasserfreiem Ammoniak bei niedrigen Temperaturen dient zertifizierter Kohlenstoffmanganstahl.

Lacke und andere Beschichtungen bieten im Allgemeinen einen guten Schutz. Auch chemisch beständige Beschichtungen oder Lacke sind verfügbar. Anhang 8.2 – International Codes zeigt eine Übersicht über verschiedene Methoden, die verwendet werden können.

Innenkorrosion kann durch die Ansammlung von Wasser im Tank verursacht werden. Eine geeignete Maßnahme, um dieses Wasser zu entfernen, kann erforderlich sein (siehe Abschnitte 4.1.4.1 bis 4.1.4.3).

Bei Warmeisolierungen oder Umhüllungen besteht die Gefahr, dass Korrosion unter diesen Materialien unbemerkt fortschreitet. Korrosion unter Umhüllungen muss als Bestandteil der geplanten vorbeugenden Wartung für Tanks geprüft werden.

Kathodische Schutzmaßnahmen sind eine Möglichkeit, Korrosion auf der Innenseite von oberirdischen Tanks zu verhindern. Ein kathodischer Schutz wird dadurch erreicht, dass Opferanoden im Tank angebracht und an ein Fremdstromsystem angeschlossen werden, oder durch Verwendung von galvanischen Anoden im Tank. In der Ölindustrie sind interne kathodische Schutzvorrichtungen nicht mehr in breitem Einsatz; dies ist auf die Korrosionsinhibitoren zurückzuführen, die in den meisten raffinierten Erdölprodukten heute zu finden sind.

Kommen die in der Flüssigkeit beweglichen Feststoffe mit den Komponenten des Lagersystems in Beruhung, kann es zu Abrieb kommen. Es gibt nur wenige Möglichkeiten, dieses schwer vorauszusagende Phänomen zu vermeiden; dazu gehört z.B., dass durch konstruktive Maßnahmen die Geschwindigkeit der Feststoffe reduziert wird, oder dass härtere oder weichere Baumaterialien verwendet werden, wenn der Effekt beobachtet wird.

#### *Unterirdische Lagertanks*

Unterirdische Tanks, aus korrosionsanfälligen Materialien (z.B. Stahl), werden gewöhnlich wie folgt geschützt:

- durch eine korrosionsbeständige Beschichtung (z.B. Bitumen)
- durch Galvanisieren
- durch einen kathodischen Schutz.

Siehe auch Anhang 8.6 - Übersicht über Materialbeschichtungsanforderungen für unterirdische Tanks.



### **Spannungsrissskorrosion**

Spannungsrissskorrosion ist ein Phänomen, das dort auftreten kann, wo Metalle einer Kombination von Spannungen und korrosiver Umgebung ausgesetzt sind. Spannungsrissskorrosion ist ein druckbehälterspezifisches Problem, und kann über einen breiten Temperatur- und Druckbereich auftreten. Spannungsrissskorrosion ist in Druckspeicherzylindern (Kugeln), teilgekühlten Lagertanks und einigen vollgekühlten Tanks mit Ammoniak bei Temperaturen von -33 °C und darunter beobachtet worden. Die Risse entstehen hauptsächlich in Schweißverbindungen und in den umliegenden wärmebeeinflussten Zonen.

Erfahrungen aus umfangreichen internationalen Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass die Inbetriebnahme und - in noch größerem Umfang - die Wiederinbetriebnahme kritische Phasen bei der Rissbildung darstellen. Das liegt hauptsächlich daran, dass dann größere Sauerstoffmengen und Temperaturschwankungen im Tank vorhanden sein können, wodurch die Spannungen zunehmen.

Spannungsfreiglühen durch eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen wird als einzige zuverlässige Methode zur Vermeidung von Spannungsrissskorrosion bei Ammoniak tanks berichtet.

**Referenzliteratur:** [86, EEMUA, 1999] [25, IFA/EFMA, 1990] [41, Concawe, 1999] [3, CPR, 1984, 26, UNIDO-IFDC, 1998, 28, HMSO, 1990, 37, HSE, 1998, 113, TETSP, 2001]

#### **4.1.6.1.2. Bedienungsverfahren und Schulungsmaßnahmen zum Verhindern einer Überfüllung**

**Beschreibung:** Eindeutige betriebliche Verfahren durch die Bediener stellen die erste Maßnahmenebene gegen Überfüllen dar. Durch diese Verfahren kann beispielsweise sichergestellt werden, dass:

- Ausreichender Ausdehnungsraum für eine komplette Füllung zur Verfügung steht
- die Kontrollinstrumente für den normalen Betrieb des Lagersystems, beispielsweise die Füllstands- oder Druckanzeiger, den Bediener vor einer Überfüllung darauf hinweisen, dass ein Risiko besteht, dass Prozessparameter überschritten werden
- Bediener schon während ihrer regulären Rundgänge um die Lageranlage anormale Füllstände oder Drücke im Tank wahrnehmen
- beim Tankfüllbetrieb keine Überfüllung entsteht.

Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen muss über die Zeit aufrecht erhalten werden. Das ist eine der Rollen, die Managementsysteme erfüllen müssen. Ein geeignetes Managementsystem beinhaltet: regelmäßige Schulung der Bediener, Aktualisierung der Bedieneranweisungen, planmäßiges Kalibrieren der Instrumente, Sicherheitsprüfungen, sowie die Einarbeitung von Erfahrungen, die aus Unfallanalysen gewonnen werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

#### **4.1.6.1.3. Messgeräte und Automation zum Verhindern einer Überfüllung**

**Beschreibung:** Ein großer Einsatz von Messinstrumenten ist erforderlich, um Tanküberfüllungen zu vermeiden. Dazu können Füllstandsanzeiger mit Alarminstellungen und/oder Ventilschließ-Automatik gehören.

**Einsatz:** Ein unabhängiger Alarm erfordert einen manuellen Eingriff und geeignete Verfahren. Automatische Ventile müssen konstruktiv im Zulaufprozess berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass ein Schließen keine unerwünschten Folgen hat. Es besteht die Möglichkeit, dass in der Pipeline Probleme mit Druckstößen entstehen. Die Ventilschließzeit sowie Inspektionsanforderungen und Kalibrierung sind alle sehr wichtig um Emissionen zu verhindern.

**Anwendungsbereich:** Alarme werden weit verbreitet eingesetzt, aber automatische Ventile müssen je nach Standortvorgaben auf bestimmte Probleme z.B. Druckstöße und Überdruck bewertet werden. Auch bei unterirdischen Tanks werden Überfüllschutzalarme häufig verwendet.

**Sicherheitsaspekte:** Bei automatischen Ventilen besteht die Gefahr, dass Störungen in zulaufseitigen Systemen auftreten.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei manuell gemessenen Tanks ist nur die Installation eines automatischen Messsystems und/oder Füllstandalarms erforderlich, was nur mit geringen Kosten verbunden ist. Bei Anschluss eines Alarmsystems an einen örtlichen Kontrollraum sind die Kosten standortbedingt. Automatische Absperrventile sind kostenaufwändiger. Schutz gegen Druckstoß und Rohrleitungsaufrüstungen sind sehr kostenintensive Maßnahmen.

Beispielsweise kostet ein elektronischer Sensor als Überfüllschutz 500 bis 2000 EUR (1999). Dazu kommen noch die Kosten der Installation und der Verkoppelung mit Schutzsystemen, diese sind jedoch standortabhängig. Alternative Sensoren mit dem gleichen Messprinzip und vergleichbarer Umweltschutzleistung sind möglich. Aber die Kosten dafür unterscheiden sich nicht wesentlich.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001] [18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

### 4.1.6.1.4. Messeinrichtungen und Automatisierung zum Erkennen von Leckagen

**Einführung:** Zum Erkennen von Lecks gibt es vier prinzipielle Techniken, die nachfolgend beschrieben werden. Dazu gehören:

- A. Freisetzungsschutz durch Sperrsysteme
- B. Bestandsprüfungen
- C. Methode der akustischen Erkennung
- D. Überwachung von Abgaskomponenten im Boden

#### *A. Freisetzungsschutz durch Sperrsysteme*

**Beschreibung:** Wo ein doppelter Tankboden oder undurchlässige Sperren installiert werden, kann jedes vom Tankboden austretende Leck an den Umfang des Tanks geführt werden. Die einfachste Erkennungsmethode besteht darin, an den „verräterischen“ Stellen regelmäßig visuell auf sichtbares Austreten des Lagerproduktes hin zu prüfen. Bei flüchtigen Produkten können Gassensoren an den „verräterischen“ Stellen verwendet werden.

Eine andere Technik für doppelte Tankböden beinhaltet, dass im Raum zwischen den Böden ein ständig überwachter Unterdruck erhalten wird. Lecks im Boden weichen in diesen Unterdruckbereich und lösen einen Alarm aus. Bei undurchlässigen Beschichtungen kann ein Erkennungskabel zwischen dem Tankboden und der Beschichtung eingelegt werden. Die elektrischen Eigenschaften dieses Kabels verändern sich, wenn es mit dem gelagerten Produkt in Berührung kommt. Auf diese Weise kann ein mögliches Leck angezeigt werden.

Bei einem doppelwandigen Tank oder einem Schalentank kann ein Sensor zwischen die beiden Wände des doppelwandigen Tanks oder zwischen der Einzelwand des Tanks und seiner Umschließung eingesetzt werden.

**Einsatz:** Diese Methoden haben keine Auswirkung auf den Tankbetrieb.

**Anwendungsbereich:** Findet breite Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Für einfache visuelle Systeme, keine. Bei anderen Systemen ist für die Instrumente eine Spannungsversorgung erforderlich.

**Wirtschaftlichkeit:** Niedrige Kosten bei der Installation in einem neuen Tank, einer neuen Doppelwand oder einem neuen Doppelboden. Bei Nachrüstungen können die Kosten sehr hoch sein.

**Referenzliteratur:** [114, UBA, 2001, 132, Arthur D. Little Limited, 2001] [151, TETSP, 2002]

## B. Bestandsprüfungen

**Beschreibung:** Diese Prüfungen basieren entweder auf:

- a) dem Füllstand des Produkts im Tank (Füllstandsprüfung) oder auf
- b) der Masse des Produkts im Tank unter statischen Bedingungen (Massenprüfung) oder auf
- c) dem Unterschied zwischen den über einen längeren Zeitraum in den Tank und aus dem Tank gepumpten Produktvolumina im Vergleich zu der Veränderung des gelagerten Volumens.

Die Prüfungsmethoden a) und b) sind beide als statische volumetrische Messung, c) als erweiterte Bestandsprüfung bekannt.

### Statische volumetrische Messung

- a) **Füllstandsprüfung** - das grundlegende Konzept besteht darin, dass das Flüssigvolumen und somit der Tankfüllstand gleich bleiben sollten, wenn die thermische Ausdehnung des Tanks und des gelagerten Produkts berücksichtigt werden. Fehler entstehen durch Temperaturgefälle im gelagerten Produkt, Veränderungen der Tankform durch thermische und interne Druckveränderungen, Windeinflüsse und Veränderungen sowohl in der Umgebungstemperatur als auch der Sonneneinstrahlung.
- b) **Massenprüfung** - das Prinzip besteht darin, dass Gas in zwei Röhren gepresst wird, eines in Bodennähe des Tanks und das andere im Dampfraum über dem Produkt. Die Druckdifferenz entspricht der Produktmasse über dem unteren Messpunkt, und diese sollte unabhängig von den durch thermische Expansion verursachten Füllstandsveränderungen sein.

Beide volumetrischen Messmethoden erfordern, dass die Anlage zwecks Prüfungsdurchführung 24 bis 48 Stunden außer Betrieb genommen wird. Die Leckerkennungsfähigkeit nimmt mit zunehmender Prüfungsdauer zu. Um thermische Auswirkungen zu verringern, sollten die Prüfungen bei niedrigem Füllstand (<3 m) und während der Nacht durchgeführt werden.

- c) **Erweiterte Bestandsprüfung** - das Prinzip besteht darin, dass alle Strömungen in und aus dem Tank summiert, und die Nettodifferenz mit den volumetrischen Veränderungen im Tank verglichen wird. Diese Methode hat die gleichen Einschränkungen wie die statische Volumenprüfung. Die Einlass- und Auslassströmungsmesser führen zusätzliche Instrumentenfehler mit ein.

**Einsatz:** Beide ‚statischen volumetrischen Methoden‘ erfordern, dass der Tank ein bis zwei Tage bei niedrigem Füllstand außer Betrieb genommen wird. Bei diesen Methoden sind präzise Instrumente erforderlich. Die ‚erweiterte Bestandsprüfung‘ hat keinen Einfluss auf den Tankbetrieb. Es ist eine lange Prüfungsdauer erforderlich, während der die Strömungen mit gut kalibrierten Instrumenten gemessen und Daten zwecks späterer Auswertung aufgezeichnet werden.

**Anwendungsbereich:** Alle Techniken werden bei drucklosen Lagertanks häufig verwendet, die ‚statischen volumetrischen Methoden‘ sind jedoch bei Schwimmdachtanks nicht einsetzbar. Die ‚erweiterte Bestandsprüfung‘ hat den Vorteil, dass vorhandene Instrumente verwendet werden können.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Der Kostenaufwand für ‚statische volumetrische Methoden‘ ist niedrig. ‚Erweiterte Bestandsprüfungen‘ bewegen sich im mittleren Kostenbereich.

**Referenzliteratur:** [151, TETSP, 2002]

### ***C. Methode der akustischen Erkennung***

**Beschreibung:** Diese Methode erkennt Lecks dadurch, dass auf die charakteristischen Geräusche geachtet wird, die durch ein Leck im Boden eines statischen Tanks entstehen. Aufwändige Instrumente sind erforderlich, damit die sehr leisen Geräusche erkannt und analysiert werden können. Bestimmte Geräuschquellen, beispielsweise die Bewegung eines Schwimmdaches, heftige Winde, thermische Bewegungen des Tanks, können fälschlicherweise auf Lecks hindeuten.

**Einsatz:** Bei dieser Methode ist es erforderlich, den Tank 4 bis 8 Stunden außer Betrieb zu nehmen, und es werden spezielle Mess- und Analysegeräte benötigt.

**Anwendungsbereich:** Diese Technik kann auf breiter Ebene mit drucklosen Tanks verwendet werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei der ‚Methode der akustischen Erkennung‘ fallen mittlere Kosten an.

**Referenzliteratur:** [151, TETSP, 2002]

### ***D. Überwachung von Abgaskomponenten im Boden***

**Beschreibung:** Bei dieser Methode werden Dämpfe geprüft, die entweder aus dem Boden unter dem Tank heraus diffundieren oder von dort mit einer Saugpumpe aufgesaugt werden. Die Anzahl erforderlicher Probeentnahmestellen ist vom Tankdurchmesser und der Bodendurchlässigkeit abhängig. Bevor ein Leck auftritt, sollte der Boden analysiert werden, um zu prüfen, ob Hintergrundemissionen vorhanden sind. In der Grundform funktioniert diese Methode nicht, wenn es sich um ein nicht-flüchtiges Produkt handelt oder wenn sich unter dem Produkt im Tank eine Wasserschicht gebildet hat.

Die Erkennungsleistung kann verbessert werden, indem dem Produkt ein Marker hinzugefügt wird. Bei dem Marker muss es sich um eine flüchtige, ungiftige, nichtbrennbare Substanz handeln, die sich von allen am Standort gelagerten Produkten unterscheidet und das Lagerprodukt nicht verunreinigt. Zu den erfolgreich eingesetzten Markern gehören Perfluorkohlenstoffe, die in einem Verhältnis von 1 bis 10 ppm beigefügt werden.

**Einsatz:** Diese Technik kann bei laufendem Tankbetrieb eingesetzt werden. Beim Einsatz von Markern dauert der Test mehrere Stunden bis Wochen. Es sind auch spezialisierte Gaserkennungsmonitore erforderlich.

**Anwendungsbereich:** Die ‚Überwachung von Abgaskomponenten im Boden‘ kann auf breiter Ebene bei drucklosen Tanks verwendet werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Bei der Markertechnik muss dem Lagerprodukt eine Substanz zugefügt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei dieser Technik fallen für mittelgroße Tanks mittlere Kosten, bei großen Tanks hohe Kosten an.

**Referenzliteratur:** [151, TETSP, 2002]

#### 4.1.6.1.5. Risikobasierter Ansatz für Bodenemissionen unterhalb von Tanks

Eine risikobasierte Methode für Bodenemissionen unterhalb von Tanks wird nachfolgend beschrieben. Im Abschnitt 4.1.6.1.8 wird eine Methodologie für Bodenemissionen in um den Tank herum befindlichen Böden betrachtet.

**Beschreibung:** Der risikobasierte Ansatz für Bodenemissionen eines oberirdischen Flachbodentanks und stehenden vertikalen Lagertanks, in denen Flüssigkeiten mit dem Potenzial zur Bodenverunreinigung gelagert werden, besteht darin, dass Bodenschutzmaßnahmen in einem solchen Ausmaß getroffen werden, dass ein „vernachlässigbares Risiko“ der Bodenverunreinigung durch ein Leck an der Tankunterseite oder an der Dichtung, die an der Verbindung von Tankunterseite und Tankwandung sitzt, entsteht.

In den Niederlanden hat die Industrie in Zusammenarbeit mit den Behörden eine Methodologie entwickelt, um zu definieren, was ein ausreichendes Risikoniveau ist. Muss es ein ‚vernachlässigbares Risiko‘ sein, oder ist schon ein ‚akzeptables Risiko‘ ausreichend? Es kann auch ermittelt werden, wie ein bestimmtes Risikoniveau erreicht werden kann. Diese Methodologie wird nachfolgend erläutert:

Durch eine Kombination aus guter Konstruktion, geeigneter Bauweise und ordnungsgemäßer Inspektion und Wartung, zusammen mit bestimmten technischen Maßnahmen kann ein ‚vernachlässigbares Risiko‘ für Bodenemissionen erreicht werden. Tabelle 4.7 zeigt Maßnahmen, die in geeigneter Kombination zu einem vernachlässigbaren Risiko führen können. Bei dieser Methodologie können nur Kombinationen, die eine Punktzahl von 100 erreichen, zu diesem Ergebnis führen.

Ein vernachlässigbares Risiko für Bodenemissionen kann nur durch den Einsatz der folgenden technischen Kombinationen erreicht werden:

- eine Tankbodenstärke von mindestens 6 mm, zusammen mit einer undurchlässigen Sperrschicht zwischen dem Erdboden und dem Tank oder
- ein originaler doppelter Tankboden mit einem Leckererkennungssystem, wobei die Stärke des primären und sekundären Bodens mindestens 6 mm beträgt, oder
- eine Tankbodenstärke von mindestens 5 mm, zusammen mit einem Leckererkennungssystem in Kombination mit einer externen Beschichtung und Maßnahmen gegen das Eindringen von Regen- und Grundwasser, oder
- eine Kombination anderer maximaler Maßnahmen in Kombination mit einem nicht ätzenden Produkt oder einem Tankboden mit mindestens 3 mm Stärke.

In dieser Methodologie wird eine Kombination von Techniken, die eine Punktzahl von 45 bis 99 ergeben, als erhöhtes Risiko definiert; diese Kombination kann durch Implementierung einer risikobasierten Inspektion in Kombination mit dem Einsatz eines geeigneten Managementsystems auf ein ‚vernachlässigbares Risiko‘ (Punktzahl  $\geq 100$ ) aufgerüstet werden.

Durch Aufrüstung mit einer Boden- und Grundwasserüberwachung zusammen mit der Bereitschaft eine Reinigung, Behandlung oder Entfernung von möglicherweise verschmutztem Boden durchzuführen, kann ein ‚erhöhtes Risiko‘ auf ein ‚akzeptables Risiko‘ gestuft werden.

Punktzahlermittlung für die Dicke (d) des Bodens in mm	Punkte	Bemerkungen
$d_{\min} \geq 6$	50	
$5 \leq d_{\min} < 6$	40	
$4 \leq d_{\min} < 5$	30	
$3 \leq d_{\min} < 4$	15	
$d_{\min} < 3$	0	
Addieren bei $d_{\min} > 6$	5	Für jeden mm 5 Punkte zuzählen
Ringförmige Verbindungen und stumpfgeschweißte Membran	5	
<b>Emissionskontrollmaßnahmen</b>		
Undurchlässige Sperrschicht	50	
Leckerkennung über oder auf dem Boden	25	
Doppelter Tankboden mit Leckerkennung (Anmerkung 1)	50	Stärke des äußeren Bodens mindestens 6 mm
Externe Beschichtung	15/5	15 für Beschichtungssysteme, die an aufgebockten Tanks angebracht werden  5 wenn die Beschichtung vor der Installation des Tankbodens aufgetragen wird
Maßnahmen gegen Eindringen von Wasser	20	Kein Eindringen von Regenwasser und ausreichender Abstand zum Grundwasserverlauf
Ölsand (Anmerkung 2)	5	Es sind keine Punkte zu addieren, wenn die externe Beschichtung an einem aufgebockten Tank angebracht wird. Der Ölsand muss mit Maßnahmen kombiniert werden, die ein Eindringen von Regenwasser verhindern
Internes Beschichtungssystem, oder eine (für den Tankboden) nicht ätzende Substanz wird gelagert	10	
Kathodischer Schutz	Keine Punktzahlvergabe	
<i>Hinweise:</i>		
1) ein originaler doppelter Tankboden bedeutet, dass die ursprüngliche Tankkonstruktion mit einem Doppelboden hergestellt wurde. Durch die nachträgliche Installation eines zweiten Bodens wird kein gleicher Schutz erreicht.		
2) Ölsand ist eine besondere Mischung aus reinem, trockenem Sand und einem nicht-ätzenden Öl; diese Mischung wird unter dem Tankbodenbereich verteilt um eine externe Korrosion zu vermeiden.		

**Tabelle 4.7: Punktermittlungssystem zur Kennzeichnung von Risikoeinstufungen bei Bodenemissionen**  
[79, BoBo, 1999]

Doppelte Tankböden und undurchlässige Sperrsysteme werden noch ausführlicher in den Abschnitten 4.1.6.1.6 bzw. 4.1.6.1.7 beschrieben.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Ein ‚vernachlässigbares Risiko‘ für Bodenemissionen kann erreicht werden, aber es gibt Situationen, in denen ein ‚akzeptables Risiko‘ ausreichend sein kann.

**Einsatz:** Diese Methodologie wurde entwickelt, um Behörden und der Industrie die Möglichkeit zu geben, eine Übereinkunft darüber zu erlangen, welches Risiko für einen bestimmten Standort besteht und welche Emissionskontrollmaßnahmen dort eingesetzt werden müssen, um das aktuelle Risiko für Bodenemissionen zu kontrollieren oder zu beeinflussen.

**Anwendungsbereich:** Diese Methodologie kann sowohl für neue als auch bestehende Situationen verwendet werden; sie spricht die Lagerung von Rohöl, Rohölprodukten und Chemikalien in drucklosen oberirdischen Tanks mit einem Mindestdurchmesser von 8 m an. Man geht jedoch davon aus, dass die Methodologie auch bei kleineren Tanks und anderen Stoffen mit möglichen Bodenemissionen verwendbar ist.

Die Methodologie lässt sich bei stehenden Tanks mit einem Flachboden aus Kohlenstoffstahl anwenden. Sie gilt nicht für die Lagerung von Stoffen, die - für den Boden - ungefährlich sind, wie beispielsweise Wasser und



Produkte, die bei Berührung mit der Luft koagulieren (z.B. Bitumen, pflanzliche Öle, Wachs und Schwefel). Dies gilt auch nicht für die Lagerung von verflüssigten Gasen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Hängt vom jeweiligem Risikoniveau und von den angewandten Techniken ab.

**Referenzliteratur:** [79, BoBo, 1999]

#### 4.1.6.1.6. Doppeltankböden unter oberirdischen Tanks

**Beschreibung:** Die Installation eines zweiten undurchlässigen Bodens an einem oberirdischen Tank bietet ein gewisses Maß an Schutz gegen typische ‚nicht-katastrophale‘ Emissionen, die durch Korrosion, fehlerhafte Schweißnähte oder Fehler im Bodenmaterial oder in der Bauweise verursacht werden können. Neben der einschließenden Wirkung liefert der Sekundärboden die Möglichkeit, Lecks aus dem Tankboden zu erkennen.

Doppelböden können entweder bei bestehenden Tanks nachgerüstet oder gleich in der Konstruktion neuer Tanks integriert werden. Durch die Installation eines zweiten Bodens an einem bestehenden Tank wird nicht das gleiche Ausmaß an Schutz erreicht wie bei der konstruktiven Integration in einem neuen Tank. Bei einer Nachrüstung wird der vorhandene Tankboden normalerweise als Sekundärboden weiterverwendet, und Sand, Kies oder Beton können zwischen dem Primär- und dem Sekundärboden eingefügt werden. Es entspricht der normalen Praxis, dass der Zwischenraum auf ein Minimum beschränkt wird, und deshalb sollte der Sekundärboden die gleiche Neigung aufweisen wie der Primärboden. Die Neigungen zur Tankbasis hin können entweder flach, mit dem Konus nach oben (Neigung von der Mitte aus herunter zum Tankumfang hin) oder mit dem Konus nach unten (vom Tankumfang hinweg nach unten hin) ausgebildet sein.

Nahezu alle Tankböden sind aus Kohlenstoffstahl. Soll ein Doppelboden installiert werden (entweder als Nachrüstung oder neu), stehen für den neuen Boden verschiedene Materialien zur Auswahl. Es kann ein zweiter Boden aus Kohlenstoffstahl oder ein korrosionsbeständigerer Edelstahlboden eingesetzt werden. Eine dritte Möglichkeit ist die Verwendung einer glasfaserverstärkten Harzbeschichtung des Stahls.

Lecks durch den Tankboden können mit einem Leckerkennungssystem erfasst werden. Leckerkennungssysteme werden in Abschnitt 4.1.6.1.4 beschrieben.

Der wichtigste Nachteil eines Doppelbodens besteht darin, zu bestimmen, wie ein Tankboden sicher repariert werden kann, wenn ein Leck auftritt. Es ist sehr schwierig, den Raum zwischen den beiden Böden gasfrei und sauber zu bekommen. Dieses Erfordernis darf nicht unterschätzt oder vernachlässigt werden, da sonst ernste Probleme für die Sicherheit des Wartungspersonals entstehen können. Ferner sollten bei der Beurteilung, ob Doppelböden verwendet werden sollen, Änderungen in den Konstruktionsberechnungen und der Position von Armaturen sowie mögliche Bodenkorrosion berücksichtigt werden.

**Anwendungsbereich:** Mögliche Korrosionen, die Konstruktion und sichere Wartung sind bei Doppelböden problematisch. Einige Schweißnähte sind nach der Installation des Doppelbodens nicht mehr sichtbar. Der nur schmale Raum zwischen den beiden Böden macht Reparaturarbeiten schwierig.

**Sicherheitsaspekte:** Bei einem Leck sind Reinigungsarbeiten und Maßnahmen, um den Raum zwischen den Böden gasfrei zu bekommen, schwierig.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Bei der Nachrüstung eines Doppelbodens können medienübergreifende Probleme entstehen.

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenintensive Komponenten. Extrem hoch bei Nachrüstungen.

**Bestimmende Faktoren für die Umsetzung:** Deutschland und die Schweiz sind zwei der wenigen europäischen Länder, in denen Doppelböden zwecks Erfüllung nationaler Anforderungen installiert werden.



**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999, 113, TETSP, 2001]

### 4.1.6.1.7. Undurchlässige Sperren unter oberirdischen Tanks

**Beschreibung:** Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Boden so abzudichten, dass kein freigesetztes Produkt einsickern kann. Dazu kann eine natürliche unter dem Tank befindliche oder eine importierte Lehmschicht mit niedriger Permeation verwendet werden. Folgende Arten von Tonmatten stehen zur Verfügung:

- gekörntes Granulat, eingebettet zwischen zwei Geotextilschichten
- Sand, Betonit und ein Polymerwerkstoff.

Tonmatten eignen sich für nahezu alle Produkte. Zur wirksamen Abdichtung von Verbindungsstellen und Unebenheiten ist jedoch eine geeignete Auslegung erforderlich (siehe Abschnitt 4.1.6.1.8). Ferner kann eine unter einen Tank gelegte weiche Tonschicht eine Rotation des Tankgehäuses oder -bodens beim Sacken des Tanks verstärken und somit die Neigung zum Versagen der Bodenplatte verstärken. Ton neigt unter trockenen Bedingungen zu schrumpfen und reißen, so dass Maßnahmen zur Feuchterhaltung erforderlich sind. In einem trockenen Klima kann deshalb vorzugsweise eine Asphalt- oder Betondecke aufgetragen werden, obwohl auch hier sichergestellt werden muss, dass sich nicht im Laufe der Zeit Risse bilden.

Eine undurchlässige, flexible Membran, beispielsweise aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE) kann unter oberirdische Tankböden (Bauweise entweder mit dem Konus nach oben oder nach unten) gelegt werden. Bei der Konfiguration mit Konus nach oben ist ein externer Abfluss am Umfang des Tankfußes erforderlich, während bei der Konfiguration mit Konus nach unten ein Sammelbehälter unter der Tankfundamentmitte mit einem Ablaufrohr an einen externen Sumpf/Leckererkennungssystem erforderlich ist. Flexible Membranen können auch bei Tanks mit einem Betonringfundament verwendet werden.

Der Einbau flexibler Membranen hat keine Auswirkung auf die Tankkonstruktion. Ferner werden Aufbockarbeiten durch das Vorhandensein von Membranen meistens nicht behindert.

Der wichtigste Nachteil dieser Beschichtungstypen besteht darin, dass sie ausreichend abgedichtet werden müssen. Ferner muss nach einer Leckage bei der Beseitigung kontaminierter Stoffe unter dem Tank äußerste Vorsicht ausgeübt werden, damit die Membran nicht beschädigt wird, da sie sonst ersetzt werden müsste. Obwohl sich Membranen für nahezu alle Produkte eignen, können bei Tanks mit variierendem Inhalt Probleme wegen dem Membranwiderstand entstehen.

**Einsatz:** Alle Beschichtungssysteme sind mit Wartungs- und Prüfungsproblemen verbunden. Durch Leckagen erforderliche Stoffbeseitigungen und/oder Reparaturen des Primärsystems stehen immer mit der Schwierigkeit in Verbindung, dass die Integrität des Sekundärsystems nicht verletzt werden darf.

**Anwendungsbereich:** Diese Techniken eignen sich zwar für neu hergestellte Systeme, bei Nachrüstungen dagegen erweisen sie sich als sehr viel schwieriger in der Handhabung. Bei der Auswahl geeigneter Materialien für die Sperre spielen Fragen der Kompatibilität mit dem Lagerprodukt eine wichtige Rolle. Klimabedingungen (z.B. Gefrieren, große Temperaturschwankungen im Tagesablauf, sehr hohe Umgebungstemperaturen) können problematisch sein. Das Austrocknen von Lehmatten kann problematisch werden.

Vor jeder Installation eines Sperrsystems wird allgemein eine Risikobewertung durchgeführt (siehe auch Abschnitt 4.1.6.1.8).

**Sicherheitsaspekte:** Nach Auftreten eines Lecks kann die Exposition oder das unerkannte Risiko für Personal durch das Produkt ein Problem darstellen. Ausgetretenes brennbares Produkt stellt eine Feuergefahr da.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Bei der Nachrüstung undurchlässiger Sperren können medienübergreifende Probleme entstehen.

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenintensive Komponenten. Extrem hoch bei Nachrüstungen.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

#### 4.1.6.1.8. Tankwälle und Beschichtungssysteme

**Beschreibung:** Während Doppelböden oder undurchlässige Beschichtungen unter einem Tank gegen kleine aber hartnäckige Lecks schützen, sind Tankfarmwälle (oder -deiche) so konstruiert, dass sie große Austrittsmengen, wie sie etwa beim Bersten des Mantels oder bei einer großen Überfüllung auftreten, auffangen können. Der Zweck der Bewallung liegt nicht nur darin, Boden- und Gewässerverschmutzungen zu verhindern, sondern auch um:

- zu verhindern, dass brennbare Flüssigkeiten an Zündquellen gelangen,
- zu verhindern, dass Flüssigkeit in die Abwasser- oder Bewässerungssysteme gelangt, von wo aus sie zu unkontrollierten Zündquellen gelangen könnte,
- eine kontrollierte Rückgewinnung oder Behandlung des ausgetretenen Stoffes zu ermöglichen,
- die Oberflächengröße der Flüssigkeit zu minimieren, und somit ein eventuell auftretendes Feuer zu reduzieren
- eine Ausbreitung brennender Flüssigkeiten zu verhindern, durch die eine Gefahr für andere Anlagen, Personen oder beides Vorort ausgehen würde.

Der Wall besteht aus einer Wand, die um den Tank oder die Tanks herumläuft und eventuell ausgelaufenes Produkt im unwahrscheinlichen Fall eines Ereignisses umschließen kann. Der typische Wall besteht aus fest verdichteter Erde oder aus Stahlbeton. Das Volumen ist meistens so ausgelegt, dass der Inhalt des größten sich hinter dem Wall befindlichen Tanks aufgenommen werden kann.

Eine im wesentlichen undurchlässige Sperre innerhalb des Walls kann verhindern, dass das Produkt in den Boden eindringt. Bei dieser Sperre kann es sich um eine Vollsperre, die Wallboden und -wand abdeckt, oder um eine Teilsperre handeln, die um den Boden der Tankkörper herum ausgelegt ist. Eine Teilsperre ist so ausgelegt, dass sie das durch eine kleine Überfüllung oder durch geringfügige Lecks aus Tankventilen usw. ausgetretene Produkt aufnehmen kann.

Bei jeder Beschichtungsart muss stets ein Setzen des Tanks berücksichtigt werden, damit die Integrität des Tanks über das Betriebsleben des Tanks gewährleistet ist. In Laufe seiner Lebensdauer kann ein erhebliches Setzen des Tanks auftreten (z.B. > 1m bei großen Rohöltanks), insbesondere dann, wenn es sich bei den unterliegenden Böden um weiche Flusssedimente und Lehm handelt.

In Europa beruht der größte Teil der Gesetzgebung bezüglich Landverunreinigungen oder möglicher Landverunreinigungen auf Risikobetrachtungen. Risikobasierte Ansätze berücksichtigen die Bedeutung von gesundheitlichen oder umweltmäßigen Schädigungen und werden auf breiter Basis eingesetzt. Somit muss das Risiko von Tankemissionen beurteilt werden. Austretende Flüssigkeiten können abwärts in den Boden eindringen, und durch das Grundwasser können dann gelöste Komponenten des Produktes unter den Wall wandern. Die Neigung hierzu ist von der Art des Produktes, der Umgebungstemperatur und vom Bodentyp abhängig. Beim risikobasierten Ansatz werden normalerweise die folgenden sechs Schritte betrachtet:

- (1) Analyse der Freisetzungsmengen im Vergleich zur Freisetzungshäufigkeit; relativ gesehen, zeigen diese meistens eine höhere Wahrscheinlichkeit vieler kleiner Freisetzungen und eine niedrigere Wahrscheinlichkeit größerer Freisetzungen an;
- (2) Analyse der Wahrscheinlichkeit, dass eine Freisetzung in den Wallboden ohne Sperre eindringt - abhängig von Produktart, Umgebungstemperatur, Bodenart und Reaktionszeit in einem Notfall um das 'zugängige' freigesetzte Produkt zu bergen;
- (3) Kombination von (1) und (2) um zu ermitteln, mit welcher Wahrscheinlichkeit unterschiedliche 'Mengen' verschmutzten Bodens durch die Emissionen zu erwarten sind;
- (4) Betrachtung der durch die vorher ermittelten Verschmutzungsmengen verursachten Risiken für Rezeptoren - es wird der Verbleib und Transport untersucht, einschließlich der Möglichkeit, dass sich bestimmte organische Produkte unter bestimmten Bedingungen abbauen;
- (5) Wiederholung der Schritte (2) bis (4) für verschiedene Bedingungen für Sperren;

- (6) Empfindlichkeitsanalysen mit Abschätzung der Risikosignifikanz für verschiedene Kombinationen von Sperrern unterschiedlicher Ausdehnung sowie verschiedener Boden- und Produktarten, als Entscheidungshilfe.

**Einsatz:** Sachverhalte, die die Einsatzfähigkeit beeinflussen:

- Handhabung ausgetretener Flüssigkeit
- Ableitung des im Wall angesammelten Regenwassers
- mögliche Beschädigung der Bundbeschichtung durch Wartungsaktivitäten
- Wartung und Prüfung des Beschichtungssystems
- Reparatur der Beschichtung nach einer Beschädigung.

**Anwendungsbereich:** Umschließungen für Überlaufmengen eignen sich für neu errichtete Tanks. Eine Nachrüstung ist wegen der Abdichtung vorhandener Rohrleitungs-/Drainageinfrastrukturen schwieriger. Die Installation eines Umschließungssystems muss parallel mit Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Freisetzungen durch verbesserte betriebliche Systeme, Buchführung und Installation von Messinstrumenten und/oder Alarmen erfolgen.

Werden unterschiedliche Stoffe in ein und demselben Wall gelagert, muss die Kompatibilität möglicherweise freigesetzter Stoffe berücksichtigt werden, um Unfälle zu vermeiden; siehe Anhang 8.3. Klimabedingungen (z.B. Gefrieren, große Temperaturschwankungen im Tagesablauf, sehr hohe Umgebungstemperaturen) müssen eventuell berücksichtigt werden. Die Wahl des Sperrsystems kann durch einen risikobasierten Ansatz erfolgen. Dieser Ansatz eignet sich auch zwecks Information über den Umfang einer Sperre. Kosten/Nutzen-Betrachtungen können zeigen, dass es vorteilhaft ist, eine Sperre nur im tanknahen Bereich statt für den gesamten Wall zu errichten. Dadurch entsteht ein Schutz gegen möglicherweise häufiger auftretende aber kleinere Freisetzungen.

Ungeschützte Betonflächen, einschließlich wasserdichtem Beton, sind gegenüber chloriertem Kohlenwasserstofflösungsmittel nicht undurchlässig.

**Sicherheitsaspekte:** Ein wichtiger Aspekt nach einer Freisetzung ist die Exposition des Personals zum freigesetzten Produkt. Brennbare Flüssigkeiten stellen eine Feuergefahr dar. Durch die Beseitigung des freigesetzten Stoffes kann das Einschließungssystem beschädigt werden. Nach der Beseitigung des freigesetzten Stoffes muss die Sperre eingehend auf Unversehrtheit geprüft werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Es entsteht etwas Abfall und mögliche medienübergreifende Probleme. Für Wälle mit einer Sperre muss ein Ablaufsystem installiert werden, damit das aufgenommene Regenwasser abgeleitet werden kann, da dieses sonst in den Boden durchsickern würde. Bei Raffinerien ist es gute Praxis, dieses saubere Regenwasser von möglicherweise verschmutztem Regenwasser (z.B. aus einem Sammelrohrbereich oder aus Prozessbereichen) getrennt zu halten, so dass die von der Ölwasserreinigungsanlage zu bewältigende Wassermenge begrenzt wird.

**Wirtschaftlichkeit:** Hohe Kosten entstehen bei der Nachrüstung einer Sperre in einer bestehenden Tankfarm; die Kosten im Zusammenhang mit dem Bau neuer Tanks sind niedriger.

**Referenzliteratur:** [41, Concawe, 1999] [113, TETSP, 2001] [37, HSE, 1998] und UK Energy Institut: 'A risk-based framework for assessing secondary containment of hydrocarbon storage facilities, January 2005'.

### 4.1.6.1.9. Beschichtete Betonumschließung unter oberirdischen Tanks

**Beschreibung:** Werden Lösungsmittel mit Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) in Zusammenhang mit Betonumschließungen gelagert, ist ein Oberflächenschutz erforderlich, mit dem Kapillarrisie versiegelt und undurchlässig gemacht werden. Für CKW-sichere Beschichtungen ist wiederum ein Beton geeigneter Qualität erforderlich. CKW-sichere Beschichtungen basieren auf:

- Phenolharzen oder
- Furanharzen.

Ferner hat auch eine Form Epoxidharz („Concretin“) die strengen Prüfungen für CKW-sichere Beschichtungen bestanden.

**Einsatz:** Furanharzbeschichtungen können chemische Modifikatoren enthalten, die durch Verbesserung der Plastizität Rissbildungen verhindern. Modifikatoren führen jedoch zu einer verringerten chemischen Beständigkeit, ein wichtiger Faktor im Zusammenhang mit Methylenchlorid. Wegen ihrer begrenzten Plastizität können Furanharze nicht als Dichtungsmaterialien verwendet werden. Um eine ausreichende Beständigkeit zu erreichen, müssen Phenol- oder Furanharze mit Glasfasermatten kombiniert werden. Um Risse im Beton zu füllen und abzudecken, sind elastische Zwischenschichten erforderlich, beispielsweise:

- Elastomerschichten (z.B. Polyisobutylen und mehrere Gummiprodukte)
- Schichten auf Bitumenbasis
- so genannte Flüssigfolien, die auf den Beton gegossen werden und nach der Aushärtung eine elastische Schicht (z.B. Polyurethan) bilden.

Die CKW-undurchlässige Beschichtung wird dann oben auf die elastische Zwischenschicht aufgetragen. Bei Bedarf kann als Schutz gegen erhebliche mechanische Abnutzung eine Abdeckung aufgetragen werden, z.B. Ziegel in einem Mörtelbett.

**Anwendungsbereich:** Diese Technik wird allgemein angewendet, wo CKW in einwandigen Tanks oder in Behältern gelagert wird.

**Referenzliteratur:** [156, ECSA, 2000]

#### 4.1.6.1.10. Oberirdische doppelwandige Tanks

**Beschreibung:** Bei doppelwandigen Tanks gibt es verschiedene Konstruktionen. Abbildung 4.9 zeigt eine Doppelwand außen, mit einem Abstand zur Innenwand von ca. 100 - 150 mm, eine Doppelwand neben der Innenwand und eine Doppelwand innerhalb des Tanks. Eine Doppelwand wird normalerweise in Kombination mit einem Doppelboden und einer Leckerkennung für die Lagerung brennbarer und nicht-brennbarer Stoffe verwendet, sowie für Stoffe, die nicht gefährlich sind bis hin zu Stoffen, die für Oberflächengewässer sehr gefährlich sind.

Bei einer außen befindlichen Doppelwand ist es wichtig, dass die Konstruktion ausreicht um dem Gesamtdruck einer vollen Umschließung stand zu halten. Eine innen befindliche Doppelwand stützt die Tankwand und erhöht die Gesamtstärke des Tanks.

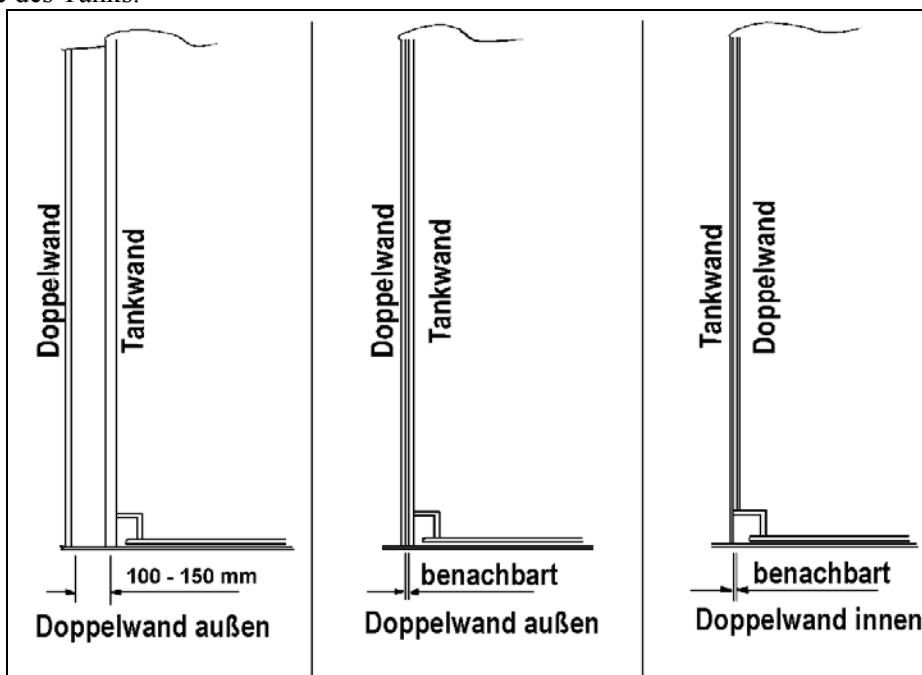


Abbildung 4.9: JPM doppelwandige Tanks, ein patentiertes System, [122, JPM Ingenieurstechnik GMBH, 2002]

**Einsatz:** Ein doppelwandiger Tank benötigt weniger Platz als beispielsweise ein Schalentank. Das patentierte System erfüllt die deutschen Regeln für die Lagerung von Löschmitteln. Durch den ‚Thermosflascheneffekt‘ isoliert die doppelte Haut beispielsweise bei der Drucklagerung. Die Prüfung und Wartung des Doppelwandzwischenraumes ist schwierig.

**Anwendungsbereich:** Dieser Tanktyp wird in Deutschland für brennbare und nicht-brennbare Stoffe verwendet, die für Oberflächengewässer von ungefährlich bis sehr gefährlich eingestuft sind.

**Sicherheitsaspekte:** Doppelwandige Tanks haben eine höhere Brandbeständigkeit als einwandige Tanks. Bei einem Brand kann es jedoch schwieriger sein, das Feuer zwischen der Doppelwand zu bekämpfen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Durch den isolierenden Effekt kann Energie gespart werden. Regenwasser wird daran gehindert, zwischen Doppelwand und Tankwand zu gelangen.

**Wirtschaftlichkeit:** Diese Technik ist teurer als das Nachrüsten bestehender Wallanlagen vorhandener Tanks, die Kosten sind aber sehr standortabhängig.

**Referenzliteratur:** [122, JPM Ingenieurtechnik GMBH, 2002] [175, TWG, 2003]

#### 4.1.6.1.11. Schalentanks

**Beschreibung:** Bei einem Schalentank wird ein zweiter Tank in einem Abstand von ca. 1.5 m um einen einwandigen Tank herum gebaut. Die Schale hat dabei die gleiche Stärke wie der Tank selbst und ist so ausgelegt, dass sie die ganze gelagerte Flüssigkeit aufnehmen kann. Ausrüstungen wie Pumpen und Ventile werden innerhalb der Schale eingerichtet, so dass Lecks aus dem Tank oder den Geräten nicht in den Boden gelangen können. Das in die Schale gelangende Regenwasser wird über ein oder mehr Ölabscheider entleert.

Diese Tankart wird zur Lagerung von Produkten wie Rohöl, Benzin und Haushaltsheizöl verwendet. Der Tank selbst kann mit einem drucklosen Doppelboden mit Leckerkennung ausgerüstet werden.

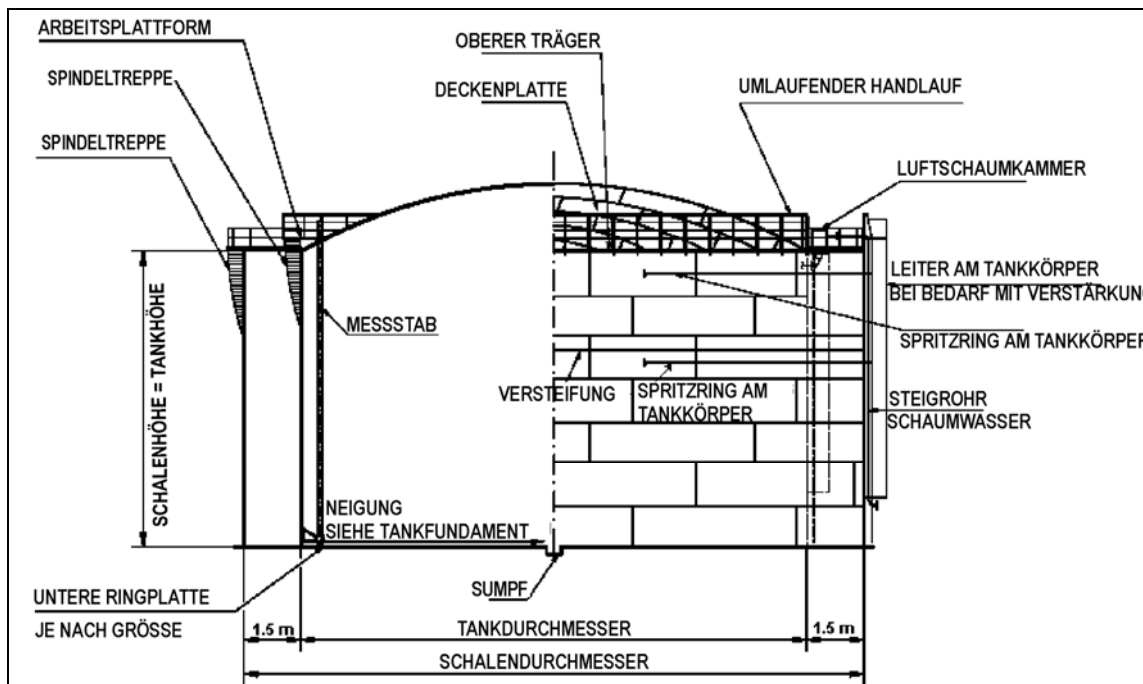


Abbildung 4.10: Beispiel eines Schalentanks [125, Oiltanking, 2002]



**Einsatz:** Schalentanks werden häufig verwendet, z.B. Gera in Deutschland, als Öltankterminal.

**Sicherheitsaspekte:** Berechnungen zur Wärmestrahlung zeigen, dass Schalentanks eine höhere Brandbeständigkeit als einwandige Tanks haben. Normalerweise werden (Benzin-)tanks mit einem Sprinklersystem ausgerüstet, um zu verhindern, dass sich Flammen eines benachbarten Feuers auf den Tank ausdehnen.

Da jeder Tank eine speziell für Lecks zugeordnete Umschließung besitzt, ist im Gegensatz zur Anordnung mehrerer einwandiger Tanks in einer einzigen Umschließung, die Frage über die Lagerung kompatibler Stoffe in derselben Umschließung überflüssig.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Das in die Schale eindringende Regenwasser ist verunreinigt und muss vor dem Ablassen behandelt werden.

**Referenzliteratur:** [124, Oiltanking, 2002] [123, Provincie Zeeland, 2002]

**4.1.6.1.12. Oberirdischer Doppelwand-Tank mit überwachter Bodenentleerung**

**Beschreibung:** Zur Vermeidung von Boden- und/oder Wasseremissionen werden zwei alternative Systeme verwendet: ‚einwandiger Tank in einer Grube oder einem Wall‘ oder ‚Doppelwand-Tank mit einer Leckerkennungs-vorrichtung‘. Um Lecks zu vermeiden, sollten Doppelwand-Tanks unterhalb des zulässigen Füllstandes keine Durchdringungen aufweisen; sie sind deshalb normalerweise mit einer Kopfentleerung ausgerüstet.

Eine Grube verhindert, dass Wasser durch eine Leckage verschmutzt wird, aber wegen der großen Oberfläche wird die Verdampfung - besonders der brennbaren Flüssigkeiten - beschleunigt, und explosive Vermischungsgrenzen können überschritten werden. Dies wird bei Doppelwand-Tanks nicht passieren.

Wegen dem Einsatz aufwändiger Mess- und Analysetechniken in Kombination mit einem ausfallsicheren System redundant angeordneter Abschaltventile, wurden horizontale und vertikale Doppelwand-Tanks mit Bodenauslass - ein patentiertes System - vom Deutschen Institut für Bautechnik zur Lagerung wasserunreinigender brennbarer und nicht-brennbarer Flüssigkeiten zugelassen.

Ein weiteres System zur Lagerung wasserunreinigender brennbarer und nicht-brennbarer Flüssigkeiten, mit einer vom Deutschen Institut für Bautechnik zugelassenen Bodenentleerung, umfasst einen Doppelwand-Stahl-tank mit zwei gleichzeitig sich schließenden und öffnenden Ventilen, über die die überwachte Bodenentleerung erfolgt. Siehe Abbildung 4.11: Die beiden Ventile hinter der Öffnung stellen die innere bzw. äußere Tankwand dar. Die Dichtigkeit der beiden Ventile im geschlossenen Zustand wird ständig mit einer Leckerkennungs-vorrichtung überwacht, zusätzlich zur Leckerkennung, die sich bereits in der sekundären Umschließung des Tanks selbst befindet. Das patentierte Doppelmantelventil wird in Abschnitt 4.2.9.7 beschrieben.

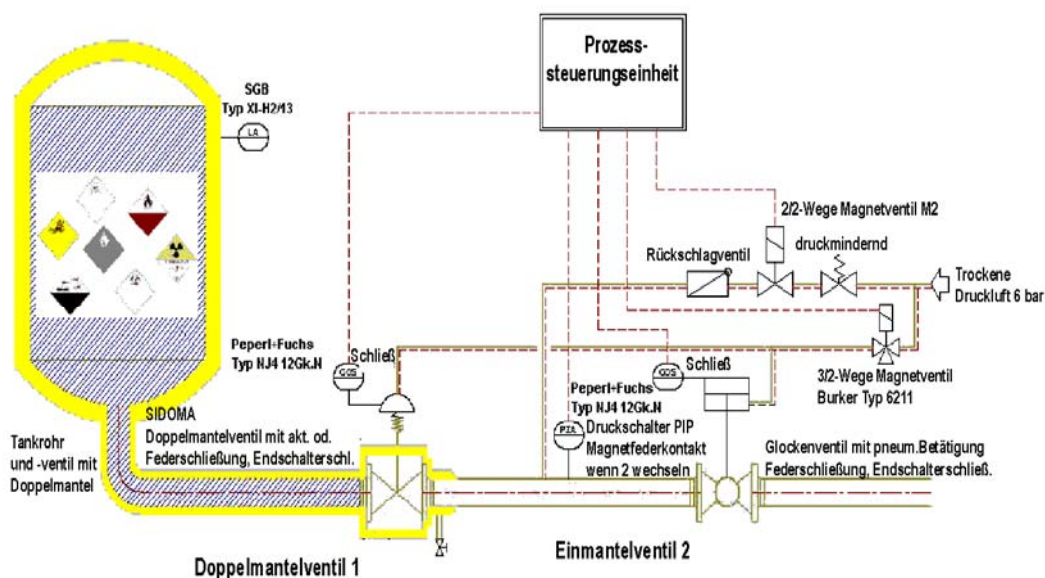


Abbildung 4.11: Doppelwandtank mit Bodenentleerung und patentiertem doppelmanteligem Ventil [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Anwendungsbereich:** Wird in Deutschland zur Lagerung von wasserverschmutzenden brennbaren und nicht-brennbaren Flüssigkeiten verwendet.

**Wirtschaftlichkeit:** Werden sämtliche Kosten für eine geeignete Grube und andere Schutzmaßnahmen eines einmanteligen Tanks berücksichtigt, wird ein Doppelwandtank mit Bodenauslass meistens weniger kostenaufwändig sein. Das Gleiche gilt für Wartung und Instandhaltung.

Beim Bau neuer Tanks ist das System mit dem Doppelventil billiger als ein vertikaler einwandiger Tank in einer geeigneten Grube, und kostenaufwändiger als ein vertikaler Doppelwand-Tank mit Kopfentleerung.

**Referenzliteratur:** [126, Walter Ludwig, 2001] [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

#### 4.1.6.1.13. Unterirdische Doppelwand-Tanks

**Beschreibung:** Abbildung 3.15 zeigt einen typischen Doppelwand-Tank. Tanks mit Benzin (mit MBTE) oder anderen Kraftstoffen sind meistens doppelwandig (oder einwandig mit einer Umschließung, siehe Abschnitt 4.1.6.1.14) und sind mit einer Leckerkennungsvorrichtung ausgerüstet.

**Einsatz:** Die Aufrüstung eines einwandigen Tanks zu einem Doppelwand-Tank ist nicht möglich.

**Anwendungsbereich:** Ob ein Doppelwand-Tank erforderlich ist, ist natürlich vom jeweils zu lagernden Stoff abhängig. Für Benzin mit MBTE, einem stark grundwasserverschmutzenden Stoff, ist ein Doppelwand-Tank (oder ein einwandiger Tank mit Umschließung) die in der Praxis häufigste Lösung; zur Lagerung von beispielsweise Propan oder Butan werden jedoch einwandige Lagertanks eingesetzt.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Das austretende Produkt könnte recycelt oder ansonsten ordnungsgemäß entsorgt werden.

**Referenzliteratur:** [18, UBA, 1999] [132, Arthur D. Little Limited, 2001]

#### 4.1.6.1.14. Unterirdische einwandige Tanks mit Sekundärumschließung

**Beschreibung:** Eine Alternative zu dem im Abschnitt 4.1.6.1.13 beschriebenen Doppelwand-Tank ist, dass der einwandige Tank mit einer Sekundärumschließung und zusätzlicher Leckerkennung zur Überwachung auf eindringende Flüssigkeit in die Umschließung ausgerüstet wird. Um Lecks zu verhindern, wird die Sekundärumschließung mit einem undurchlässigen Material beschichtet. Die Sekundärumschließung hat dieselbe Höhe wie der maximale Flüssigkeitsstand des Tanks, wobei auch schon von Gesamtkapazitäten der Umschließung berichtet worden ist, die um 25 % höher sind als die des jeweiligen Tanks.

**Einsatz:** Eine Nachrüstung an einem bestehenden einwandigen Tank ist möglich.

**Anwendungsbereich:** Ob eine Umschließung erforderlich ist, ist natürlich vom jeweils zu lagernden Stoff abhängig. Für Benzin mit MBTE, einem stark grundwasserverschmutzenden Stoff, ist eine Umschließung (oder ein Doppelwand-Tank) eine in der Praxis angewendete Lösung.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Das austretende Produkt könnte recycelt oder ansonsten ordnungsgemäß entsorgt werden.

**Referenzliteratur:** [132, Arthur D. Little Limited, 2001] [114, UBA, 2001]



#### 4.1.6.2. Brandschutz-, Feuerlöschhausrüstung und Umschließung

##### 4.1.6.2.1. Feuergefährdete Bereiche und Zündquellen

**Beschreibung:** In bestimmten Bereichen können brennbare Atmosphären entstehen, entweder beim normalen Betrieb oder durch Unfälle oder Lecks. Diese Bereiche werden als Gefahrenbereiche bezeichnet, und es sind Maßnahmen erforderlich, um solche Bereiche zu verhindern oder zumindest um den Eingang von Zündquellen zu kontrollieren. Die Klassifizierung solcher Bereiche ist eine Möglichkeit Bereiche zu kennzeichnen, in denen brennbare Konzentrationen von Gasen oder Dämpfen vorhanden sein können. Diese Bereiche werden in drei Zonenklassen unterteilt, deren Definition in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben wird:

Zone	Definition
Zone 0	Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
Zone 1	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln wahrscheinlich bilden kann.
Zone 2	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

**Tabelle 4.8: Definition der Zonen**  
[37, HSE, 1998]

Ausführlichere Informationen hierzu sind der Richtlinie 1999/92/EG (ATEX Direktive) über die Mindestanforderungen zur Verbesserung der Gesundheit und der Sicherheit von Arbeitern, die durch explosive Atmosphären einem möglichen Risiko ausgesetzt sind.

Maßnahmen gegen explosive Gasmischungen:

- verhindern, dass über der gelagerten Flüssigkeit ein Dampf-/Luftgemisch entsteht, z.B. mit einem Schwimmdach
- die Sauerstoffmenge über der gelagerten Flüssigkeit reduzieren, z.B. durch Austausch mit einem Inertgas (Schutzgasabdeckung)
- die Flüssigkeit bei einer sicheren Temperatur lagern um zu verhindern, dass das Gas-/Luftgemisch die Explosionsschwelle erreicht.

Im nächsten Schritt werden die Zonen in einen Plan eingetragen. Dieser kann dann benutzt werden, um zu verhindern, dass Zündquellen in diese Bereiche eingeführt werden. Zu den üblichen Zündquellen zählen:

- ungeschützte elektrische Geräte
- offene Flammen einschließlich Schweiß- und Schneidegeräten
- rauchende Materialien
- Fahrzeuge (oder Dampfverarbeitungsanlagen) mit Verbrennungsmotoren
- heiße Flächen
- Wärme durch Reibung oder durch Funkenbildung
- statische Elektrizität.

Im Allgemeinen kann statische Elektrizität durch folgende Maßnahmen verhindert oder verringert werden, z.B.:

- eine niedrige Geschwindigkeit der Flüssigkeit im Tank
- Zusatz antistatischer Mittel, zur Steigerung der elektrischen Leitfähigkeitseigenschaften der Flüssigkeit.

**Referenzliteratur:** [3, CPR, 1984] [37, HSE, 1998]

#### 4.1.6.2.2. Brandschutz

**Beschreibung:** Um bei einem Brand eine gegenseitige Beeinflussung zwischen Tanks zu verhindern, ist es gängige Praxis, einen ausreichenden Abstand zwischen Tanks, Zäunen und Gebäuden einzuhalten. Als Hilfestellung hierzu gibt es mehrere nationale Richtlinien für Abstände, die als sicher eingestuft werden; als Beispiel siehe Anhang 8.18.

Es kann erforderlich sein, Brandschutzmaßnahmen dort bereitzustellen, wo die Lagerbedingungen weniger als ideal sind, beispielsweise dort, wo ein ausreichender Abstand nicht erreicht werden kann. Brandschutz kann beispielsweise mit folgenden Mitteln erreicht werden:

- Feuerfeste Umhüllung oder Beschichtung;
- Brandschutzwände (nur für kleine Tanks);
- Kühlwassersysteme.

Um zu verhindern, dass ein Tank in sich zusammenfällt, ist es wichtig - z.B. durch eine Isolierung und/oder durch Sprühflutanlagen - zu verhindern, dass die Tankstützen überhitzt werden.

**Referenzliteratur:** [3, CPR, 1984] [28, HMSO, 1990, 37, HSE, 1998]

#### 4.1.6.2.3. Brandbekämpfungseinrichtungen

**Beschreibung:** Die für Großlager mit brennbaren Flüssigkeiten verwendeten Brandbekämpfungsvorrichtungen sind von der Menge und Art der Flüssigkeit sowie von den Lagerbedingungen abhängig. In den Mitgliedstaaten werden unterschiedliche sehr ausführliche Richtlinien angewendet, und eine Betrachtung dieser Einzelheiten würde den Umfang dieses Dokumentes sprengen. In diesem Abschnitt werden nur allgemeine Prinzipien angesprochen. Die Entscheidung über ein ausreichendes Maß an Brandschutzvorrichtungen muss im Einzelfall und in Absprache mit der örtlichen Feuerwehr entschieden werden.

Trockenpulver- oder Schaumlöschgeräte eignen sich für die Bekämpfung von Bränden aus kleinen Lecks brennbarer Flüssigkeiten. CO<sub>2</sub>-Löschgeräte werden bei elektrischen Bränden eingesetzt. Als gute Praxis empfiehlt es sich, Löschgeräte in Gruppen oder paarweise einzurichten, um gegen Geräteversagen vorzubeugen.

Zu den Maßnahmen zur Bekämpfung größerer Brände zählen die Bereitstellung einer ausreichenden Wasserversorgung für die Feuerwehr und zur Kühlung von Tanks in der Nähe eines Brandes.

Feste Wassersprühvorrichtungen oder tragbare Überwachungsvorrichtungen sind vorteilhaft, sie werden aber normalerweise nur dort eingesetzt, wo die Lagerbedingungen weniger als ideal sind, beispielsweise dort, wo ein ausreichender Abstand nicht erreicht werden kann.

**Referenzliteratur:** [37, HSE, 1998] [3, CPR, 1984]

#### 4.1.6.2.4. Umschließung kontaminierter Löschmittel

**Beschreibung:** Es können große Mengen Löschwasser entstehen; durch Auffangvorrichtungen oder spezielle Ablasssysteme kann das Verschmutzungsrisiko für örtliche Wasserwege minimiert werden. Die Möglichkeit zur Umschließung kontaminierter Löschmittel hängt von den örtlichen Bedingungen ab, so etwa davon, welche Stoffe gelagert werden und ob das Lager sich in der Nähe von Wasserläufen und/oder einem Wassereinzugsgebiet befindet. Es folgen zwei Beispiele aus [28, HMSO, 1990], wo im Vereinten Königreich eine vollständige Umschließung erforderlich ist:

- ein Tank mit Toluoldiisocyanat befindet sich in voll umschließenden Wällen, die von den Abwasserabläufen vollkommen getrennt sind
- ein Tank mit Vinylchloridmonomer muss gegen Überhitzung und Kollabierung geschützt werden, und ist deshalb isoliert und/oder mit einer Wasserüberflutungsanlage ausgerüstet. Der Tank befindet sich in einem Umschließungsbereich mit Wänden, die weniger als 1 m hoch sind, so dass sich keine Dämpfe ansammeln können, und mit einer Neigung, so dass ausgelaufene Flüssigkeit nicht unter dem Tank bleibt. Der Umschließungsbereich kann auch Löschwasser zurückhalten.

Eine solche Sammelvorrichtung kann gegebenenfalls und wenn z.B. Dampfsammlung kein Problem darstellt, aus einem Tank bestehen, wobei dieser Tank dann deutlich gekennzeichnet wird, um ihn von den Produktlagertanks zu unterscheiden. Ein Beispiel hierzu befindet sich am Öltankterminal in Kotka, Finnland.

**Einsatz:** Eine geeignete Umschließung für kontaminiertes Löschmittel erfordert eine professionelle technische Ausführung.

**Anwendungsbereich:** Umschließungen können sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt werden; sie finden europaweit Anwendung. Es ist jedoch zu beachten, dass sich für bestimmte Produkte die jeweiligen Regelungen in den Mitgliedstaaten unterscheiden.

**Sicherheitsaspekte:** Durch die Umschließung eines freigewordenen Produkts kann das Risiko einer Brandausbreitung verringert werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Kontaminiertes Löschmittel ist ein Abfall der, je nach Art der Kontaminierung, behandelt und/oder entsorgt werden muss. Biologische Behandlung und Verbrennung sind mögliche Optionen.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden.

**Referenzliteratur:** [28, HMSO, 1990] [37, HSE, 1998] [175, TWG, 2003]

#### 4.1.7. ECM für Lagertanks – Ereignisse und (größere) Unfälle

Beim Lagern von verpackten gefährlichen Stoffen entweicht im Normalbetrieb nichts. Die einzige Möglichkeit von Emissionen besteht bei Ereignissen und (größeren) Unfällen. Es gibt drei Hauptereignisse die, individuell oder zusammen genommen, die Gefahr in sich bergen, erhebliche Verletzungen oder Schäden zu verursachen. Tabelle 4.9 stellt diese Ereignisse dar und nennt Beispiele, wie sie entstehen könnten.

Ereignis	Beispiele, die das Ereignis auslösen
Brand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zündung nach einer Freisetzung oder Austritt</li> <li>• Selbstzündung</li> <li>• Brandstiftung</li> <li>• elektrische Fehler - Heizungen, Kochherde, Motoren usw.</li> <li>• gefährliche Aktivitäten - Schweißen, Schrumpferpacken, Rauchen, Laden von Batterien usw.</li> <li>• externe Ereignisse - Blitzeinschlag, Stoß, Brand auf benachbartem Grundstück</li> </ul>
Explosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brand</li> <li>• Freisetzungen inkompatibler Chemikalien oder brennbarer Stoffe</li> </ul>
Austritt gefährlicher Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versagen der Umschließung</li> <li>• Stoß durch Fahrzeuge oder andere Gegenstände</li> <li>• Bedienfehler - beim Füllen, Entleeren, usw.</li> </ul>

**Tabelle 4.9: Die wichtigsten Gefahrenereignisse bei der Lagerung verpackter Gefahrenstoffe [35, HSE, 1998]**

Zu den möglichen Emissionskontrollmaßnahmen gehören nicht nur bestimmte Bauweisen und technische Konstruktionen sondern auch 'good management practice' (gute Managementpraktiken) und Betriebsverfahren; diese werden in den nachfolgenden Abschnitten behandelt.

#### 4.1.7.1. Sicherheit und Risikomanagement

**Beschreibung:** Die Lagerung gefährlicher verpackter Stoffe kann auch unter den Geltungsbereich der Seveso II Direktive (Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen) fallen. Siehe Abschnitt 4.1.6.1, der sich auch für die Lagerung gefährlicher Stoffe in Behältern eignet.

Normalerweise wird eine Person (z.B. ein leitender Mitarbeiter) für den sicheren Lagerbetrieb verantwortlich gemacht; diese Verantwortung beinhaltet u.A. die Identifikation, Beurteilung, Handhabung und Lagerung sämtlicher gefährlicher Güter am Standort. Zur sicheren Lagerung gefährlicher Stoffe ist eine ausreichende Schulung und Kenntnisse über die Eigenschaften dieser Stoffe unumgänglich. Personen, die für den Betrieb des Lagers verantwortlich sind, benötigen eine spezielle Schulung für Notfallverfahren, und eine regelmäßige Nachschulung wird normalerweise erforderlich. Weitere Mitarbeiter am Standort müssen über die Risiken der Lagerung verpackter gefährlicher Stoffe sowie über die erforderlichen Maßnahmen zur sicheren Lagerung unterschiedlich gefährlicher Stoffe informiert werden.

Normalerweise werden schriftliche Betriebsanweisungen entwickelt, die dann als Basis für die Schulung des Personals herangezogen werden. Sie können Folgendes enthalten:

- die Art der gefährlichen Güter, die gelagert werden, ihre Eigenschaften, Inkompatibilitäten und Gefahren, einschließlich Gefahrenkennzeichnungen und ein Verständnis über den Inhalt von Sicherheitsdatenblättern für Stoffe
- allgemeine Verfahren zur sicheren Handhabung
- (Benutzung von Schutzkleidung) und Verfahren zum Umgang mit Lecks und Verschüttungen
- Haushaltung und Buchführung über die gelagerten Stoffe
- Berichterstattung über Fehler und Störfälle, einschließlich kleiner Lecks und Verschüttungen
- Notfallverfahren, einschließlich Alarmauslösung und Benutzung von Brandbekämpfungsvorrichtungen.

**Einsatz:** Das oben beschriebene Level und Ausführlichkeit der Betriebsanweisungen sind von dem gelagerten Stoff, der jeweils dargestellten Gefahr und dem Standort der Lagerung abhängig. Die gemeinsame Lagerung von Waren, die mehrere Risiken darstellen, ist eine Hochrisikoaktivität, die Managementbetrachtungen auf hoher Ebene und intensiv geschultes Personal erfordert.

**Anwendungsbereich:** Wird überall in Europa eingesetzt.

**Referenzliteratur:** [35, HSE, 1998]

#### 4.1.7.2. Konstruktion sowie Be- und Entlüftung

**Beschreibung:** Abbildung 4.12 zeigt die allgemeine Anordnung eines externen Lagerbereiches für Behälter; Abbildung 4.13 und Abbildung 4.14 zeigen die allgemeine Anordnung der Lagergebäude. Mehrere Normen gelten für die korrekte Konstruktion von Lagergebäuden und Lagerzellen. Gehäuse werden nicht angesprochen.

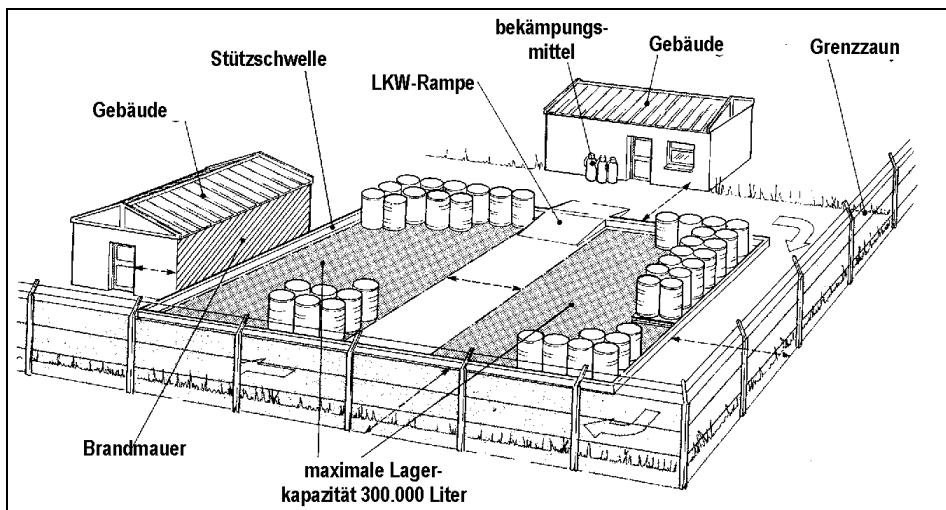


Abbildung 4.12: Allgemeine Anordnung eines externen Lagerbereiches für Behälter [36, HSE, 1998]

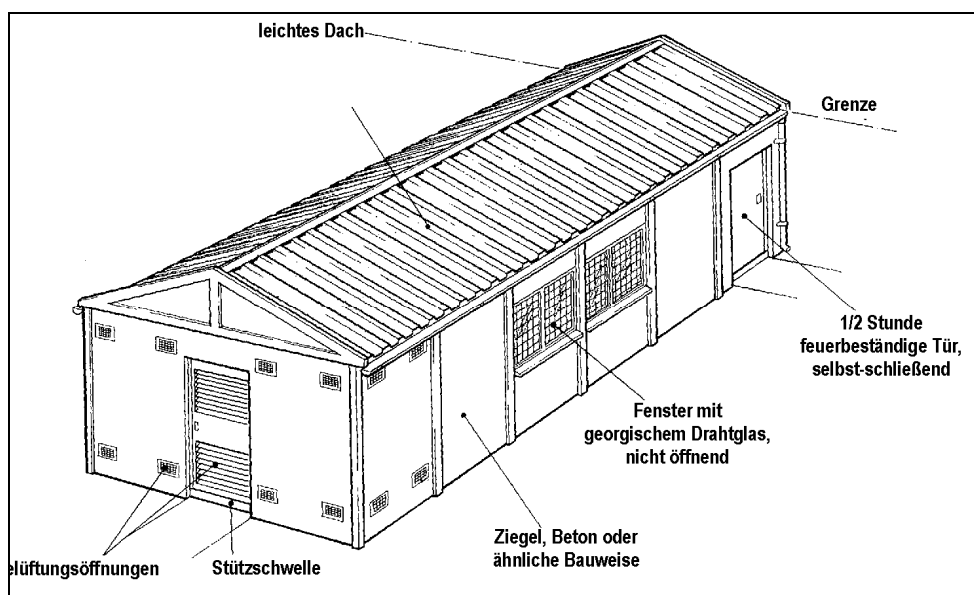


Abbildung 4.13: Beispiel eines feuerbeständigen externen Lagergebäudes [36, HSE, 1998]

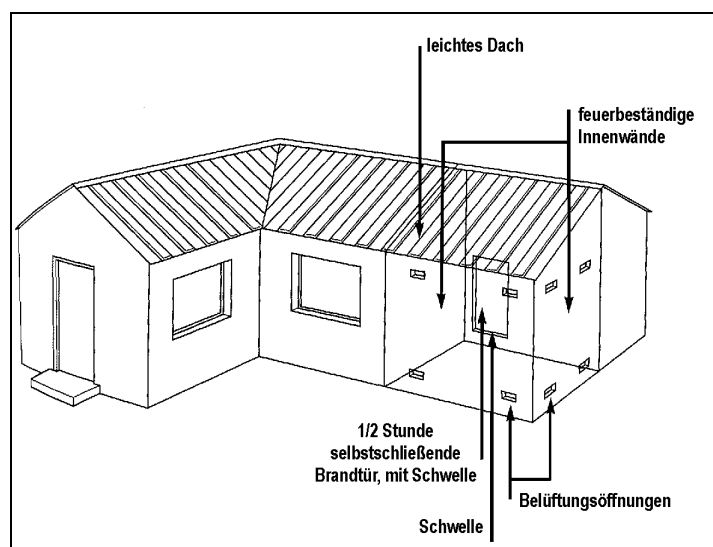


Abbildung 4.14: Beispiel eines internen Lagergebäudes [36, HSE, 1998]

### **Lagergebäude und -bereiche**

Der Boden des Gebäudes ist aus nicht-brennbarem Material, ist flüssigkeitsdicht und gegenüber den gelagerten Stoffen beständig. Außer einer Vorrichtung zur Aufnahme bzw. zur kontrollierten Entleerung von Löschmittel oder freigesetzten Stoffen besitzt das Gebäude keine Öffnungen, die direkt in eine Kanalisation oder ein Oberflächengewässer führen. Die Böden, Wände und Schwellen eines Lagergebäudes haben flüssigkeitsdichte Reservoirs, die im Abschnitt 4.1.7.5 behandelt werden. Der Boden eines Lagergebäudes (oder -bereiches), in dem Gase mit einem spezifischen Gewicht höher als Luft gelagert werden, hat das gleiche Niveau wie das der umliegenden Gebäude.

Lagergebäude haben normalerweise ein Dach aus leichten Materialien. Das Dach wirkt somit als Explosionsentlastung, während die Struktur des restlichen Gebäudes intakt bleibt. [36, HSE, 1998] Statt eines Leichtbaudaches kann eine Sollbruchstelle an einer anderen Position bereitgestellt werden, die allerdings so positioniert werden muss, dass die Umgebung bei einer Explosion nicht gefährdet oder beschädigt werden kann. Eine Alternative zur Explosionsentlastung ist eine mechanische Saugventilation, die jedoch standortbedingt konstruiert werden muss.

Um in einem Gebäude oder einem Lagerbereich den Aufbau gefährlicher Konzentrationen brennbarer Dämpfe zu vermeiden, muss der Raum ausreichend belüftet werden. Bei im Freien gelagerten Behältern werden Dämpfe durch die natürliche Belüftung wirksam zerstreut, und Lecks oder Freisetzungen werden schnell erkannt. In einem Lagergebäude ist die Anzahl der Luftwechsel im Raum abhängig von den Eigenschaften des gelagerten Stoffes und der Anordnung des Raumes. Werden beispielsweise Materialien in Pulverform gelagert, muss mindestens ein Luftwechsel pro Stunde stattfinden. Bei (leicht) entzündbaren Flüssigkeiten und leicht flüchtigen giftigen Stoffen sind mindestens vier bis fünf Luftwechsel pro Stunde erforderlich. In feuerfest konstruierten Trennwänden werden normalerweise keine Lüftungsöffnungen installiert. Wo dies jedoch unvermeidbar ist, müssen die Öffnungen so konstruiert werden, dass sie im Brandfall automatisch schließen. Obwohl verschiedenen Normen Empfehlungen zu Lüftungsprinzipien und der Konstruktion (natürlicher) Lüftungssysteme in Gebäuden entnommen werden können, muss normalerweise der Rat eines kompetenten Lüftungsspezialisten eingeholt werden.

Zum Schutz eines Außenlagers vor direkter Sonneneinstrahlung und Regen, kann das Lager überdacht werden; in einigen Fällen kann der Bau eines Daches jedoch strukturelle Probleme bereiten oder Feuerbekämpfungsmaßnahmen behindern. Im Vergleich mit Innenlagern ist es für Außenlager besonders wichtig, dass alle Verpackungen gefährlicher Materialien gegen jede Art Wetter beständig sind.

Um in einem Außenlager eine ausreichende Belüftung zu gewährleisten, werden Brandwände normalerweise nur auf einer Seite des Behälterstapels vorgesehen.

### **Lagerzellen**

Böden, Wände und Trennwände zur Unterteilung werden aus nicht-brennbaren Materialien gefertigt und sind gegenüber den gelagerten Stoffen beständig. An einer bestimmten Stelle der Lagerzelle wird eine Sollbruchstelle eingefügt, die so ausgelegt ist, dass sie bei einer Explosion kollabiert, während der Rest der Lagerzelle intakt bleibt.

Um in Lagerzellen die Ansammlung gefährlicher Konzentrationen brennbarer Dämpfe zu verhindern, muss eine Zelle mit diametral gegenüberliegenden Belüftungsöffnungen ausgestattet werden, die eine bodennah in einer Wand (jedoch oberhalb des flüssigkeitsdichten Reservoirs) und die zweite oben in der Wand oder im oberen Deckel. Es werden Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass brennbare Flüssigkeiten von außen durch die Belüftungsöffnungen entzündet werden können, z.B. durch selbstschließende Bauweise.

**Einsatz:** Ein Freilager ist leichter zu betreiben, weil es natürlich belüftet wird, Lecks oder Freisetzungen schneller erkannt werden und eine einfachere Bauweise hat als ein Lagergebäude.

**Anwendungsbereich:** Gebäude, Zellen und Außenlager werden europaweit verwendet. Ein Außenlager ist einfacher zu errichten, benötigt aber mehr Platz als ein Gebäude oder eine Lagerzelle.

Lagerzellen werden normalerweise zur Lagerung kleinerer Mengen gefährlicher Stoffe bis 2.500 Kilo oder Liter verwendet.



**Sicherheitsaspekte:** Für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe ist eine gute Konstruktion und Belüftung notwendig.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Eine natürlich belüftete Lagereinrichtung benötigt weniger Energie als zwangsbelüftete Alternativen.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden.

**Referenzliteratur:** [7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998, 45, Vlaanderen, ]

#### 4.1.7.3. Strategien für Trennung

**Beschreibung von Außenlageranlagen** Es ist gute Praxis, brennbare Flüssigkeiten deutlich entfernt von anderen Prozessen und allgemeinen Lagerbereichen zu lagern. Ein physikalischer Abstand ist dabei am besten, aber alternativ kann auch eine physikalische Barriere oder eine Trennwand verwendet werden. Die empfohlenen Mindestabstände sind von der Menge der gelagerten Flüssigkeit abhängig. Die in der Tabelle 4.10 genannten Abstände werden im Vereinigten Königreich als 'gute Praxis' bezeichnet und sind von der Industrie allgemein angenommen worden.

Im Freien gelagerte Menge in Litern	Abstand (in Metern) von benutzten Gebäuden, Grenzen, Prozesseinheiten, Lagertanks für brennbare Flüssigkeiten oder festen Zündquellen
bis zu 1.000	2
1.000 – 100.000	4
über 100.000	7,5

*Hinweise:*

- 1) die maximale Stapelgröße beträgt 300.000 Liter mit mindestens 4 Metern zwischen den Stapeln
- 2) Behälter werden nicht innerhalb eines Tankwalles zur festen Lagerung brennbarer Stoffe gelagert und auch nicht innerhalb von einem Meter von der Tankwallwand

**Tabelle 4.10: Mindesttrennabstände eines Außenlagers mit brennbarer Flüssigkeit [36, HSE, 1998]**

Als zusätzliche Schutzmaßnahmen können passive Vorrichtungen, z.B. eine Brandwand, oder aktive, z.B. eine Sprühflutanlage - beispielsweise Sprinkler oder Monitore verwendet werden. Wo solche Maßnahmen eingesetzt werden, könnte eine Verringerung der o.g. Mindesttrennabstände gerechtfertigt sein.

Im Vereinigten Königreich wird eine Brandwand als undurchlässige Wand, Abschirmung oder Trennwand beschrieben, die mindestens 30 Minuten einen Feuerwiderstand leistet. Sie schützt Behälter oder brennbare Flüssigkeiten von den Einflüssen der Strahlungswärme eines nahe liegenden Brandes. Ferner kann für brennbare Flüssigkeiten oder für aus einem Behälter leckende Dämpfe durch eine Brandwand ein ausreichender Ausbreitungsabstand von Gebäuden, Grenzen, Zündquellen usw. erreicht werden. Es werden hierfür Beton-, Mauerwerk- oder Ziegelsteinkonstruktionen verwendet. In den Niederlanden werden feuerbeständige Türen, Luken und Fensterkonstruktionen gemäß der Niederländischen NEN-Norm bestimmt. Und als letztes Beispiel sei eine Brandwand in Flandern, Belgien erwähnt, die aus mindestens 18 cm starkem Mauerwerk oder mindestens 10 cm starkem Beton, oder aus einem anderen Material, dass mit einer entsprechenden Stärke die gleiche Feuerbeständigkeit erreicht, hergestellt wird.

Abbildung 4.15 zeigt Trennabstände für leichtentzündliche Flüssigkeiten in Fässern und ähnlichen beweglichen Behältern, die im Freien gelagert werden.



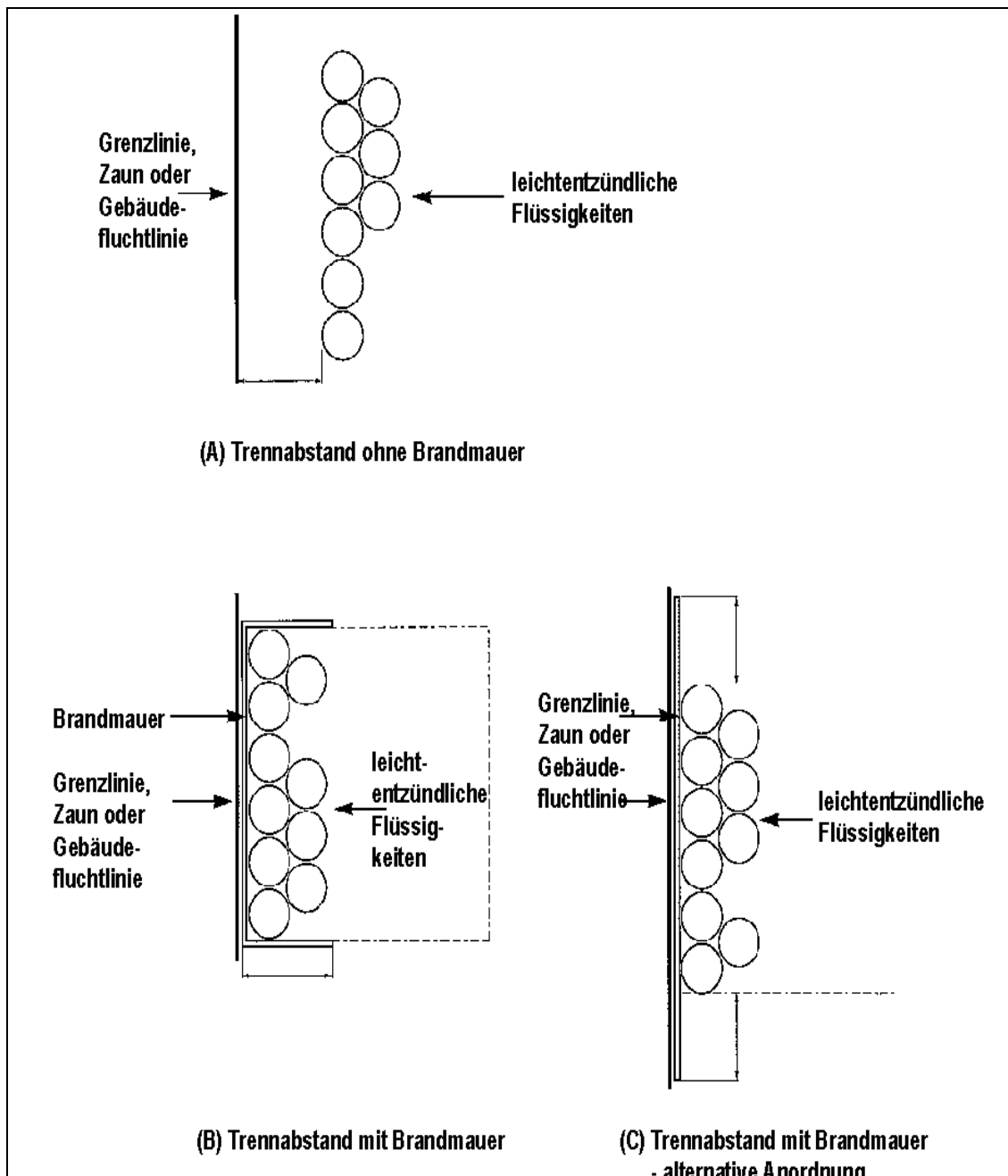


Abbildung 4.15: Trennabstände für leichtentzündliche Flüssigkeiten in Fässern und ähnlichen beweglichen Behältern, die im Freien gelagert werden (Draufsicht) [36, HSE, 1998]

In den Niederlanden beträgt der einzuhaltende Mindestabstand zwischen einem Außenlager für gefährliche Stoffe oder Pestizide mit einer Kapazität von mehr als 10 Tonnen zu brennbarer Vegetation und Lagern mit entzündbaren Stoffen 10 Meter. Zu anderen gelagerten Gütern beträgt der Mindestabstand 3 Meter; dieser Abstand kann auf 2 Meter reduziert werden, wenn die Brandwand eine Feuerbeständigkeit von mindestens 60 Minuten hat.

Für die Lagerung verpackter gefährlicher Stoffe unter 10 Tonnen gelten in den Niederlanden folgende Abstände:

Menge des gelagerten gefährlichen Stoffes, chemischen Abfalls oder Pestizids in Kilo oder Liter	Abstand zur Werksgrenze (m)	Abstand zu Gebäuden, die Teil der Anlage bilden (m)
bis zu 1.000	3	5
mehr als 1.000	5	10

*Anmerkung: Der Geltungsbereich der Referenzen [7, CPR, 1992] und [8, CPR, 1991] beschränkt sich auf folgende Stoffkategorien:*

- Oxidantien, mit Ausnahme von organischen Peroxiden und Stickstoffdüngern
- leichtentzündliche Stoffe, mit Ausnahme von Stoffen, die unter normalen Temperaturen und ohne Energiezufuhr eine Temperaturerhöhung erfahren und schließlich entzünden können; Stoffe, die in Gasform, bei Normaldruck, in Luft brennbar sind oder Stoffe, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft, leichtentzündliche Gase in gefährlichen Mengen bilden
- brennbare Stoffe
- sehr giftige Stoffe
- giftige Stoffe
- ätzende Stoffe
- schädliche Stoffe
- Reizstoffe

**Tabelle 4.11: Mindesttrennabstände eines Außenlagers mit gefährlichen Stoffen [7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991]**

Die in der Tabelle 4.11 genannten Abstände können durch die Errichtung einer Brandmauer oder einer ähnlichen Vorkehrung verringert werden.

Der Abstand zwischen einem Außenlager mit mehr als 1.000 Kilogramm oder Liter eines leichtentzündlichen gefährlichen Stoffes, chemischen Abfalls oder Pestizids und einem anderen beträgt normalerweise mindestens 15 Meter. Dieser Abstand kann ebenfalls durch die Errichtung einer Brandmauer oder einer ähnlichen Vorkehrung verringert werden.

In Flandern werden auch Richtlinien bezüglich sicherer Abstände und sicherer Kombinationen für die Lagerung von Gasen in Außenlagerbereichen entwickelt. Die Abstände sind von der Gasart und der gelagerten Menge abhängig und liegen im Bereich zwischen 2 und 7,5 Metern. Auch hier kann dieser Abstand durch die Errichtung einer Brandmauer reduziert werden. Siehe Tabelle 8.32 im Anhang 8.17.

**Beschreibung von Lagergebäuden** Für externe Lagergebäude mit brennbaren Flüssigkeiten gelten im Vereinigten Königreich die gleichen Abstände, die in Tabelle 4.10 genannt werden. Der Einsatz einer Brandmauer kann für jedes Gebäudeteil in Betracht gezogen werden, das sich innerhalb der Trennabstände zur Grenze oder zu einem anderen Gebäude befindet, nämlich:

- die Wand des Gebäudes auf der Grenzseite kann eine Brandmauer sein, und
- es können entweder die Wände des Gebäudes, die bei einem Abstand von mindestens 4 Metern von der Grenze im rechten Winkel zur Grenze stehen Brandwände sein, oder die Brandwand erstreckt sich mindestens 4 Meter entlang der Grenze beidseitig über das Lager hinaus.

Durch die Konstruktion des Lagers als feuerbeständiges Gebäude, das eine Feuerbeständigkeit von 30 Minuten aufweist, können diese Abstände reduziert werden. Abbildung 4.13 und Abbildung 4.14 zeigen Beispiele eines externen bzw. eines internen feuerbeständigen Lagergebäudes. Die Wände des Lagers, die Teil einer anderen Einrichtung bilden, sind normalerweise für eine Feuerbeständigkeit von 60 Minuten ausgelegt.

In Flandern gelten dieselben Abstände für einen Außenlagerbereich oder ein Lagergebäude, in dem Gasflaschen gelagert werden. Diese Abstände können durch die Errichtung einer Brandmauer reduziert werden. Siehe Tabelle 8.31 im Anhang 8.17.

Werden mehr als 10 Tonnen gefährliche Stoffe oder Pestizide in einem Gebäude mit einer Brandmauer mit einer Feuerbeständigkeit von mindestens 10 Minuten gelagert, beträgt der in den Niederlanden bestimmte Abstandswert zu brennbarer Vegetation und/oder Lagern mit entzündlichen Stoffen 5 Meter.

**Beschreibung von Lagerzellen** Böden, Wände und Trennwände zur Unterteilung werden aus nicht-brennbaren Materialien gefertigt und sind gegenüber den gelagerten Stoffen beständig. Die Böden, Wände und das Dach haben eine Feuerbeständigkeit von 60 Minuten.

**Anwendungsbereich:** Feuerbeständige Wände können bei neuen und bestehenden Anlagen angewendet werden. Bei bestehenden Anlagen kann es schwierig sein, die richtigen Abstände ohne Brandmauern herzustellen.

**Sicherheitsaspekte:** Für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe ist der korrekte Abstand und/oder geeignete feuerbeständige Wände notwendig.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden.

**Referenzliteratur:** [7, CPR, 1992, 8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998, 45, Vlaanderen, ] [6, CPR, 1992]

### 4.1.7.4. Strategien für Abscheidung und Trennung inkompatibler Stoffe

**Beschreibung:** Die Intensität eines Brandes bzw. seines Ausbreitens kann durch die gemeinsame Lagerung inkompatibler Stoffe verstärkt werden. Beispielsweise können Oxidantien die Intensität eines Brandes mit brennbaren Flüssigkeiten stark erhöhen. Ferner kann ein Feuer anwachsen und gefährliche Stoffe involvieren, die selbst nicht brennbar sind. Durch geeignete Abscheidungsstrategien können solche Eskalationen verhindert werden. Je nach Art des gelagerten Stoffes können bestimmte Trennungen wie folgt realisiert werden:

- Gänge, mindestens 3,5 Meter breit (3 Meter siehe [35, HSE, 1998])
- physikalische Trennung mit einer Feuerbeständigkeit von 30 Minuten, einzig basierend auf dem Kriterium der Flammendichtigkeit
- Wand mit einer Feuerbeständigkeit von mindestens 30 Minuten.
- Lagerzelle oder Gehäuse innerhalb des Lagerbereiches, Gebäudes oder der Zelle.

Anhang 8.3 gibt Empfehlungen für die Trennung gefährlicher Stoffe nach ihrer Gefahrenklassifikation.

In Flandern werden Abstände in Abhängigkeit von der Gasart und von der Lagermenge bestimmt, und zwar im Bereich zwischen 2 und 7,5 Metern für inkompatible Gase und keinen Abstand für kompatible Gase. Auch hier kann dieser Abstand durch die Errichtung einer Brandmauer reduziert werden. Siehe Tabelle 8.31 und Tabelle 8.32 im Anhang 8.17: Distances for the storage of gas cylinders.

In den Niederlanden werden für Lageranlagen maximale Abschnittsgrößen und maximale Bodenflächen als vorbeugende Maßnahmen empfohlen. Die Größe eines Abschnitts, die durch eine der vorangehend genannten Maßnahmen zur Lagerung brennbarer Feststoffe oder Flüssigkeiten erreicht wird, beträgt nicht mehr als 300 m<sup>2</sup>, und die Bodenfläche der gesamten Lageranlage beträgt nicht mehr als 2.500 m<sup>2</sup>. Werden jedoch Stoffe mit einem Flammpunkt unter 100 °C gelagert, wird ein kleinerer Abschnitt und eine kleinere Bodenfläche empfohlen. Für bestehende Anlagen beträgt die maximale Bodenfläche 4.000 m<sup>2</sup>.

**Einsatz:** Um eine geeignete Getrenntlagerung und Trennung umzusetzen, ist gut geschultes und trainiertes Personal erforderlich.

**Anwendungsbereich:** Diese Strategie kann sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt werden; sie finden europaweit Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Diese Strategie der Abscheidung und Trennung ist wesentlich für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden.

**Referenzliteratur:** [8, CPR, 1991, 45, Vlaanderen, ] [35, HSE, 1998]

#### 4.1.7.5. Umschließung von Leckagen und kontaminierten Löschmitteln

**Beschreibung:** Die Böden, Wände und eventuelle Schwellen eines Lagergebäudes haben flüssigkeitsdichte Reservoirs, die zumindest einen Teil (je nach Stoff) des über oder in einem solchen Reservoir gelagerten Stoffes enthalten können. Bei diesen Reservoirs kann es sich um interne bewallte Bereiche, Gestellwände oder Auffangwannen unter jeder Palette handeln, die an ein geeignetes Abflusssystem angeschlossen sind. Erst nach erfolgter Kontrolle werden Freisetzungen und angesammeltes Niederschlagswasser ausgepumpt und entleert oder in geeigneter Weise entsorgt. Bei der Anordnung der Auslaufreservoirs muss die Materialabscheidung berücksichtigt werden, um zu verhindern, dass Freisetzungen in Bereiche laufen, in denen sich inkompatible Stoffe befinden.

Die Böden der einzelnen Abteilungen in einer Lagerzelle sind mit einem flüssigkeitsdichten Reservoir ausgerüstet, das mindestens 100 % der in der Lagerzelle gelagerten gefährlichen Flüssigkeiten aufnehmen kann.

Bricht in der Lageranlage ein Brand aus, könnte nicht nur ein Teil der gelagerten Stoffe entweichen, sondern es wird auch verschmutztes Löschmittel erzeugt. Um zu verhindern, dass diese Stoffe in den Boden, in die öffentliche Kanalisation oder in Oberflächengewässer gelangen, werden Auffangvorrichtungen installiert. Wird dieselbe Auffangvorrichtung zur Aufnahme sowohl des Löschmittels als auch des gelagerten Produktes verwendet, wird die gesamte Aufnahmekapazität der Summe von Produktkapazität und Löschmittelkapazität bestimmt. Wegen ihrer Lagerkapazität werden Lagerzellen normalerweise nicht mit einer Löschmittelaufnahmekapazität vorgesehen.

Zur Bestimmung der Aufnahmekapazitäten werden verschiedene Normen und Regelungen angewendet; siehe Anhang 8.1 International Codes. Die Kapazität ist von mehreren Parametern abhängig, beispielsweise dem Verpackungsmaterial, der Toxizität und Schädlichkeit der gelagerten Stoffe, dem Vorhandensein (leicht) entzündlicher Stoffe sowie von den vorhandenen Brandbekämpfungsgeräten. In solchen Situationen, wo (hoch) toxische oder stark umweltschädliche Stoffe zusammen mit (leicht) entzündlichen Stoffen gelagert werden, hängt die Aufnahmekapazität nicht nur von der gelagerten Menge ab, sondern der Unfall im November 1986 in Basel (Sandoz) lehrte, dass in solchen Situationen auch das verschmutzte Löschmittel aufgenommen werden muss.

Bei der Außenlagerung werden die gleichen Aufnahmeverkehrungen für freigesetzte Stoffe und dem eventuell vorhandenen Löschmittel wie bei der Lagerung verwendet. Bei einem Lager ohne Dach stehen meistens Vorkehrungen zum kontrollierten Ablassen des (möglicherweise verunreinigten) Regenwassers zur Verfügung.

Eine Löschmittelaufnahmeverrichtung muss wasserdicht sein, um zu verhindern, dass verunreinigtes Löschmittel in den Boden, in die öffentliche Kanalisation oder in Oberflächengewässer gelangt. Verunreinigtes Löschmittel wird als Abfallprodukt betrachtet und sollte als solches entsorgt werden.

Eine ausreichende Löschmittelaufnahmeverrichtung kann mit folgenden Mitteln realisiert werden:

- Umschließung innerhalb der Lageranlage
- Keller unter der Lageranlage
- unterirdischer Keller außerhalb der Lageranlage
- Reservoir teilweise oder ganz oberirdisch

Eine solche Sammelvorrichtung kann aus einem Tank bestehen, wobei dieser Tank dann deutlich gekennzeichnet wird, um ihn von den Produktlagertanks zu unterscheiden. Ein Beispiel hierzu befindet sich am Öltankterminal in Kotka, Finnland. Obwohl es sich dort um einen Terminal und nicht um ein chemisches Lager handelt, gelten die gleichen Prinzipien. Ferner kann auch ein speziell reservierter Teil einer Abwasserreinigungsanlage als Aufnahmeverkehrung benutzt werden.

**Einsatz:** Zur Installation einer geeigneten Umschließung für Lecks und verschmutztes Löschmittel ist professionelle Technik erforderlich.

**Anwendungsbereich:** Umschließungen können sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt werden. Sie finden europaweit Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe ist eine Umschließung notwendig.

**Referenzliteratur:** [8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998, 117, Verband Chemiehandel, 1997]

### 4.1.7.6. Brandschutz- und Feuerlöschhausrüstung

**Beschreibung:** Für Brandschutz- und Brandbekämpfungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Lagerung verpackter gefährlicher Stoffe und chemischer Abfälle über 10 Tonnen oder der Lagerung von Pestiziden können folgende Schutzstufen unterschieden werden:

1. (halb)-automatisches Lösch- oder Brandbekämpfungssystem mit der werkseigenen Feuerwehr, Branderkennung, Löschmittelaufnahme und vorbeugende Maßnahmen
2. Branderkennung, Löschmittelaufnahme und vorbeugende Maßnahmen
3. vorbeugende Maßnahmen.

Schutzstufe 1 beinhaltet eine schnelle Erkennung im Falle eines Brandabschnitts, die (halb)-automatisch aktiviert werden kann und die in wenigen Minuten in Betrieb ist. In Schutzstufe 2 muss eine Kontrolle und das Löschen des Feuers auch durch eine betriebsmäßig zuverlässige und gut vorbereitete Feuerlöschaktion möglich sein. In diesem Fall ist es jedoch akzeptabel, wenn die Feuerlöschaktion etwas später beginnt und nicht automatisch in Betrieb gesetzt wird. In Schutzstufe 3 ist nahezu kein Feuerlöschszenario vorhanden; in diesen Situationen wird von den präventiven Maßnahmen, wie etwa die Abscheidung und Trennung, geeignete Aufnahmesysteme sowie von den weiter unten genannten Maßnahmen gegen Entzündungen, erwartet, dass sie einen ausreichenden Schutz bieten.

Feuerbeständige Lageranlagen für kleinere Mengen (< 10 Tonnen) werden normalerweise mit einem oder mehreren Feuerlöschern ausgerüstet.

Je nach Entzündbarkeit des Lagerprodukts, der Entzündbarkeit der Verpackungen, der gelagerten Menge und der Kategorie, in der ein Stoff oder eine Kombination von Stoffen klassifiziert sind (z.B. toxisch oder umweltschädlich), wird jeder Lageranlage eine entsprechende Schutzstufe zugeordnet, wobei diese Entscheidung jeweils von Fall zu Fall zusammen mit der örtlichen Feuerwehr abgesprochen werden muss.

**Referenzliteratur:** [8, CPR, 1991]

#### 4.1.7.6.1. Schutz vor Zündung

**Beschreibung:** Zu den vielen möglichen Zündquellen gehören: [35, HSE, 1998]

- Raucher und Rauchermaterialien
- Wartungsarbeiten, insbesondere im Zusammenhang mit Arbeiten mit offener Flamme (Warmverarbeitung)
- elektrische Versorgungseinrichtungen
- Lager in der direkten Nähe von heißen Rohren oder Beleuchtungskörpern
- Brandstiftung
- Heizsysteme mit offenen Flammen
- Warenlagerfahrzeuge und Batterieladeanlagen
- Schrumpffolienmaschinen mit Flüssiggasbetrieb.

#### *Rauchen*

Raucher und Rauchermaterialien haben schon viele Brände verursacht. Die einzige mögliche Maßnahme besteht darin, das Rauchen in den eigentlichen Lagerbereichen zu verbieten und dafür gekennzeichnete Raucherzonen, von denen keine Gefahr ausgehen kann, einzurichten.

**Warmverarbeitung**

Zu den allgemein üblichen Vorsichtsmaßnahmen zählen:

- die weitest mögliche Beseitigung aller entflammbaren oder brennbaren Materialien aus dem Arbeitsbereich
- Prüfen der Entzündbarkeit oder Brennbarkeit jener Materialien, die sich auf der gegenüberliegenden Seite einer Trennwand befinden, wenn auf der anderen Seite gearbeitet werden soll
- Bereitstellung von Brandlöschmitteln und sorgfältige Überwachung auf Feuer während der Arbeit
- Schutz für brennbare Materialien, die nicht entfernt werden können, durch geeignete Abschirmungen oder Trennwände
- sorgfältige Prüfung des Bereichs einige Zeit nach Fertigstellung der Arbeit, um sicherzustellen, dass sich dort kein schwelendes Material befindet
- Abschluss der Warmverarbeitung schon einige sichere Zeit lang vor dem Feierabend.

**Elektrische Geräte**

Als gute Praxis empfiehlt es sich, einen Hauptschalter und eine Verteilertafel in einen separaten feuerfesten Raum zu legen, im Haupteingangsbereich des Lagers, vorzugsweise von außen zugänglich. Werden elektrische Geräte innerhalb des Lagers installiert, beispielsweise Beleuchtungseinrichtungen, sollten entzündbare Materialien nicht in ihrer Nähe gelagert werden. Normalerweise werden elektrische Geräte, die in einem Gefahrenbereich untergebracht sind, so konstruiert oder geschützt, dass Gefahren verhindert werden; es sollten also Geräte ausgewählt werden, die nach einer Explosionsschutznorm (z.B. British Standard oder NEN-Norm) hergestellt sind.

**Fahrzeuge**

Fahrzeuge, die in einem Gefahrenbereich betrieben werden sollen, müssen nach einer geeigneten Norm so geschützt sein, dass keine entflammbaren Dämpfe entzündet werden.

**Heizungssysteme**

Normalerweise wird eine indirekte Heizung verwendet, da diese keine Zündquelle darstellt, beispielsweise ein Heizkörper, der über eine Heißwasserleitung von einer entfernten Heizung versorgt wird.

**Schrumpfverpackungsarbeiten**

Im Idealfall werden Schrumpfverpackungsarbeiten nicht in einem Lagerbereich ausgeführt sondern entweder in einem getrennten Gebäude oder in einer speziell konstruierten Alkove innerhalb des Gebäudes. Als Alternative zum Schrumpfverpacken steht die sehr viel sichere Stretchverpackungstechnik zur Verfügung, obwohl es einige Situationen gibt, in denen diese die Schrumpfverpackung nicht ersetzen kann.

**Einsatz:** Alle Maßnahmen zum Schutz vor Zündungen sind einfach und leicht zu betreiben.

**Anwendungsbereich:** Diese Präventivmaßnahmen können sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt werden. Sie finden europaweit Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe sind Präventivmaßnahmen notwendig.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann nicht angegeben werden, obwohl keine dieser Präventivmaßnahmen sehr teuer ist.

**Referenzliteratur:** [8, CPR, 1991, 35, HSE, 1998]

#### 4.1.7.6.2. Brandbekämpfungssysteme

**Beschreibung:** Die folgenden Brandbekämpfungssysteme werden in Lageranlagen für gefährliche Stoffe und chemische Abfälle > 10 Tonnen oder für die Lagerung von Pestiziden als realistisch und akzeptabel angesehen:

1. automatisches Sprinklersystem
2. automatisches Sprühflutsystem
3. automatische Gas-Löschanlage
4. örtliche Feuerwehr mit einem trockenen Sprühflutsystem
5. automatisches Hi-Ex System
6. werkseigene Feuerwehr mit manuell betätigtem Sprühflutsystem
7. werkseigene Feuerwehr mit einem trockenen Sprühflutsystem
8. werkseigene Feuerwehr mit *in situ* Löschung (interner Angriff).

Die Eigenschaften dieser Systeme werden im Anhang 8.16 Characteristics of fire-fighting systems beschrieben.

**Einsatz:** Vom angewendeten System abhängig.

**Sicherheitsaspekte:** Für die sichere Lagerung gefährlicher Stoffe sind Präventivmaßnahmen notwendig.

**Energie/Abfall/Nebenwirkungen:** Beim Einsatz von Brandbekämpfungsvorrichtungen sind (chemische) Abfälle unvermeidbar.

**Referenzliteratur:** [8, CPR, 1991]

#### 4.1.8. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Gasemissionen

##### 4.1.8.1. Schwimmdecken

**Beschreibung:** Schwimmdecken werden bei Tanks, Becken und Teichen eingesetzt, um zu verhindern, dass Dämpfe und insbesondere Gerüche in die Atmosphäre gelangen. Siehe Abschnitt 4.1.3.2, wo Schwimmdecken für den Einsatz mit oben offenen Tanks beschrieben werden.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Bei der Lagerung von Schweinegülle kann eine Verringerung der Ammoniakemissionen und des Geruchs erreicht werden. Von einer Reduktion von Ammoniakemissionen um etwa 95 % und mehr wurde berichtet. Durch den Einsatz von LECA wurde eine Reduzierung der Ammoniakemissionen um 82 % erreicht.

**Anwendungsbereich:** Schwimmdecken werden häufig eingesetzt.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Durch Rühren des gelagerten Stoffes, z.B. Gülle, würde die Gülle und ihre LECA-Schicht vermischt werden, wodurch die (Ammoniak)-emissionen vorübergehend ansteigen würden. Es wurde beobachtet, dass sich die LECA-Decke nach dem Umrühren sehr schnell wiederherstellt, und dass sich die Emissionswerte wieder auf das reduzierte Niveau einpendelten.

In der speziellen Situation der Lagerung von Schweinegülle hat eine Abdeckung eine Reduzierung oder (bei Verwendung einer Plastikabdeckung) Beendigung des Sauerstoffübergangs aus der Luft in die Gülle sowie einen Temperaturanstieg der Gülle um ca. 2 °C zur Folge. Diese Effekte führen zu einem anaerobischen Zustand, bei dem Methan schnell gebildet wird. Durch Mischen und Rühren der Gülle steigen die Methanemissionen an. Durch Sauerstoffmangel verringert sich die Nitrifikation (und konsequenterweise) die Denitrifikation, so dass Stickoxidemissionen deutlich verringert oder verhindert werden. Mit LECA kann Sauerstoff immer noch eindringen, was bedeutet, dass der (De)nitrifikationsprozess und die erhöhte Stickoxidemission wahrscheinlich stattfinden.



**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten für Schwimmdecken liegen um 15–25 EUR/m<sup>2</sup> (1999) der freien Stoffoberfläche. Die Kosten für LECA betragen 225–375 EUR pro Tonne (1999). Zusätzliche Kosten entstehen an Standorten, wo Modifikationen an der Struktur oder an den Entleerungs- oder Umwälzungsmethoden erforderlich sind. Das Regenwasser-Management bestimmt Unterschiede bei den laufenden Betriebskosten, wo mit LECA abgedeckte Teiche mit höheren Gülle-Anwendungskosten auftreten können. Mit Plastikabdeckungen hängen die Nettokosten von der Möglichkeit der Wiederverwendung von Wasser ab, z.B. zur Bewässerung.

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001]

#### 4.1.8.2. Plastik- oder starre Abdeckungen

**Beschreibung:** Abdeckungen für Teiche basieren auf flexiblen, undurchlässigen, UV-stabilisierten Plastikdecken, die an den Uferböschungen befestigt sind und durch Schwimmer gestützt werden. Indem sie das Regenwasser heraus halten, könnten Plastikabdeckungen die Kapazität von Teichen um bis zu 30 % erhöhen.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Bei der Lagerung von Schweinegülle kann eine Verringerung der Ammoniakemissionen und des Geruchs erreicht werden. Von einer Reduktion von Ammoniakemissionen um etwa 95 % und mehr wurde berichtet. Bei der Verwendung von Abdeckungen können Emissionen gesammelt und behandelt werden; siehe Abschnitt 4.1.3.15.

**Einsatz:** Starre Abdeckungen werden allgemein eher auf kleinen Betonbecken eingesetzt.

**Anwendungsbereich:** Zweckkonstruierte Abdeckungen können auf bestehenden (Schweinegülle)-teichen aufgelegt werden, es sei denn:

- der Zugang ist schwierig
- der Teich ist sehr groß (Kosten)
- die Ufer sind sehr uneben.

Bei einem bestehenden Teich muss dieser komplett entleert werden, damit die Abdeckung aufgelegt werden kann. Windschäden stellen kein Problem dar, sofern die Abdeckungen an den Seiten gut befestigt sind und wenn etwas Regenwasser obenauf belassen wird, um als Gewicht zu dienen.

Für Abdeckungen ist eine Lebensdauer von 10 Jahren berichtet worden, aber ihre Empfindlichkeit gegenüber Abnutzung und Schäden (durch grasende Tiere) ist unbekannt.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Um einen Teich abdecken zu können, ist eine große Menge Plastik erforderlich, deren Fläche bis zu 70 % mehr messen muss als die eigentliche Teichoberfläche; dies hängt von der Tiefe und der Neigung der Ufer ab. Die Abdeckung kann wieder verwendet werden.

In der speziellen Situation der Lagerung von Schweinegülle hat eine Abdeckung eine Reduzierung oder Beendigung des Sauerstoffübergangs aus der Luft in die Gülle sowie einen Temperaturanstieg der Gülle um ca. 2 °C zur Folge. Diese Effekte führen zu einem anaerobischen Zustand, bei dem Methan schnell gebildet wird. Durch Mischen und Rühren der Gülle steigen die Methanemissionen an. Durch den Sauerstoffmangel verringert sich die Nitrifikation (und konsequenterweise) die Denitrifikation, so dass Stickoxidemissionen deutlich verringert oder verhindert werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Zusätzliche Kosten entstehen an Standorten, wo Modifikationen an der Struktur oder an den Entleerungs- oder Umwälzungsmethoden erforderlich sind. Das Regenwasser-Management bestimmt Unterschiede bei den laufenden Betriebskosten. Mit Plastikabdeckungen sind die Nettokosten von der Möglichkeit der Wiederverwendung von Wasser abhängig, z.B. zur Bewässerung. Die Verwendung von Biogas (Methan) bei gelagerter Gülle hängt von der Nutzung des Gases (Heizung oder Motor) und von den Installationsanforderungen ab. Es könnte profitabel sein, aber die Amortisierungszeit kann sehr lang sein (über 20 Jahre).

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001]

#### 4.1.9. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Boden- und Wasseremissionen

##### 4.1.9.1. Undurchlässige Sperrschichten

**Beschreibung:** Wo eine Grundwasserverunreinigung als Risiko erscheint, sollte der Teich grundsätzlich undurchlässig sein. Zur Auswahl steht entweder eine Lehm- oder einer Kunststoffmembranschicht. Wird Lehm verwendet, sollte dieser mindestens 20 - 30 % Lehm enthalten, damit sie undurchlässig ist.

Der Lehm muss auf eine Mindestdicke von einem Meter und eine maximale Durchlässigkeit von  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s verdichtet werden. Um Schäden bei der Installation zu vermeiden, müssen Beschichtungen von einem spezialisierten Bauunternehmer aufgetragen werden. Betonbecken sind auch eine Option.

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001] [113, TETSP, 2001]

#### 4.1.10. ECM für Becken und Teiche – betrieblich – Abfall

Es sind keine Informationen vorgelegt worden.

#### 4.1.11. ECM für Becken und Teiche – Ereignisse und Unfälle

Becken und Teiche werden nicht zur Lagerung von gefährlichen Stoffen verwendet, so dass schwere Unfälle nicht erwartet werden. Ein mögliches Ereignis oder Unfall wäre eine Überfüllung durch Niederschlag, im Fall, wo das Becken oder der Teich nicht abgedeckt sind.

##### 4.1.11.1. Schutz gegen Überfüllung durch Niederschlag

**Beschreibung:** Bei Teichen, die zur Lagerung von Gülle benutzt werden, ist eine Reservehöhe von 750 mm gängige Praxis. Siehe Abbildung 3.17.

**Einsatz:** Eine in der Landwirtschaft gängige Technik.

**Anwendungsbereich:** Einfach in der Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Verringert die Lagerkapazität.

**Wirtschaftlichkeit:** Verursacht geringe Kosten.

**Referenzliteratur:** [119, EIPPCB, 2001]

#### 4.1.12. ECM für Kavernen in Bergwerken (drucklos) – betrieblich – Gasemissionen

##### 4.1.12.1. Gaspendelung

**Beschreibung:** Die Technik der Gaspendelung wird an Standorten eingesetzt, wo Kavernen drucklos betrieben werden mit einem festen Wasserbett zur Lagerung von flüssigen Kohlenwasserstoffen. An diesen Standorten befinden sich mehrere miteinander verbundene Kavernen. Um einen zu schnellen Druckanstieg beim Füllen einer Kaverne zu vermeiden, wird der aus dieser Kaverne verdrängte Dampf in andere Kavernen umgeleitet. Eine strenge Lagerkontrollplanung ist erforderlich, damit sichergestellt werden kann, dass Kavernen zur Aufnahme der verdrängten Dämpfe stets verfügbar sind.

**Einsatz:** Wird hauptsächlich an großen Standorten mit mehreren Kavernen verwendet.

**Anwendungsbereich:** An großen Standorten leicht einzusetzen.

**Sicherheitsaspekte:** Es ist eine strenge Einhaltung des vorgeschriebenen Betriebsablaufes und/oder ein hohes Maß an Automatisierung erforderlich (Sicherheitsalarme, Not-Abschaltsysteme usw.).

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Kann eventuell dazu führen, dass die Qualität eines Kohlenwasserstoffproduktes wegen Vermischung heruntergestuft werden muss.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

### 4.1.13. ECM für Kavernen in Bergwerken (drucklos) – Ereignisse und (größere) Unfälle

#### 4.1.13.1. Sicherheits- und Risikomanagement

Siehe Abschnitt 4.1.6.1, wo die Seveso Direktive in Bezug auf die Lagerung großer Mengen gefährlicher Stoffe in Tanks behandelt wird. Dasselbe gilt jedoch für die Lagerung in Kavernen oder andere Lagerarten für große Mengen gefährlicher Stoffe.

#### 4.1.13.2. Überwachung

**Beschreibung:** Es ist gängige Praxis, während der gesamten betrieblichen Lebensdauer einer Kaverne eine Überwachung durchzuführen, um die Stabilität und erfolgreiche hydraulische Umschließung der Kaverne zu gewährleisten. Ein typisches Überwachungsprogramm beinhaltet:

- Überwachen der Wasserströmungen rund um die Kaverne mittels Grundwassermessungen, Piezometern und/oder Druckmesszellen, Messung der Fließgeschwindigkeit von Sickerwasser
- Beurteilen der Stabilität der Kaverne durch seismische Messungen
- Regelmäßiges Entnehmen und Analysieren von Proben zur Ermittlung von Änderungen der Wasserqualität
- Überwachen auf Korrosion, einschließlich regelmäßiger Prüfung der Wandungen.

Eine erfolgreiche Überwachung bedeutet auch eine regelmäßige Beurteilung.

**Einsatz:** Alle Kavernen in Bergwerken werden überwacht.

**Anwendungsbereich:** Anwendbar für alle Arten Bergwerk-kavernen – drucklos und bei Drucklagerung

**Sicherheitsaspekte:** Sicherheitsverfahren und Programme müssen eingerichtet und von qualifiziertem Personal streng eingehalten werden.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.13.3. Inhärente Sicherheitseigenschaften

**Beschreibung:** Das wichtigste Sicherheitsprinzip besteht darin, dass durch fehlenden Sauerstoff immer sichergestellt wird, dass das Kohlenwasserstoffprodukt unterirdisch kein Feuer fangen kann. Dies ist unter anderem für drucklose Kavernen mit einem schwankenden Wasserbett inhärent der Fall.

Felsige Bergwerk-kavernen bieten einen hohen inhärenten Widerstand gegenüber Erdbeben.

**Anwendungsbereich:** Die Anwendbarkeit von Bergwerkskavernen ist stark von der Struktur des Grundgesteins und den Grundwasserbedingungen abhängig.

**Sicherheitsaspekte:** Wegen ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Grundwasser (Sickerwasser), das aus der Kaverne heraus gepumpt wird, muss behandelt werden. Kavernen mit festem Wasserbett benötigen weniger Wasser (und somit weniger Wasserbehandlung) als Kavernen mit schwankendem Wasserbett.

**Wirtschaftlichkeit:** Die wirtschaftliche Gewinnschwelle zur Anwendung von Bergwerkskavernen ist vom jeweils gelagerten Kohlenwasserstoffprodukt und von der Standortgeologie abhängig, gilt aber allgemein ab einer Kapazität von 50.000 m<sup>3</sup>.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

### 4.1.13.4. Schutzgasabdeckung

**Beschreibung:** Bei schwereren Ölsorten, beispielsweise Diesel, kann es an der Öl-/Wasserschnittstelle zu einem bakteriellen Wachstum kommen, wodurch sich Methan im leeren Raum ansammelt. In solchen Situationen wird gewöhnlich aus Sicherheitsgründen eine Stickstoffabdeckung aufgetragen.

Beim Entleeren einer Kaverne, die leichtentzündliche Produkte mit einem hohen Dampfdruck enthält, z.B. Benzin, verdampft das Produkt und der Leerraum wird mit einer Mischung aus Kohlenwasserstoffgasen gefüllt bis die obere Explosionsgrenze überschritten wird. Beim Wiederauffüllen der Kaverne steigt der Druck, und die Kohlenwasserstoffe kondensieren wieder. Beim Auftragen einer Stickstoffabdeckung in solchen Situationen ist es beim Wiederauffüllen der Kaverne erforderlich, den Stickstoff mit den VOCs an die Atmosphäre zu entlüften. Aus diesem Grund wird bei leichtentzündlichen Produkten nur seltener eine Schutzgasabdeckung aufgetragen. Bei bestimmten drucklosen Festbettkavernen wird jedoch, in Abhängigkeit vom jeweils gelagerten Kohlenwasserstoffprodukt, eine Stickstoffabdeckung verwendet, um absolut sicherzustellen, dass in der Kaverne keine Zündung möglich ist.

Aus Sicherheitsgründen ist es bei der ersten Inbetriebnahme einer Kaverne wichtig, die Kaverne mit Stickstoff zu spülen bevor das Produkt eingefüllt wird.

Bei der Lagerung von Rohöl können sich im Leerraum der Kaverne Methan- und Ethankonzentrationen aufbauen. Beim Befüllen gehen diese Dämpfe nicht (so leicht) wieder in Öl über. In diesen Situationen werden die Kavernen allgemein miteinander zwecks Gaspending („Atmung“) verbunden. Während eine Kaverne gefüllt wird, strömen die Gase in die anderen Kavernen, so dass der gesamte freie Raum genutzt wird. Im Laufe der Zeit kehren diese Gase wieder in das Öl zurück, und eine Schutzgasabdeckung und Entlüftung in die Atmosphäre ist nicht notwendig.

**Anwendungsbereich:** Schutzgasabdeckungen finden bei der Lagerung schwererer Öle breite Anwendung. In bestimmten drucklosen Festbettkavernen wird jedoch häufig eine Stickstoffabdeckung verwendet, um absolut sicherzustellen, dass in der Kaverne keine Zündung möglich ist.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Aus Sicherheitsgründen kann eine Schutzgasabdeckung bei leichtentzündlichen Produkten erforderlich sein, wobei dann die notwendige Ablüftung des Stickstoffes an die Atmosphäre in Kauf genommen wird.

**Referenzliteratur:** [176, EIPPCB, 2004]

#### 4.1.13.5. Aufrechterhaltung des hydrostatischen Drucks

**Beschreibung:** Um das Entweichen des gelagerten Kohlenwasserstoffes aus der Kaverne zu verhindern, wird die Kaverne so gestaltet, dass der hydrostatische Druck des die Kaverne umgebenden Grundwassers stets größer als der des gelagerten Kohlenwasserstoffes ist.

**Einsatz:** Alle nicht ausgekleideten Kavernen werden auf diese Weise konstruiert.

**Anwendungsbereich:** Diese Technik erfordert eine geeignete Konstruktion und eine Überwachung während der gesamten betrieblichen Lebensdauer der Anlage, um die Stabilität und erfolgreiche hydraulische Umschließung der Kaverne zu gewährleisten.

**Sicherheitsaspekte:** Keine, sofern die Kaverne korrekt konstruiert und überwacht wird.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Das Grundwasser (Sickerwasser) ist in den meisten Fällen nicht mit dem Lagerprodukt mischbar und sammelt sich deshalb am Boden der Kaverne, bevor es ausgepumpt wird. Bei sehr leichten Kohlenwasserstoffen (z.B. Propan) kann das Kohlenwasserstoffprodukt Spuren (ppm) von Wasser enthalten, so dass es zur Einhaltung der vorgeschriebenen Qualitätsnormen getrocknet werden muss.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.13.6. Zementeinspritzung

**Beschreibung:** Eine Zementeinspritzung in das Dach und die Wände der Kaverne kann dazu beitragen, die Sickerwassermenge zu minimieren.

Das in die Kaverne eintretende Sickerwasser wird ausgepumpt und in einer Abwasserbehandlungsanlage behandelt. Die Raffinerie Porvoo hat zwei Abwasserbehandlungsanlagen: eine aktive Schlickanlage (chemische und biologische Behandlung) und eine aktive Kohlenstoffanlage (Adsorptions-/Regenerationsbereiche), welche sich beide sehr gut für ölhaltiges Wasser eignen. In der Raffinerie Porvoo beträgt die Abwassermenge etwa 1 m<sup>3</sup>/Tag; bei einem Volumen von 5.000 m<sup>3</sup> Öl entspricht dies 6 – 8 Liter Sickerwasser/m<sup>3</sup> Kavernenraum/Jahr. Es wird ein typischer Emissionswert von unter 1 mg/l VOC im behandelten Abwasser erreicht, das in das Meer abgelassen wird.

**Einsatz:** Die erforderliche Zementmenge ist vom Gestein der Kaverne in der jeweiligen Tiefe abhängig.

**Anwendungsbereich:** Eine für alle Kavernen leicht anzuwendende Technik.

**Sicherheitsaspekte:** Die Zementeinspritzung stellt keine besonderen Sicherheitsprobleme dar, außer dass die für alle unterirdischen bautechnischen Arbeiten vorgeschriebenen Normen streng eingehalten werden müssen.

**Wirtschaftlichkeit:** Diese Technik verursacht niedrige Kosten.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002] [81, Neste Engineering, 1996]

#### 4.1.13.7. Verriegelungssystem

**Beschreibung:** Ein Verriegelungssystem verhindert Überfüllungen; dieses System schließt das Einlassventil, wenn der Flüssigkeitsstand in der Kaverne zu hoch ist.

**Einsatz:** Die Installation eines Verriegelungssystems ist gängige Praxis.

**Anwendungsbereich:** Eine für alle Kavernen leicht anzuwendende Technik.

**Sicherheitsaspekte:** Der Einsatz eines Verriegelungssystems ist eine minimale Sicherheitsmaßnahme. Es stehen auch Überfüllschutzmaßnahmen zur Verfügung, die aufwändiger sind.

**Wirtschaftlichkeit:** Verriegelungssysteme verursachen geringe Kosten.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002] [81, Neste Engineering, 1996]

#### 4.1.13.8. Automatisierter Überfüllschutz

**Beschreibung:** Überfüllschutzvorrichtungen können an automatisierte Not-Aus Systeme angeschlossen werden, die das gesamte Befüllungssystem abschalten (Pumpen, Ventile, usw.).

**Einsatz:** Bei Bergwerkskavernen, in denen noch kürzlich geschürft wurde, ist es gängige Praxis, aufwändige Überfüllschutzvorrichtungen in das Not-Aus System einzubauen.

**Anwendungsbereich:** In neuen Anlagen sind Überfüllschutzvorrichtungen, die an automatisierte Not-Aus Systeme angeschlossen sind, einfach zu installieren. Sie können manchmal auch an bestehenden Anlagen nachgerüstet werden. Es ist eine strenge Einhaltung des vorgeschriebenen Betriebsablaufes und/oder ein hohes Maß an Automatisierung erforderlich (Sicherheitsalarme, Not-Abschaltsysteme usw.). Eine für alle Kavernen leicht anzuwendende Technik.

**Sicherheitsaspekte:** Der Sicherheitsstandard ist hoch. Bei automatischen Ventilen besteht jedoch die Möglichkeit, dass vorgeschaltete Systeme z.B. wegen Wasserstößen versagen.

**Wirtschaftlichkeit:** Technisch ausgereifte Not-Aus Systeme können bei neuen Anlagen kostenaufwändig sein; aber wegen der Umweltvorteile, die sich aus der Sicherheit ergeben, sind diese Kosten meistens gerechtfertigt. Nachrüstungen, wo durchführbar, ist eine Option mit hohen Kosten.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.14. ECM für Kavernen in Bergwerken (drucklos) – Ereignisse und (größere) Unfälle

##### 4.1.14.1. Sicherheits- und Risikomanagement

Siehe Abschnitt 4.1.6.1, wo die Seveso Richtlinie in Bezug auf die Lagerung großer Mengen gefährlicher Stoffe in Tanks behandelt wird. Dasselbe gilt jedoch für die Lagerung in Kavernen oder andere Lagerarten für große Mengen gefährlicher Stoffe.

##### 4.1.14.2. Überwachung

Abschnitt 4.1.13.2 ist auch für druckbehaftete Bergwerkskavernen anwendbar.

#### 4.1.14.3.            **Inhärente Sicherheitseigenschaften**

**Beschreibung:** In druckbehafteten Kavernen können aufgrund des natürlicherweise in der Tiefe fehlenden Sauerstoffs keine Brände entstehen.

Felsige Bergwerkskavernen bieten einen hohen inhärenten Widerstand gegenüber Erdbeben.

**Anwendungsbereich:** Die Anwendbarkeit von Bergwerkskavernen ist stark von der Struktur des Grundgesteins und den Grundwasserbedingungen abhängig. Die meisten Bergwerkskavernen sind druckbehaftet.

**Sicherheitsaspekte:** Wegen ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Grundwasser (Sickerwasser), das aus der Kaverne heraus gepumpt wird, muss behandelt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die wirtschaftliche Gewinnschwelle zur Anwendung von Bergwerkskavernen ist vom jeweils gelagerten Kohlenwasserstoffprodukt und von der Standortgeologie abhängig, gilt aber allgemein ab einer Kapazität von 50.000 m<sup>3</sup>. Für Flüssiggas in typischen europäischen Bedingungen ist die Zahl deutlich niedriger (ca. 10.000 m<sup>3</sup>).

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.14.4.            **Sicherheitsventile**

**Beschreibung:** Untertage-Sicherheitsventile und andere Sicherheitsmaßnahmen sorgen dafür, dass das Kohlenwasserstoffprodukt bei einem übertägigen Notfall nicht entweichen kann.

**Einsatz:** Unlängst konstruierte Kavernen sind mit diesen Sicherheitsmaßnahmen ausgerüstet.

**Anwendungsbereich:** Für neu ausgehobene Kavernen anwendbar, aber auch bestehende Kavernen werden manchmal nachgerüstet.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.14.5.            **Aufrechterhaltung des hydrostatischen Drucks**

Abschnitt 4.1.13.5 ist auch für druckbehaftete Bergwerkskavernen anwendbar.

#### 4.1.14.6.            **Zementeinspritzung**

Abschnitt 4.1.13.6 ist auch für druckbehaftete Bergwerkskavernen anwendbar.

#### 4.1.14.7.            **Verriegelungssystem**

Abschnitt 4.1.13.7 ist auch für druckbehaftete Bergwerkskavernen anwendbar.

#### 4.1.14.8.            **Automatisierter Überfüllschutz**

Abschnitt 4.1.13.8 ist auch für druckbehaftete Bergwerkskavernen anwendbar.



## 4.1.15. ECM für ausgespülte Salzkavernen – Ereignisse und (größere) Unfälle

### 4.1.15.1. Sicherheit und Risikomanagement

Siehe Abschnitt 4.1.6.1, in dem die Seveso Richtlinie in Bezug auf die Lagerung großer Mengen gefährlicher Stoffe in Tanks behandelt wird. Dasselbe gilt jedoch für die Lagerung in Kavernen oder andere Lagerarten für große Mengen gefährlicher Stoffe.

### 4.1.15.2. Überwachung

**Beschreibung:** Die Kavernenüberwachung und -inspektion sind wesentliche Aspekte für die Sicherheit und die Durchführung. Regelmäßige Kontrollen werden empfohlen, einschließlich einer Überprüfung der Kavernenform, die sich verändern kann, wenn untersättigte Salzsole verwendet wird, sowie einer Überprüfung der Unversehrtheit der Wandungen (Aufzeichnung und/oder Test) um sicherzustellen, dass keine Lecks durch Zementwand-Korrosion auftritt. Ein typisches Überwachungsprogramm beinhaltet folgendes:

- Beurteilen der Stabilität der Kaverne durch seismische Messungen
- Überwachen auf Korrosion, einschl. regelmäßiger Prüfung der Wandungen;
- Durchführen regelmäßiger Sonarmessungen zum Überwachen eventueller Formveränderungen, insbesondere bei Verwendung untersättigter Salzsole.

Eine erfolgreiche Überwachung bedeutet auch eine regelmäßige Beurteilung.

**Einsatz:** Alle ausgespülten Salzkavernen werden regelmäßig überwacht und während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage periodisch geprüft.

**Anwendungsbereich:** Anwendbar für alle Arten von ausgespülten Salzkavernen.

**Sicherheitsaspekte:** Sicherheitsverfahren und Überwachungsprogramme müssen eingerichtet und von qualifiziertem Personal streng eingehalten werden.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

### 4.1.15.3. Inhärente Sicherheitseigenschaften

**Beschreibung:** In ausgespülten Salzkavernen können aufgrund des natürlicherweise in der Tiefe fehlenden Sauerstoffs keine Brände entstehen.

**Anwendungsbereich:** Die Anwendung ausgespülter Salzkavernen ist stark von den geographischen Begebenheiten abhängig.

**Sicherheitsaspekte:** Wegen ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Die Hauptenergieverbraucher sind Pumpen, die zum Füllen und Entleeren der Kavernen verwendet werden. Es können an der Grenzfläche zwischen Salzsole und Kohlenwasserstoffprodukt geringe Spuren von Kohlenwasserstoffen vorhanden sein. Bei flüssigen Kohlenwasserstoffen können insbesondere am Ende des Füllvorgangs diese Kohlenwasserstoffe durch eine Salzsolenbehandlung ausgespült werden. Da sich die meisten ausgespülten Kavernenstandorte isoliert sind, müssen diese Kohlenwasserstoffe aufgenommen und entsprechend entsorgt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Wo die Geologie des Standortes eine solche Art der Lagerung machbar werden lässt, sind die Kosten pro Kubikmeter ausgespülte Salzkaverne im Vergleich zu anderen Lagerungsarten gering.

**Referenzliteratur:** [150, Geostock, 2002]

#### 4.1.16. ECM für schwimmende Lagerung – betrieblich – Gasemissionen

##### 4.1.16.1. Überdruck- und Unterdruckventile (PVRV)

Abschnitt 4.1.3.11 gilt auch für die schwimmende Lagerung.

##### 4.1.16.2. Tankfarbe

Abschnitt 4.1.3.6 gilt auch für die schwimmende Lagerung.

##### 4.1.16.3. Gaspendelung, -sammlung oder -behandlung

Die Abschnitte 4.1.3.13, 4.1.3.14 und 4.1.3.15 gelten auch für die schwimmende Lagerung.

#### 4.1.17. ECM für schwimmende Lagerung – betrieblich – Emissionen in Gewässer

Die Tankreinigung ist die wichtigste Quelle für Emissionen in Gewässer. Normalerweise werden Rückstände aus der Tankreinigung über Leitungen an Land befördert und dann auf gleiche Weise wie bei Landtanks behandelt. Es wurden jedoch keine weiteren Informationen eingereicht.

#### 4.1.18. ECM für schwimmende Lagerung – Ereignisse und (größere) Unfälle

##### 4.1.18.1. Sicherheit und Risikomanagement

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 4.1.6.1, in dem die Seveso Direktive in Bezug auf die Lagerung großer Mengen gefährlicher Stoffe in Tanks behandelt wird. Dieselben Prinzipien lassen sich für die schwimmende Lagerung anwenden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

##### 4.1.18.2. Inspektion und Wartung des Rumpfes

**Beschreibung:** Da Schiffe auf dem Wasser schwimmen, muss der Inspektion und Wartung des Rumpfes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

##### 4.1.18.3. Verhindern einer Überfüllung

**Beschreibung:** Überfüllungen können durch den Einsatz hochwertiger Instrumente und Pumpenabschaltverfahren verhindert werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

## 4.2. Transport und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen

In Abschnitt 3.2 werden die von Transportsystemen und bei Vorgängen zum Umgang ausgehenden potenziellen Emissionen aufgeführt, und zwar für oberirdische Transportsysteme mit geschlossenen Leitungen in Tabelle 3.50 und Tabelle 3.51, für oberirdische Transportsysteme mit offenen Leitungen in Tabelle 3.52 und Tabelle 3.53, für unterirdische Transportsysteme mit geschlossenen Leitungen in Tabelle 3.54 und Tabelle 3.55, für Entladeschläuche in Tabelle 3.56 und Tabelle 3.57 und für Vorgänge zum Umgang in Tabelle 3.58 und Tabelle 3.59.

Diese Angaben zeigen, dass die wichtigsten potenziellen Emissionsquellen (aufgegliedert nach den einzelnen Arten) das Füllen von Leitungssystemen und das Reinigen offener Systeme sind, außerdem bei allen Arten das Entweichen flüchtiger Stoffe.

Die Punktetabellen in Anhang 8.10 geben die Emissionskontrollmaßnahmen (ECM, emission control measures) für diese potenziellen Emissionsquellen an.

In den Abschnitten 4.2.2 bis 4.2.7 werden ECM-Systeme zum Transport von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen beschrieben (also die unterschiedlichen Leitungssysteme); im Abschnitt 4.2.8 werden ECMs zum Beladen und Entladen von Transportfahrzeugen angegeben. Abschnitt 4.2.9 beschreibt ECM für die Systeme zum Umgang mit den Produkten, beispielsweise für Schieber, Flansche, Pumpen und Dichtungen. Abschnitt 4.2.1 handelt von mehreren Management-Hilfsmitteln, die ganz allgemein für Transport und Umgang genutzt werden können.

### 4.2.1. Management-Hilfsmittel für Transport und Umgang

#### 4.2.1.1. Betriebsverfahren und Schulung

**Beschreibung:** Betriebsverfahren und Schulung sind wichtige Punkte hinsichtlich der Emissionsverminderung beim Füllen von Transportsystemen jeder Art; siehe Abschnitt 4.1.6.2.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.1.2. Inspektion, Wartung und Überwachung

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 4.1.2.2.

#### 4.2.1.3. Leckerkennungs- und Reparaturprogramm (LDAR-Programm)

**Beschreibung:** Ein LDAR-Programm umfasst das Prüfen von Komponenten auf Lecks und das anschließende Reparieren aller als leckbehaftet erkannten Komponenten. Die Leckprüfung wird gemäß dem US EPA-Referenzverfahren EPA 21 mit einer vordefinierten Probenentnahmehäufigkeit durchgeführt. Komponenten, die nicht zugänglich sind (z. B. wegen Isolierung oder hoher Lage), werden in der Praxis nicht überwacht.

**Einsatz:** Ein LDAR ist ein Hilfsmittel, das üblicherweise in Situationen benutzt wird, in denen sehr wahrscheinlich Emissionen auftreten, beispielsweise beim Umgang mit Gasen und leichten Flüssigkeiten, bei Drucksystemen sowie dort, wo hohe Temperaturen auftreten.

**Literatur:** [158, EIPPCB, 2002]

#### 4.2.1.4. Sicherheits- und Risikomanagement

Siehe Abschnitt 4.1.6.1, dort wird die Seveso-Richtlinie zum Lagern großer Mengen gefährlicher Stoffe in Tanks besprochen. Dies gilt jedoch auch für den Transport und den Umgang mit gefährlichen Stoffen.

## 4.2.2. ECM für oberirdische, geschlossene Leitungssysteme – betrieblich - Gasemissionen

### 4.2.2.1. Verringern der Anzahl von Flanschen und Verbindungsarmaturen

**Beschreibung:** Geschraubte Flansche und mit Dichtungen versehene Verbindungen werden überall dort eingesetzt, wo Rohre, Pumpen oder Schieber getrennt oder entfernt werden können müssen.

Ein Hauptgrund für Leckstellen an Flanschen ist thermische Beanspruchung, die zum Verformen der zwischen den Flanschflächen sitzenden Dichtung führt. Bei Leitungssystemen, die im Betrieb zyklischen Temperaturwechseln ausgesetzt sind, treten deshalb Flanschlecks wahrscheinlich häufiger auf.

Lecks an Flanschen können auch durch ungenaue Ausrichtung verursacht werden; dem kann durch stärkeres Augenmerk auf die Verschraubungstechnik begegnet werden. Die Typgröße von Flanschen sowie Typ und Material der zugehörigen Dichtungen müssen zum Einsatzzweck passen. Zum Beispiel sind bei Gassystemen und bei Sperrschiebern für den Hauptflüssigkeitsstrom Spiraldichtungen zu verwenden, um das Ausfallrisiko zu verringern.

Es ist zu überlegen, ob die Anzahl der Flansche dadurch verringert wird, dass statt Flansche Schweißverbindungen eingesetzt werden, soweit dies mit den Betriebs- und Wartungsanforderungen der Anlage verträglich ist.

Gewindeverbindungen können durch beschädigte Gewinde oder durch Korrosion undicht werden, oder wenn sie mit ungenügendem Schmiermittel oder zu geringem Drehmoment festgezogen werden. In Pipeline-Standards sollte für Zweigleitungen, die an eine Hauptpipeline angeschlossen werden können, eine Mindestgröße festgelegt werden, um sie vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, da eine sehr kleine Pipeline beim Anschließen an eine sehr große leicht beschädigt wird.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Jeder Flansch bzw. jede Flanschbaugruppe sollte den Konstruktionsvorschriften genügen, um sicherzustellen, dass die Flanschbaugruppe den vorgesehenen maximalen Betriebsdruck der Pipeline aushalten kann. Das Einhalten der Konstruktionsvorschriften stellt außerdem sicher, dass der Flansch seine physikochemischen Eigenschaften bei jeder Temperatur behält, der er erwartungsgemäß im Betrieb ausgesetzt werden könnte.

**Einsatz:** Geschraubte Flansche und mit Dichtungen versehene Flansche sind überall dort erforderlich, wo Rohre, Pumpen oder Schieber getrennt oder entfernt werden können müssen. Deshalb ist es nicht möglich, ein Transport- und System zum Umgang völlig ohne Flansche und Verbindungsarmaturen aufzubauen.

**Anwendungsbereich:** In sehr vielen Fällen anwendbar innerhalb der Grenzen, die sich aus betrieblichen Anforderungen hinsichtlich Wartungsarbeiten oder hinsichtlich der Flexibilität des Transportsystems ergeben.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei neu zu installierenden Systemen ist es eine kostengünstige Wahlmöglichkeit, die Anzahl der Flansche gering zu halten, indem statt Flansche Schweißverbindungen eingesetzt werden, soweit dies mit den Betriebs- und Wartungsanforderungen der Anlage verträglich ist. Die Kosten einer nachträglichen Umrüstung sind mittelhoch oder hoch.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

### 4.2.2.2. Auswahl und Wartung von Dichtungen

**Beschreibung:** Das richtige Auswählen und das regelmäßige Warten von Dichtungen (z. B. ein kontrolliertes Nachziehen des Flansches) sind sehr wichtige Emissionsverminderungsmaßnahmen. Außerdem ist es nötig,

Dichtungen regelmäßig zu kontrollieren und auszutauschen. Dies gilt besonders für Dichtungen, die starken Temperaturwechseln oder Vibrationen (mit dadurch verursachtem Verlust an Vorspannung) ausgesetzt sind. Die Hauptgesichtspunkte für eine richtige Auswahl sind folgende:

- Verträglichkeit mit dem Arbeitsmedium (Prozess-Fluid)
- Betriebstemperatur und -druck
- Schwankungen der Betriebsbedingungen (beispielsweise bei zyklischer Nutzung)
- Art der jeweiligen Verbindung.

Es gibt drei Hauptkategorien von Dichtungen:

- weich (nichtmetallisch)
- halbm metallisch
- metallisch.

Die mechanischen Eigenschaften und die Dichtungsleistung dieser drei Kategorien sind sehr unterschiedlich, sie hängen vom Typ der Dichtung und von ihrem Material ab. Es ist klar, dass aus Sicht der Dichtungsgestaltung die mechanischen und die Abdichteigenschaften wichtige Faktoren sind; die Auswahl einer konkreten Dichtung hängt aber hauptsächlich von Folgendem ab:

- Temperatur und Druck des eingeschlossenen Mediums
- chemische Eigenschaften des Mediums
- mechanische Belastung der Dichtung
- Abdichtungseigenschaften der Dichtung.

**Weichdichtungen (nicht-metallisch)** Oft aus Verbundschichtmaterialien bestehend, für einen großen Bereich allgemeiner Anwendungen und Anwendungen mit korrosiven Chemikalien geeignet. Im Allgemeinen beschränkt auf Einsatzfälle mit niedrigen oder mittleren Drücken. Typen: Faser verstärkte Folie, Blähgraphit, PTFE (Polytetrafluorethylen) in verschiedenen Formen (darunter gegen Herausdrücken widerstandsfähige Formen mit Berücksichtigung der Ausrichtung des PTFE) und hoch temperaturfeste Folienmaterialien auf Glimmerbasis.

**Verbunddichtungen (halbm metallisch)** Verbunddichtungen, bestehend aus metallischen und nichtmetallischen Materialien, wobei das Metall normalerweise für die mechanische Festigkeit und Spannkraft der Dichtung sorgt. Gleichmaßen geeignet für Einsatzfälle mit hohen wie auch mit niedrigen Temperaturen und Drücken. Typen: Kammprofil dichtungen mit Auflage und Metallkern, metallummantelte Dichtungen mit Auflage, metallene Wellringe mit Auflage, Dichtungen mit metallischer Inneneinfassung, metallummantelte Dichtungen, metallverstärkte Weichdichtungen (darunter spießblechverstärktes Graphit and drahtgewebeverstärkte Fasermaterialien), metallische Wellringe und Spiraldichtungen.

**Metall dichtungen** Gefertigt aus einem einzigen Metall oder aus einer Kombination metallischer Materialien, in einer Vielzahl von Formen und Größen. Gleichmaßen geeignet für Einsatzfälle mit hohen Temperaturen und Drücken. Typen: Linsendichtungen, RTJ-Dichtungen und Schweißringdichtungen.

Eine gut funktionierende Dichtung muss gegen Beeinträchtigung ihrer Qualität durch das eingeschlossene Fluid widerstandsfähig sein, außerdem muss sie chemisch und physikalisch damit verträglich sein. Bei metallischen Dichtungen muss auch elektrochemische (galvanische) Korrosion beachtet werden. Solche Effekte können dadurch klein gehalten werden, indem Dichtung und Flansch aus solchen Metallen gewählt werden, die in der elektrochemischen Spannungsreihe nahe beieinander liegen.

Aus Blech geschnittene Dichtungen funktionieren dann am besten, wenn man das Material so dünn wählt, wie es die Flanschanordnung gerade noch zulässt, aber dick genug, um Unebenheiten, gegenseitige Schräglagen, mangelnde Oberflächenqualität und Steifigkeit etc. der Flanschflächen ausgleichen zu können. Je dünner die Dichtung ist, umso größer ist die Schraubkraft, die die Dichtung aushalten kann, umso geringer ist der Verlust an Schraubenspannung durch Ermüdung und – infolgedessen – umso länger die Lebensdauer der Dichtung.

Umso kleiner ist dann auch diejenige Fläche der Dichtung, die Angriffen durch den Innendruck und durch das aggressive Fluid ausgesetzt ist.

Im montierten Zustand muss eine Dichtung kleinere Ausrichtungsfehler und Unvollkommenheiten der Flansche ausgleichen können, wie beispielsweise:

- nicht parallel liegende Flansche
- Vertiefungen durch Verziehen
- Oberflächenwelligkeit
- Oberflächenriefen
- sonstige Abweichungen vom perfekten Oberflächenzustand.

Im montierten Zustand wird eine Flanschdichtung durch von den Flanschflächen auf sie ausgeübten Druck belastet. Dieser Druck wird normalerweise durch unter Zugspannung stehende Schrauben erzielt. Um die Dichtwirkung während der ganzen Lebensdauer der Baugruppe aufrechtzuerhalten, muss ständig ein ausreichend hoher Druck auf der Oberfläche der Dichtung liegen, damit kein Leck entsteht. Unter Betriebsbedingungen wird dieser Druck durch den hydrostatischen Längsdruck vermindert, also durch die vom Innendruck verursachte Kraft, die die Flansche auseinander zu drücken versucht. Die Dichtung selbst wird außerdem durch eine Querkraft belastet, verursacht durch den Druck des inneren Fluids, das versucht, sich durch den Zwischenraum zwischen den Flanschen nach außen zu zwängen. Um die Unversehrtheit der Dichtung zu erhalten, muss der effektive Druck auf die Dichtung (also die Schraubenkraft minus der hydrostatischen Längskraft) um einen gewissen Faktor größer sein als der Innendruck. Dieser Faktor hängt vom Typ und vom Herstellungsverfahren der Dichtung sowie vom Grad der geforderten Abdichtungswirkung ab.

Speziell bei Spiraldichtungen sind Planheit und Parallelität der Flansche wichtige Faktoren für eine gute Abdichtungswirkung.

Bei Weichdichtungen muss außerdem eine genügend starke Reibung zwischen Dichtung und den Flanschflächen bestehen, damit ein Herausdrücken der Dichtung (nach außen aus dem Spalt) möglichst verhindert wird. Um einer – normalerweise unvermeidlichen – Verringerung des Druckes auf die Dichtung Rechnung zu tragen, wird üblicherweise ein Sicherheitsfaktor von mindestens 2 zwischen dem Montagedruck und dem zum Aufrechterhalten der Abdichtungswirkung erforderlichen Druck empfohlen.

Wichtig für eine gute Abdichtungswirkung ist ein passendes Montageverfahren; detaillierte Hinweise hierzu siehe: [149, ESA, 2004].

Normalerweise werden Dichtungen nicht wieder verwendet, weil sie sich unter Betriebsbedingungen stark verändert haben könnten und deshalb möglicherweise nicht mehr die normale Abdichtungswirkung bieten. Die Kosten für neue Dichtungen sind jedenfalls sehr gering.

Hochzuverlässige Dichtungen sind beispielsweise Spiraldichtungen, Kammdichtungen und R-Ringe.

Blähgraphit und behandelte PTFE-Dichtungsmaterialien haben sich für viele unterschiedliche Dichtungsformen als sehr gut erwiesen, sie liefern eine Abdichtung, die bei Weitem besser ist als die der früheren Dichtungen auf Asbestbasis.

**Literatur:** Hinweise für sicheren Einsatz von Dichtungen – Flansche und Dichtungen (ESA-Veröffentlichung Nr. 009/98), in mehreren Sprachen verfügbar. [149, ESA, 2004]

#### 4.2.2.3. Verbesserte Flansche

**Beschreibung:** In Einsatzfällen mit hoher Gefahr von Umweltverschmutzung verwendet man üblicherweise Flansche mit Nut und Feder oder mit Vorsprung und Vertiefung oder aber Spezialdichtungen wie etwa solche mit Metall oder Nuten.

**Literatur:** [18, UBA, 1999]



#### 4.2.2.4. Auffangen von Dämpfen

**Beschreibung:** Während des Füllens einer Rohrleitung entweichende Gase können aufgefangen und entweder zurück zu dem Tank, aus dem das Medium geliefert wurde, „gependelt“, oder aber in einem Abgasreinigungssystem behandelt werden. Für weitere Einzelheiten siehe Abschnitt 4.2.8. ECM für das Be- und Entladen von Transportfahrzeugen.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.3. ECM für oberirdische, geschlossene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle

##### 4.2.3.1. Innenkorrosion und Erosion

Innenkorrosion kann durch die korrosiven Eigenschaften des transportierten Stoffes verursacht werden. Die wichtigste Maßnahme, Korrosion gering zu halten, besteht im Wählen des richtigen Konstruktionsmaterials.

Erosion entsteht durch mechanische Abnutzung der Innenfläche der Rohrleitungen, verursacht durch außergewöhnlich hohe Strömungsgeschwindigkeiten, durch in der Flüssigkeit mittransportierte Gase oder durch Verunreinigung der Flüssigkeit mit Feststoffen. Erosion kann durch eine Kombination von Durchflussmanagement, Korrosionsinhibitoren, Innenauskleidungen und häufiges Einsetzen von Molchen gesteuert werden.

Abweichungen von den bei der Konstruktion angenommenen Bedingungen können die Korrosions- und/oder Erosionsraten beeinflussen. Normalerweise werden die betreffenden Änderungen vor ihrer Einführung im Rahmen des Systemmanagements – beispielsweise durch eine „Änderungsmanagement-Prozedur“ – geprüft.

Um einen Schutz hoher Güte zu erreichen, kann eine einer strengen Qualitätsspezifikation genügende Innenbeschichtung eingesetzt werden. Wo Rohre durch Schweißen verbunden werden, sodass Metall freiliegt, muss auch der Bereich der Schweißstelle beschichtet werden, um einen hohen Schutz zu erreichen. Falls dies nicht möglich ist, sollte der Einsatz von Korrosionsinhibitoren in Betracht gezogen werden.

Wenn bei innen beschichteten Leitungen der Einsatz eines Molchs geplant ist, dann ist eine sorgfältige Auswahl des Molchs sehr wichtig, um Beschädigungen der Auskleidung zu vermeiden.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

##### 4.2.3.2. Außenkorrosion – oberirdische Leitungen

**Beschreibung:** Zur Verhinderung von Korrosion durch atmosphärische Einflüsse wird das System normalerweise mit einer, zwei oder drei Schichten lackiert. Das Beschichtungssystem muss den örtlichen Bedingungen (z. B. Lage in Meeresnähe etc.) Rechnung tragen. Rohrleitungen aus Kunststoff oder nicht rostendem Stahl werden normalerweise nicht beschichtet.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.4. ECM für oberirdische offene Leitungssysteme – betrieblich - Gasemissionen

##### 4.2.4.1. Ersetzen durch geschlossene Leitungssysteme

**Beschreibung:** Für eine allgemeine Beschreibung eines offenen Leitungssystems siehe Abschnitt 3.2.1.1. Maßnahmen zur Emissionsverminderung bei geschlossenen Leistungssystemen werden in den Abschnitten 4.2.2 und 4.2.3 beschrieben.



**Einsatz:** Geschlossene Leitungssysteme werden normalerweise für den Transport von flüchtigen Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen verwendet, weil diese Medien gasförmige Emissionen abgeben können. Offene Systeme sind nur für ungefährliche, sich schwer verflüchtigende Medien geeignet.

**Anwendungsbereich:** Verwendbar für alle Flüssigkeiten und verflüssigten Gase

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Geschlossene Leitungssysteme sind bei neu zu installierenden Systemen kein großer Kostenfaktor, bei Nachrüstung sind die Kosten mittelhoch oder hoch, je nach Aufbau des vorhandenen Systems.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.4.2. Reduzierte Länge

**Beschreibung:** Durch Reduzieren der Länge oberirdischer offener Leitungssysteme, wie etwa Rinnen, werden mögliche Emissionen vermindert.

**Einsatz:** Die Länge sollte so gering wie praktisch möglich sein.

**Anwendungsbereich:** Anwendbar bei allen neu zu installierenden Systemen. Die Anwendbarkeit bei Nachrüstungen hängt von den örtlichen Umständen ab.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei Neuinstallationen sind die Kosten dieser Maßnahme gering; bei Nachrüstung hängen sie vom Aufbau des vorhandenen Systems ab.

**Literatur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.5. ECM für oberirdische offene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle

Hierfür gelten dieselben ECM wie für oberirdische geschlossene Leitungssysteme; siehe Abschnitt 4.2.3.

#### 4.2.6. ECM für unterirdische geschlossene Leitungssysteme – betrieblich - Gasemissionen

Hierfür gelten dieselben ECM wie für oberirdische, geschlossene Leitungssysteme; siehe Abschnitt 4.2.2.

#### 4.2.7. ECM für unterirdische geschlossene Leitungssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle

Hierfür gelten dieselben ECM wie für oberirdische geschlossene Leitungssysteme; siehe Abschnitt 4.2.2, außer für Außenkorrosion“, die im Folgenden behandelt wird.

#### 4.2.7.1. Außenkorrosion – unterirdische Leitungen

Es ist eine übliche Technik, unterirdische Leitungssysteme durch eine Kombination von äußerer Beschichtung und kathodischem Schutz zu schützen.

##### *Außenbeschichtung*

Außenbeschichtungen für vergrabene Pipelines sollten geeignete mechanische und elektrische Eigenschaften haben, sodass sie örtlichen korrosiven Bodeneinflüssen gut widerstehen können. Außerdem sollten sie sehr gute Hafteigenschaften besitzen. Im Herstellerwerk aufgebraute Außenbeschichtungen sind zu bevorzugen. Übliche Leitungsbeschichtungen bestehen aus Steinkohlenteer oder Bitumen, mit einer Faserverstärkung zur besseren Haftung. Polyethylen, Epoxidpulver und andere Harze können ebenfalls verwendet werden.

Jede vergrabene Leitung muss an einigen Stellen eine vor Ort aufgebraute Beschichtung haben, nämlich dort, wo Abschnitte zusammengeschweißt oder wo Fittings an Hauptleitungen sitzen. Das Umhüllen dieser freiliegenden Bereiche kann unter Aufsicht erfolgen, um sicheres Haften und Verträglichkeit mit der Beschichtung der Hauptleitung und dem System für kathodischen Schutz sicherzustellen. Außenbeschichtungen werden normalerweise entsprechend internationalen Standards konzipiert und aufgebracht, wie etwa NACE RP-02-75, RP-01-69-92 und ASME B31.1, B31.3, B31.4, B31.8.

##### *Kathodischer Schutz*

Dies ist eine Technik, mit der unterirdische Leitungen geschützt werden können. Sie wird in der Regel für Leitungen mit großem Durchmesser eingesetzt, die nicht auf andere Weise geschützt werden können.

Eine nicht erkannte Fehlstelle in der Beschichtung einer Leitung kann ernste Folgen haben, weil alle etwa im Boden fließenden, korrosiv wirkenden Ströme an dieser Stelle zusammenlaufen. Diesem potenziellen Problem begegnet man durch ein System für kathodischen Schutz. Die Ausgestaltung eines Systems für kathodischen Schutz ist ein besonderes Fachgebiet, für ein optimales Ergebnis sollte ein darauf spezialisierte Ingenieur hinzugezogen werden.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001]

#### 4.2.8. ECM für das Be- und Entladen von Transportfahrzeugen

**Beschreibung:** Dämpfe, die während des Beladens von Tanklastwagen, Tankwaggons und Tankschiffen herausgedrückt werden, können frei entweichen; alternativ – wenn die Dämpfe des Produkts erhebliche negative Einflüsse auf die Umwelt haben – können sie zu dem Tank, aus dem das Produkt gerade entnommen wurde, „zurückpendeln“ lassen oder sie durch ein Abgasreinigungssystem behandeln lassen. Gaspendelung und Abgasreinigung sind ECM auch beim Füllen von Tanks – siehe Abschnitte 4.1.3.13 und 4.1.3.15. Während des Entladens des Produkts gibt das Transportfahrzeug keine Emissionen ab, weil das entnommene Produkt durch Luft oder (wenn ein Gaspendelungssystem installiert ist) Gas ersetzt wird.

##### 4.2.8.1. Gaspendelung beim Be- und Entladen von Transportfahrzeugen

**Beschreibung:** Gaspendelung kann sowohl beim Be- als auch beim Entladen von Transportfahrzeugen durchgeführt werden. Während des Beladens werden die aus dem Fahrzeug herausgedrückten Gase mit Hilfe von am Fahrzeug installierten Leitungen (oder mithilfe von speziellen Ladearmen) aufgenommen und über Gaspendelleitungen zurück zum Lagertank, aus dem das Produkt herausgepumpt wird, gefördert. Während der Entladung bewegen sich die Gase in der entgegengesetzten Richtung, da sie durch den ansteigenden Produktpegel im Tank zu dem entladenden Transporter hin verdrängt werden. Für eine Gaspendelung beim Entladen muss das Transportfahrzeug an Bord Gasleitungen installiert haben, über die der Lagertank mit dem Fahrzeugtank (oder bei Tanklastwagen mit der Tankkammer) verbunden werden kann. Bei einem Gaspendelungssystem wird ein druckloser Lagertank mit Festdach benötigt.

Das Pendelungsprinzip erfordert gasdichte Leitungen zwischen dem Lagertank und dem Transportfahrzeug. Am Beladepunkt muss ein Gasanschlussystem vorhanden sein, um die Beladeeinrichtung mit dem Fahrzeug verbinden zu können. Das System sollte so konstruiert sein, dass bei der maximalen Dampfströmungsgeschwindigkeit (d.h. bei maximaler Flüssigfüllung plus etwaiger bei der Tankbefüllung auftretender Tankatmung) die Druckzunahme im Tank, der befüllt wird (entweder der Lagerungs- oder der Transporttank), keine Emission über die Druckentlastungsventile des Tanks zur Folge hat. Andererseits sollten beide Tanks so konstruiert sein, dass der in dem Tank, aus dem das Produkt herausgepumpt wird, erzeugte Unterdruck nicht zu einem Öffnen der Unterdruck-Entlastungsventile des Tanks führt. Dies würde dazu führen, dass Luft in den Tank eingesaugt wird und eine wirksame Gaspendelung nicht erreicht wird. Zu den Konstruktionsgesichtspunkten zählt ein weitgehendes Verhindern möglicher Flüssigkeitsblockaden des Gassystems durch kondensierte Flüssigkeit an tief gelegenen Stellen des Leitungssystems.

Wo keine speziellen Transportfahrzeuge benutzt werden (insbesondere zum Beladen von Schiffen und Eisenbahnwaggons, wo die Transportfahrzeuge im internationalen Warenverkehr eingesetzt werden) kann es Probleme damit geben, sicherzustellen, dass die Transportfahrzeuge Gassammelleitungssysteme an Bord installiert haben. Außerdem kann es dort, wo solche Leitungen installiert sind, Kompatibilitätsprobleme wegen unterschiedlicher Größe und/oder Lage der Gasanschlüsse am Fahrzeug und an der Beladeeinrichtung geben. Da die Wartung der Leitungen, Ventile und Anschlüsse an Bord der Transportfahrzeuge im Allgemeinen nicht der Kontrolle des Betreibers der Lagereinrichtungen unterliegt, sind diese möglicherweise nicht so effektiv wie die ortsfest installierte Einrichtung.

Das System muss gegen die Risiken des Umgangs mit potenziell explosiven Luft/Kohlenwasserstoff-Gemischen, des Mischens unverträglicher Stoffe und des Auftretens großer Druckunterschiede zwischen dem Lagertank und dem Transportfahrzeug gesichert sein.

Wo eine Anzahl von Tanks mit einem gemeinsamen Gassammelsystem verbunden sind, muss dieses System sorgfältig konzipiert worden sein, um sicherzustellen, dass die Flüssigkeits-/Gasanschlüsse stets beide am selben Tank hergestellt werden und dass die Gefahr, dass bei Unfällen mehrere Tanks betroffen werden, möglichst gering gehalten wird.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Die mögliche Emissionsverminderung wird durch Leckverluste in den Gasanschlussystemen an Bord des Transportfahrzeugs und in der ortsfesten Einrichtung begrenzt. Es können Wirkungsgrade von mehr als 95 % erreicht werden. Wenn von oben kommende Ladearme (die normalerweise gegen eine offene Luke abgedichtet sind) zum Gas auffangen benutzt werden, sinkt der Wirkungsgrad, weil eine größere Möglichkeit zu Leckstellen rund um die Lukendichtung besteht und weil vor und nach dem Beladen Emissionen von der offenen Luke ausgehen.

**Einsatz:** Diese Technik ist ziemlich leicht zu bedienen, erfordert aber mehr Inspektionsaufwand bei den Detonationssperren und Überdruck-/Unterdruckventilen (PVRVs) sowie bei den Prüfungen auf Gaslecks. An tief liegenden Stellen des Gasleitungssystems und in den Gehäusen von Detonationssperren können sich Kondensate ansammeln, deren Entfernung ein Problem sein kann.

**Anwendungsbereich:** Gaspendelsysteme bei drucklosen Tanks und Transportfahrzeugen können nur bei Festdachtanks eingesetzt werden. Transportfahrzeuge benötigen an Bord installierte Gassammelsysteme, außer wenn modifizierte, von oben kommende Ladevorrichtungen benutzt werden. Nur eine begrenzte Anzahl von hochseetüchtigen Allzwecktankern ist mit Gassammelleitungen ausgerüstet.

Der Nenndruck der Lagertanks und der Transportfahrzeug-Tanks muss ausreichend groß sein, damit das Gaspendelsystem funktioniert und es nicht wegen zu starkem Über- oder Unterdruck zu Emissionen durch die Überdruck-/Unterdruckentlastungsventile kommt. Wo Gaspendelung beim Beladen eines Transportfahrzeugs durchgeführt wird, muss eine mögliche wechselseitige Verunreinigung der geladenen Flüssigkeit durch Gase von der zuvor transportierten Fracht bedacht werden, die aus dem Transportfahrzeug herausgedrückt werden. Wo Gaspendelung beim Entladen durchgeführt wird, muss der Besitzer des Transportfahrzeugs die Wirkung auf die nächste Fracht dieses Fahrzeugs bedenken. Dies kann dazu führen, dass das Transportfahrzeug vor der nächsten Beladung gründlich durchgespült wird (möglicherweise unkontrolliert, z. B. das Spülen von Schiffstanks auf See).

**Sicherheitsaspekte:** Gaspendingelung bringt die Möglichkeit großer Gefährdungen mit sich, insbesondere das Risiko von Brand und Explosion. Es besteht die Möglichkeit von Verstopfungen durch Rostpartikel etc. und von Schäden, verursacht durch mangelhafte Wartung von Detonationssperren. Einzelheiten bei der Auslegung sind sehr wichtig, z.B. müssen sowohl Lager- als auch Transportfahrzeugtanks mit Überdruck-/Unterdruck-Entlastungsventilen ausgerüstet sein. Es sind schon schwere Kollabierungen bei Tanks und Transportfahrzeugen vorgekommen, verursacht durch hohe Unterdrücke bei verstopften oder nicht richtig geöffneten Gaspendelleitungen. Es sind auch Brände und Explosionen vorgekommen, verursacht durch Fehlfunktionen des Gaspendelsystems oder durch mangelhafte Wartung von Detonationssperrensystemen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten der Installation einer Gaspendeleinrichtung sind mittelhoch bis hoch. Wesentliche Kosten sind abhängig von der konkreten Anlage, da sie von der Anordnung der vorhandenen Lagertanks und der Entfernung zwischen den Tanks und der Beladeeinrichtung abhängen. Kosten entstehen nicht nur für die Beladeeinrichtung. Gassammelsysteme sind grundsätzlich bei Transportfahrzeugen erforderlich. Die Kosten der Installation sind hoch, insbesondere bei Schiffen ohne Schutzgasinstallation.

### 4.2.8.2. Abgasreinigung beim Beladen von Transportfahrzeugen

**Beschreibung:** Eine Abgasreinigung erfordert es, die Gase während des Beladens eines Transportfahrzeugs zu sammeln und über Leitungen einem Abgasreinigungssystem zuzuführen.

Die beim Beladen von Transportfahrzeugen benutzten Abgasbehandlungssysteme sind dieselben wie diejenigen, die beim Füllen von Tanks benutzt werden. Diese Systeme sind im Abschnitt 4.1.3.15 beschrieben.

Die Gesichtspunkte für die Gassammlung an einem Transportfahrzeug, das gerade beladen wird, sind dieselben wie bei der in Abschnitt 4.2.8.1 beschriebenen Gaspendingelung.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich Umweltschutz:** Die mögliche Emissionsverminderung ist begrenzt durch

- die Effizienz des Gassammelsystems, und durch
- die Effizienz des Abgasreinigungssystems.

Leckverluste können in den Gasanschlussystemen an Bord des Transportfahrzeugs und in der ortsfesten Einrichtung entstehen. Wenn von oben arbeitende Gassammelarme zum Gassammeln benutzt werden, sinkt der Gassammlungs-Wirkungsgrad, weil eine größere Möglichkeit zu Leckstellen rund um die Lukendichtung besteht und weil die Luke vor und nach dem Beladen offen sein muss.

Die Effizienz eines Abgasreinigungssystems hängt von der benutzten Technologie und von dem Produktgas ab, das behandelt wird. Zwar kann eine stärkere Verminderung der gesamten Emissionen dadurch erreicht werden, indem zwei Systeme hintereinander gesetzt werden, doch ist die zusätzliche Emissionsverminderung gering, vergleichen mit einem einstufigen Verfahren. Beispielsweise kann man bei Benzin mit einstufigen Dampfdruckgewinnungsanlagen einen mittleren Wirkungsgrad von 99 % erreichen. Durch Hinzufügen einer zweiten Stufe lassen sich möglicherweise weitere 0,9 % der Abgase entfernen. Die Kapital- und Betriebskosten der zweiten Stufe führen also zu einem sehr schlechten Verhältnis von Kosten pro Tonne beseitigter Abgase. Außerdem erzeugen die Einheiten der zweiten Stufe zusätzliche Luftemissionen – z. B. indirekt CO<sub>2</sub> durch den Stromverbrauch oder NO<sub>x</sub> durch einen thermischen Oxidator – die in Relation zur erreichbaren Verminderung der VOC-Emissionen betrachtet werden müssen.

**Einsatz:** Die Einsetzbarkeit hängt von der angewendeten Abgasbehandlungstechnik ab (siehe die Abschnitte 4.1.3.15.1 bis 4.1.3.15.5). Normalerweise laufen die Prozesse automatisch gesteuert ohne Bedienpersonal, doch sind die Anforderungen an die Wartung hoch. Für Bedienung und Wartung ist speziell geschultes Personal nötig.

**Anwendungsbereich:** Durch Be- und Entladen entstehende Emissionen sind nicht kontinuierlich und ihre Signifikanz hängt von Art und Menge des emittierten Stoffes ab. In den Niederlanden gilt beispielsweise eine Methanol-Emission von mehr als 500 kg/Jahr als signifikant und muss deshalb vermindert werden. Allerdings

sind der Technischen Arbeitsgruppe keine weiteren Informationen zur Verfügung gestellt worden, um entscheiden zu können, wann eine Emission als signifikant einzustufen ist.

Normalerweise wird Gaspendingelung oder Abgasbehandlung von beim Beladen verdrängten Gasen angewandt; entsprechende Techniken sind für eine große Palette von Produkten verfügbar, können aber sehr empfindlich auf Schwankungen der Durchfluss- oder Konzentrationsraten oder auf Kontaminationen (z. B. H<sub>2</sub>S-Vergiftung von Kohlefiltern) reagieren. Wasserdampf führt zu Problemen in bei niedrigen Temperaturen arbeitenden Systemen.

**Sicherheitsaspekte:** Jede Technik muss auf individuelle Sicherheitsaspekte hin geprüft werden, z. B. auf die Möglichkeit unkontrollierter exothermischer Reaktionen in Adsorptionssystemen.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Die meisten Abgasreinigungssysteme haben einen hohen Energiebedarf, der mit entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen einhergeht. In vielen Systemen besteht ein Potential zur Erzeugung von Abfall (in Adsorptionssystemen verbrauchter Kohlenstoff, kontaminiertes Abwasser etc.). Thermische Oxidation erzeugt Verbrennungsprodukte. Kühlsysteme nutzen möglicherweise ozonschädliche Stoffe.

**Wirtschaftlichkeit:** Abgasreinigung verursacht hohe Investitions- und Betriebskosten. Ein aktueller Bericht für die EU-Kommission, Generaldirektion Umwelt (AEAT, Rudd und Hill, Maßnahmen zur Emissionsverminderung von VOCs während des Ladens und Beladens von Schiffen in der EU, August 2001) kam zu dem Schluss, dass „die Kosten pro Tonne vermiedener Emissionen für Maßnahmen beim Beladen von Schiffen höher sind als die Kosten für die teuersten Maßnahmen, die Mitgliedsstaaten wahrscheinlich durchführen, um die nationalen Emissionsgrenzwerte einzuhalten ...“

**Referenzliteratur:** [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004, 180, Netherlands, 2004] [184, TETSP, 2004]

#### 4.2.9. ECM für Produkt-Umfüllsysteme – betrieblich - Gasemissionen

Die Hauptquellen flüchtiger Emissionen in einem Lager-, Transport- und Umgangssystem sind Ventilschäfte, Flansche, Verbindungen und freie Leitungsenden, Probenentnahmestellen und Pumpendichtungen.

Im Folgenden werden technische ECM für jede dieser potenziellen Quellen beschrieben.

##### 4.2.9.1. Ausrüstungen hoher Qualität

**Beschreibung:** In vielen Fällen kann der Einsatz von Ausrüstungen besserer Qualität zu Emissionsverminderungen führen. Bei neu zu installierenden Systemen führt dies normalerweise nicht zu erheblich höheren Investitionskosten. Bei vorhandenen Systemen ist das Ersetzen bestehender Ausrüstungen durch solche besserer Qualität jedoch oft nicht wirtschaftlich zu rechtfertigen.

Beispielsweise sind Schieber mit Dichtungen hoher Qualität erhältlich, die nur sehr geringe flüchtige Emissionen abgeben. Um geringe Emissionen zu erreichen, besitzen diese Schieber verbesserte Dichtungen, haben sehr geringe Fertigungstoleranzen und werden sorgfältig zusammengebaut.

**Einsatz:** Der Einsatz von Ausrüstung besserer Qualität kann zu weniger Stillstandszeiten und Wartungsbedarf führen.

**Anwendungsbereich:** In sehr vielen Fällen anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Geringe Kosten bei neu zu installierenden Systemen. Die Kosten einer nachträglichen Umrüstung sind hoch.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.2. Weglassen von freien Leitungsenden und Ventilen

**Beschreibung:** Freie Leitungsenden gibt es an den Öffnungen von Entleerungs- oder Probenentnahmestellen. Diese Stellen sind üblicherweise mit einem im Normalbetrieb geschlossenen Ventil versehen.

Alle Entleerungsstellen, die nicht regelmäßig geöffnet werden, sind normalerweise mit einer Kappe, einem Blindflansch oder einem Stopfen ausgestattet. Solche, die regelmäßig geöffnet werden müssen, sind mit einem zweiten Ventil ausgestattet.

**Einsatz:** Das Entfernen von Kappen, Blindflanschen etc. kostet mehr Zeit.

**Anwendungsbereich:** In sehr vielen Fällen anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Das Risiko unbeabsichtigten Auslaufens wird verringert.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten dieser Technik sind niedrig.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.3. Glockenventile

**Beschreibung:** Bei Glockenventilen entstehen keine Emissionen am Schaft, da diese Ventile einen metallenen Balg besitzen, der eine Sperre zwischen der Ventilscheibe und dem Ventilkörper bildet.

Allerdings ist die damit erreichte Emissionsverminderung im Vergleich zum Einsatz von Außenspindelschiebern hoher Qualität nicht ausreichend, um die sehr hohen Kosten aus Umweltschutzgründen zu rechtfertigen. Solche Ventile werden aus Gesundheits- oder Sicherheitsgründen bei hoch toxischen Versorgungsleitungen eingesetzt (um das Risiko zu verringern, dass das Bedienpersonal toxischen Dämpfen ausgesetzt wird), oder bei stark korrosiven Stoffen (um das Risiko von Korrosionen an Ventiltteilen zu verringern, was zu Undichtigkeiten führen kann).

**Einsatz:** Der Balg ist die Schwachstelle dieser Konstruktion, die Lebensdauer kann sehr unterschiedlich sein. Aus diesem Grund wird diese Art der Abdichtung normalerweise durch eine herkömmliche Stopfbüchsendichtung ergänzt und kann mit einem Lecksensor ausgerüstet werden.

**Anwendungsbereich:** Glockenventile werden bei toxischen oder korrosiven Produkten verwendet, weil die Zusatzkosten für diese Ventile den Einsatz bei weniger gefährlichen Produkten nicht rechtfertigen.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Glockenventile sind im Vergleich zu Ventilen mit normaler Abdichtung sehr teure Ausrüstungsteile.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.4. Schieber mit Membrane

**Beschreibung:** Bei dieser Art von Schiebern wird eine Membrane zum Trennen der „arbeitenden“ Teile des Schiebers von der Flüssigkeit im Hauptgehäuse verwendet. Die Membrane kann auch zur Steuerung des Durchflusses dienen. Wenn die Membrane schadhaft wird, entstehen allerdings Emissionen.



**Einsatz:** Die Vorteile dieser Art von Schiebern liegen darin, dass keine Probleme mit dem dicht schließenden Sitz auftreten und dass keine Stopfbüchsen erforderlich sind. Das Material der Membrane ist normalerweise der begrenzende Faktor, was die Maximalwerte von Betriebsdruck und -temperatur angeht. Eine Beschädigung der Membrane verursacht sehr schnell einen Totalausfall.

**Anwendungsbereich:** Da sich keine beweglichen Teile in der Flüssigkeit befinden, werden solche Schieber oft bei aggressiven Flüssigkeiten verwendet, die beispielsweise einen kleinen Anteil an Feststoffen enthalten können. Der Schieberkörper selbst kann auch korrosionsfest ausgekleidet sein.

**Sicherheitsaspekte:** Die Möglichkeit eines Membranrisses bedeutet, dass dessen Folgen sorgfältig bedacht werden sollten, insbesondere dann, wenn toxische oder brennbare Produkte durch die Leitung transportiert werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei Neuinstallationen sind die Kosten dieser Komponenten gering; bei Nachrüstung hängen sie vom Aufbau des vorhandenen Systems ab.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.5. Dreh-Steuerschieber

**Beschreibung:** Steuerschieber werden häufig geöffnet und geschlossen, deshalb sind sie anfälliger gegen Leckage als Absperrschieber. Durch Einsatz von Dreh-Steuerschiebern statt Außenspindel-Steuerschiebern werden Luftemissionen vermindert.

**Einsatz:** Ähnlich wie bei Außenspindel-Steuerschiebern.

**Anwendungsbereich:** Dreh-Steuerschieber haben nicht immer die in manchen Anwendungsfällen erforderlichen Durchflusseigenschaften, wie sie Außenspindel-Steuerschieber bieten.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Bei Neuinstallationen sind die Kosten dieser Komponenten gering; bei Nachrüstung hängen sie vom Aufbau des vorhandenen Systems ab.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.6. Pumpen mit variabler Drehzahl

**Beschreibung:** Steuerschieber werden häufig geöffnet und geschlossen, deshalb sind sie anfälliger gegen Leckage als Absperrschieber. Durch Einsatz von Pumpen mit variabler Drehzahl statt Außenspindel-Steuerschiebern werden Luftemissionen vermindert.

**Einsatz:** Die Einsatzmöglichkeit hängt vom Aufbau des Systems ab, die Steuerung ist aber von ähnlicher Komplexität wie die von automatischen Schiebern.

**Anwendungsbereich:** Die Anwendbarkeit hängt vom Aufbau des Gesamtsystems ab.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.



**Wirtschaftlichkeit:** Bei neu zu installierenden Systemen verursacht der Einsatz einer Pumpe mit variabler Drehzahl nur geringe Kosten. Die Kosten einer nachträglichen Umrüstung außerhalb des normalen Austauschrhythmus sind hoch.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.7. Doppelwandige Schieber

**Beschreibung:** Es gibt doppelwandige Schieber, die aus zugelassenen Standardschiebern mit einer zusätzlichen, äußeren Umhüllung bestehen, die alle kritischen Teile hermetisch umschließt, welche potenzielle Punkte für Leckagen oder Emissionen darstellen. Diese Ventile sind in allen überwachten Doppelwandsystemen erforderlich und sie können an Rohre oder Tanks angeschweißt oder angeflanscht werden.

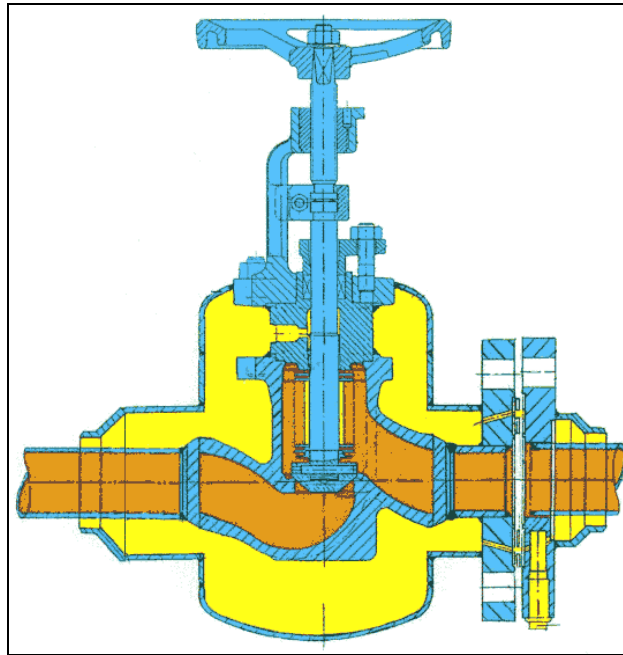


Abbildung 4.16: Aufbau eines patentierten Doppelmantelventils  
[160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Im Prinzip kann völlige Emissionsfreiheit erreicht werden.

**Einsatz:** Der maximal zulässige Druck beträgt 40 bar, die maximal zulässige Temperatur 450 °C.

**Anwendungsbereich:** In sehr vielen Fällen anwendbar, insbesondere für Benzin, Benzol und flüchtige Flüssigkeiten.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Siehe die Angaben zur Wirtschaftlichkeit für die Kombination eines doppelwandigen Tanks mit Entleerung am Boden und eines Doppelmantelventils in Abschnitt 4.1.6.1.12.

**Referenzliteratur:** [160, Sidoma Systeme GmbH, 2003]

#### 4.2.9.8. Überdruck- und Temperatur-Entlastungsventile

**Beschreibung:** Entlastungsventile werden in Transportsystemen installiert, um das Auftreten zu hoher Drücke bei Sonneneinstrahlung oder bei Notfällen zu verhindern.

Die Auslassöffnungen von Entlastungsventilen können über Leitungen zu einem geeigneten sicheren Punkt des Transport- oder Lagersystems auf der anderen Seite des eingeschlossenen Bereichs weitergeführt werden.

Entlastungsventile, die in die Atmosphäre ausströmen lassen, sollten dies zur Verhütung von Unfällen an einer Stelle tun, die in sicherer Entfernung von Aufenthaltsorten von Personen liegt.

Temperatur-Entlastungsventile sind sowohl für denkbare Brandsituationen als auch für die thermische Ausdehnung durch Umgebungseinflüsse konstruiert.

Ähnliche Entlastungssysteme werden bei Flüssigkeiten eingesetzt, die sich zersetzen können und nicht zwischen zwei geschlossenen Schiebern eingeschlossen werden können.

In Notsituationen, z. B. bei einem schnellen Schließen eines Rohrleitungsschiebers, kann eine Druckwelle entstehen, die den für die Rohrleitung maximal zulässigen Betriebsdruck überschreitet. Für solche Fälle sind die Druckwellen-Entlastungsventile so konstruiert, dass sie die Rohrleitung vor Beschädigung schützen. Rohrleitungsdruckwellen können verhindert oder klein gehalten werden, indem man Systeme zum Überwachen der Schließgeschwindigkeit von Schiebern einsetzt, üblicherweise durch Zeitsteuerung von Steuerschiebern oder durch Ausrüsten von Handschiebern mit einem Getriebe. Das Potenzial von Rohrleitungsdruckwellen steigt mit der Länge der Rohrleitung. Wo eine Gefahr vermutet wird, sollte die korrekte Schließgeschwindigkeit der Schieber mit Hilfe eines mathematischen Modells ermittelt werden.

**Einsatz:** Entlastungsventile erfordern regelmäßige Inspektion und Wartung.

**Anwendungsbereich:** In sehr vielen Fällen anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Das Risiko von Leckagen durch Überdruck wird signifikant verringert.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Niedrige bis mittelhohe Kosten.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### 4.2.9.9. Dichtungslose Pumpen

**Beschreibung:** Um ihr Inneres von der die Atmosphäre zu trennen, benötigen alle Pumpen – mit Ausnahme von Spaltröhropumpen und Membranpumpen (mit Magnetantrieb) an dem Punkt eine Abdichtung, an dem der Schaft aus dem Gehäuse ragt.

Bei dichtungslosen Spaltröhropumpen sind das Gehäuse der eigentlichen Pumpkammer, der Rotor des Motors und das Pumpengehäuse miteinander verbunden. Das hat zur Folge, dass die Motorlager in der gepumpten Flüssigkeit laufen und alle Wellendichtungen entfallen. Deswegen sind solche Pumpen nicht für Flüssigkeiten geeignet, die feste Partikel enthalten.

**Einsatz:** Zur Wartung der elektrischen Teile des Motors muss die Pumpe vollständig von Prozessflüssigkeit gereinigt werden.

**Anwendungsbereich:** Spaltröhropumpen können nicht für Flüssigkeiten verwendet werden, die möglicherweise feste Partikel enthalten. Zum Pumpen chlorierter Lösungsmittel werden üblicherweise Zentrifugalpumpen mit magnetischer Kraftübertragung verwendet.

**Sicherheitsaspekte:** Spaltröhropumpen führen bei brennbaren Flüssigkeiten zu einem erhöhten Brandrisiko.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Je nach Aufbau des Systems kann beim Reinigen der Pumpe mehr Abfall entstehen, verglichen mit einer herkömmlichen Pumpenmotorkonstruktion. Dichtungslose Pumpen erfordern mehr Energie, verglichen mit herkömmlichen Pumpen.

**Wirtschaftlichkeit:** Mittelhohe Kosten für neue Systeme und hohe Kosten für Umrüstungen.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002] [156, ECSA, 2000]

### 4.2.9.10. Verbesserte Einzeldichtungen für Pumpen

**Beschreibung:** Zu den angewandten Technologien gehören ausgeklügelte Finite-Elemente-Methoden und andere Modellierungsverfahren zum Optimieren der Bauteilformen, sowie computerberechnete Fluid-Dynamik, Entwicklung spezieller Materialien, verbesserte tribologische Eigenschaften durch Profilveränderung der Reibflächen sowie vorjustierte Fertigeinheiten zur Vermeidung von Installationsfehlern. Ein weiterer Faktor für bessere Leistung und Zuverlässigkeit der neuen Dichtungstechnologien sind die Möglichkeiten der Dichtungshersteller für Leistungstests.

Darüber hinaus ist es in Einsatzfällen, in denen bei einer Einzeldichtung ein gefahrensicherer Einschluss gefordert ist, üblich, eine äußere Sicherheitseinschluss-Komponente hinzuzufügen, um jede anormale Gasleckage aufzufangen und – soweit nötig – den Bediener durch ein druckbetätigtes Alarmsystem zu warnen. Es gibt viele Arten zusätzlicher Sicherheitseinschluss-Komponenten, darunter feste oder bewegliche Buchsen und Lippendichtungen (durch Federkraft oder Druck betätigt). Der Raum zwischen der mechanischen Dichtung und einigen Arten von Sicherheitseinschluss-Komponenten kann mit einem Fluid gefüllt werden, um eine Umgebung zu schaffen, die eine Degradation oder Kristallisation der Leckflüssigkeit verhindert.

Zur Vermeidung von Emissionen ist es wichtig, dass Pumpendichtungen (und auch Fitting- und Rohrdichtungen) so montiert und eingebaut werden, dass sie im Betrieb zur Umgebungsluft hin undurchlässig sind und dass sie unter normalen Betriebsbedingungen nicht aus ihrer Lage weggedrückt werden.

Beim Auswählen einer geeigneten Dichtungstechnologie und geeigneter Materialien werden normalerweise folgende Gesichtspunkte berücksichtigt:

- Eigenschaften der Substanz
- mechanische, thermische und durch das Produkt bestimmte Anforderungen
- Widerstandsfähigkeit gegen das zu transportierende Medium

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Für verbesserte mechanische Einzeldichtungen werden von einer petrochemischen Anlage in den Niederlanden Leckraten von 0,42 bis 1,25 g/h gemeldet, eine Chemiefabrik in Deutschland gibt 0,63 bis 1,67 g/h an.

Diese Erfahrungen und Daten sind in die deutsche Norm VDI 2440 eingearbeitet worden. Dort wird Betreibern empfohlen, als mittlere Leckrate bei mechanischen Einzeldichtungen an Prozesspumpen einen Wert von 1g/h anzunehmen.

Unter normalen Betriebsbedingungen vor Ort liegen die Emissionswerte typischerweise unter 1 g/h.

**Einsatz:** Mechanische Einzeldichtungen bieten für die meisten VOC-Versorgungsleitungen eine kostengünstige, zuverlässige Abdichtung gemäß den Spezifikationen des API Standard 682, vorausgesetzt, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Das spezifische Gewicht der Prozessflüssigkeit ist größer als 0,4.
- Der Mindestgasdruck in der Dichtungskammer ist groß genug für die Schmierung der Dichtfläche.
- Das Prozess- oder Spülfluid liefert genügend Schmierung und Kühlung für die Dichtflächen.

Für aggressive oder verfestigende Produkte können Spezialdichtungen erforderlich sein.

**Anwendungsbereich:** Verbesserte Dichtungen sind in den allermeisten Fällen geeignet; allerdings verlangen sie bei Installation und Wartung mehr Fachkenntnisse, verglichen mit Stopfbüchsendichtungen.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Stopfbüchsendichtungen sind die wirtschaftlichste Art von Dichtungen. Eine mechanische Einzeldichtung stellt bei neu zu installierenden Einrichtungen eine Alternative mit mittelhohen Kosten dar; eine Nachrüstung damit kann aber sehr teuer sein, weil möglicherweise tief greifende Änderungen an den Pumpenschäften anfallen.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002, 157, VDI, 2001] [18, UBA, 1999] [149, ESA, 2004] [175, TWG, 2003]

#### 4.2.9.11. Drucklose Doppeldichtungen für Pumpen

**Beschreibung:** Die einfachste Weiterentwicklung einer Einzeldichtung (die das Prozess-Fluid isoliert) besteht darin, eine zweite mechanische Dichtung außerhalb dieser Hauptdichtung einzusetzen. Das in den Raum zwischen den beiden Dichtungen gelangte Leckgas kann dann effizient zu einer Abfackelungs- oder einer Abgasreinigungseinrichtung geleitet werden.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Anordnungen mit einer Doppeldichtung und einer drucklosen Pufferflüssigkeit bieten Emissionswerte, die typischerweise unter 0,01 g/h liegen, wodurch Emissionspegel von unter 10 ppm ( $< 1$  g/Tag) erreicht werden, wenn die Emissionen einer Abfackelungs- oder einer Abgasreinigungseinrichtung zugeführt werden.

Um Luftemissionen fast vollständig zu unterdrücken, kann das Gasgemisch durch einen Strom von Stickstoff-Puffergas weggespült werden und mit Hilfe eines mechanisch abgedichteten Kanals zum Reinigungs-/Entsorgungssystem geleitet werden.

**Einsatz:** Normalerweise gibt es eine Verbindung vom obersten Punkt des Reservoirs zu einem Abfackelungs- oder einem Abgasreinigungssystem, wobei diese Verbindung eine Öffnung und ein Warnsystem besitzt, das eine Verschlechterung der Wirkung der Hauptdichtung meldet.

**Anwendungsbereich:** Wird üblicherweise angewendet, wenn eine VOC-Flüssigkeit transportiert wird. Einige Betreiber benutzen eine Spülung mit Stickstoff.

**Referenzliteratur:** [149, ESA, 2004]

#### 4.2.9.12. Druckbeaufschlagte Doppeldichtungen für Pumpen

**Beschreibung:** Diese Konstruktion besteht aus zwei Dichtungen mit einem dazwischen befindlichen Sperr-Fluid (flüssig oder gasförmig), das unter höherem Druck steht als der Prozessstrom. Jede Leckage (nach außen in die Atmosphäre oder nach innen in den Prozessstrom) besteht aus dem Sperr-Fluid, deshalb ist es sehr wichtig, ein sicheres, mit dem Prozessstrom verträgliches Sperr-Fluid zu wählen.

Flüssigkeitsgeschmierte mechanische Dichtungen nutzen typischerweise Wasser oder ein leichtes Schmieröl als Sperr-Fluid, geliefert von einem unabhängigen Hilfssystem. Gasgeschmierte Systeme arbeiten mit einer geeigneten, von einem Kontrollsystem gesteuerten Gasversorgungseinrichtung (beispielsweise für Stickstoff). Die Einfachheit und der sehr geringe Energieverbrauch von druckbeaufschlagten Gasdoppeldichtungen haben in den letzten Jahren sehr stark zur Verbreitung dieser Technologie beigetragen.

**Erreichte Vorteile hinsichtlich des Umweltschutzes:** Druckbeaufschlagte Doppeldichtungen verhindern ein Leckagen des Prozess-Fluids in die Umwelt und zeigen typischerweise Emissionswerte nahe Null, was üblicherweise als „mit der verfügbaren Messtechnik nicht messbar“ bezeichnet wird.

**Einsatz:** Der Fall, dass das Sperrsystem in der Weise versagt, dass sein Druck nicht mehr größer als der des Prozessstroms ist, ist ein Szenario, das bedacht werden muss, auch wenn sein Eintreten unwahrscheinlich ist. Das System kann so konzipiert werden, dass der Bediener bei Auftreten dieses Problems gewarnt wird. Darüber hinaus können moderne druckbeaufschlagte mechanische Doppeldichtungen mit Komponenten ausgestattet sein, die trotz eines Ausfalls des Sperrsystems das Prozess-Fluid für eine gewisse Zeitdauer wirksam einschließen; die meisten internationalen Pumpen-Standards fordern heute diese Fähigkeit.

**Anwendungsbereich:** Diese Art Dichtung ist bei Prozess-Fluids mit schlechten Schmierungseigenschaften anwendbar, außerdem bei Versorgungsleitungen, bei denen Einzeldichtungen nicht zuverlässig genug sind, oder dort, wo die Prozess-Fluids häufig wechseln (wie etwa bei Rohrleitungen). Außerdem werden solche Dichtungen gewählt, wenn das transportierte Fluid besonders gefährlich ist.

**Wirtschaftlichkeit:** Systeme mit mechanischen Doppeldichtungen sind teuer.

**Referenzliteratur:** [113, TETSP, 2001, 149, ESA, 2004]

### 4.2.9.13. Dichtungen für Kompressoren

**Beschreibung:** Die Gesichtspunkte für Dichtungen bei Kompressoren sind ähnlich denen bei Pumpen (siehe die Abschnitte 4.2.9.10, 4.2.9.11 und 4.2.9.12).

Nach dem Verdrängungsprinzip arbeitende Kompressoren mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten besitzen typischerweise mechanische Einzeldichtungen, die durch Öl geschmiert werden, das auch durch die inneren Lager fließt. Das Öl wird separiert und recycelt. Es ist übliche Praxis, außerhalb der Hauptdichtung eine befederte Lippendichtung zu haben, um etwaiges Lecköl zurückzuhalten. Dies hilft dabei, durch Prozess-Fluid verunreinigtes Öl in eine geeignete Sammelkammer zu leiten.

Dieses Konzept wird durch das Hinzufügen einer gasgeschmierten mechanischen Einschlussdichtung noch verbessert. Bei dieser Technik ist kein Flüssigkeitspuffer erforderlich. Das transportierte Gas selbst sorgt – nunmehr unter atmosphärischen Bedingungen in der Einschlusskammer – für die Schmierung der Einschlussdichtung. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Einschlusskammer eine direkte Verbindung zu einem Abfackelungs- oder einem Abgasreinigungssystem besitzt, wobei diese Verbindung eine Öffnung und ein Druckwarnsystem besitzt, das eine Verschlechterung der Wirkung der Hauptdichtung meldet.

Gelegentlich wird ein Puffergas (Stickstoff) benutzt, um die äußere Einschlussdichtung durchzuspülen und um das Sammeln und Separieren von Schmieröl und transportiertem Gas zu unterstützen.

Auch in Fällen, in denen das transportierte Gas durch toxische Beimengungen (z. B. H<sub>2</sub>S in einem sauren Kohlenwasserstoffgas) verunreinigt ist, kann Stickstoff zum Spülen der Prozessseite der Einschlussdichtung benutzt werden. Wo dies nicht praktikabel ist, kann eine zusätzliche Spülung mit Inertgas angewendet werden.

Bei Versorgungsleitungen mit sehr hohem Druck, wird der Druck durch Verteilen über zwei Hauptdichtungen und eine Einschlussdichtung verringert. Dieses Dreifach-Tandem-Dichtungssystem ist bereits erfolgreich zum Abdichten von Wasserstoffrecycling-Kompressoren eingesetzt worden.

**Wirtschaftlichkeit:** Ölgeschmierte mechanische Dichtungen erfordern einen hohen Investitionsaufwand. Die Vorteile von gasgeschmierten mechanischen Dichtungen sind geringere Investitions- und Betriebskosten.

**Referenzliteratur:** [149, ESA, 2004]

### 4.2.9.14. Verbesserte Anschlüsse zur Probenentnahme

**Beschreibung:** Probenentnahmepunkte können mit einem Probenentnahmeventil (Ram-Typ) oder mit einem Nadelventil und einem Blockventil ausgestattet werden, um Emissionen zu vermindern. Bei der Konstruktion muss in allen Fällen auf sicheren Betrieb geachtet werden.

Wo die Probenentnahmeleitungen ein Spülen erfordern, um aussagekräftige Proben zu erhalten, kann man Probenentnahmeleitungen mit geschlossener Schleife einsetzen. Diese Komponenten steuern von der

weggespülten Flüssigkeit ausgehende Emissionen, indem sie sie direkt in die Prozessleitung zurückführen, sie sammeln und recyceln oder sie zu einer Beseitigungseinrichtung weiterleiten.

**Einsatz:** Schulung und Festlegung von Bedienverfahren sind erforderlich.

**Anwendungsbereich:** Anwendbar bei flüchtigen Produkten.

**Sicherheitsaspekte:** Bei der Konstruktion muss in allen Fällen auf sicheren Betrieb geachtet werden.

**Energie/Abfall/medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten können je nach Komplexität des Probenentnahmesystems niedrig oder mittelhoch sein.

**Referenzliteratur:** [152, TETSP, 2002]

#### **4.2.10. ECM für Produkt-Umgangssysteme – Ereignisse und (größere) Unfälle**

##### **4.2.10.1. Flanschverbindungen in flüssigkeitsdichten Gruben**

Bei unterirdischen Leitungssystemen ist es üblich, alle Flanschverbindungen in flüssigkeitsdichten Gruben zu platzieren, sodass sie von der Erdoberfläche aus zugänglich sind.

## 4.3. Lagerung fester Stoffe

### 4.3.1. Allgemein – Emissionskontrollmaßnahmen (ECM)

Dieser Abschnitt enthält einen generellen Überblick über verschiedene Emissionskontrollmaßnahmen zur Lagerung unterschiedlicher Schüttgüter. Tabelle 8.3 des Anhangs zeigt die angewandten Lagerverfahren und die relevanten Schüttgüter. Tabelle 8.29 zeigt die gleichen Schüttgüter in Verbindung mit ausgewählten Techniken, die im Sinne von BVT zu berücksichtigen sind. In dieser Tabelle werden die ausgewählten Techniken in Bezug auf die folgenden Parameter verglichen:

- Staubminderungspotential
- Energieverbrauch
- Medienübergreifende Effekte
- Investitionskosten
- Betriebskosten.

In den folgenden Abschnitten werden diese Techniken genauer beschrieben. Gleichzeitig werden andere Emissionskontrollmaßnahmen, die nicht in der Tabelle 8.29 enthalten sind, identifiziert und in den folgenden Abschnitten beschrieben. Letztlich wurden alle Techniken durch die Technische Arbeitsgruppe (TWG) bewertet und die TWG hat beschlossen, welche dieser Techniken BVT sind.

Nach der Beschreibung der allgemeinen Möglichkeiten zur Minimierung der Staubemissionen aus der Lagerung in Abschnitt 4.3.2, werden in Abschnitt 4.3.3 mögliche primäre organisatorische Maßnahmen und in Abschnitt 4.3.4 primäre bauliche Maßnahmen beschrieben. Abschnitt 4.3.5 unterscheidet sich von den anderen Abschnitten etwas, da alle Ansätze zur Vermeidung/Verminderung bei Halden, primäre und sekundäre, in einer Tabelle, Tabelle 4.13, zusammengefasst sind. Abschnitt 4.3.6 fährt mit der Beschreibung primärer Techniken zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung und Abschnitt 4.3.7 mit möglichen sekundären Techniken fort. In Abschnitt 4.3.8 wird der Vermeidung und Kontrolle von Explosionen Beachtung geschenkt.

### 4.3.2. Allgemeine Ansätze zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung

Es gibt drei Ansätze zur Minderung der Staubemissionen:

1. **Präprimäre Maßnahmen** setzen im Produktions- und Gewinnungsprozess an und reduzieren die Staubneigung bevor das Gut die Produktionsanlage verlässt. Präprimäre Maßnahmen sind Teil des Produktionsverfahrens und deshalb nicht Gegenstand dieses Dokumentes und werden deshalb, bis auf einige wenige Beispiele in Abschnitt 4.4.2, nicht weiter beschrieben.
2. **Primäre Maßnahmen** umfassen alle Möglichkeiten zur Minderung von Staubemissionen beim Lagern und können unterteilt werden in:
  - Organisatorische primäre Maßnahmen: Verhalten des Bedienpersonals
  - Bauliche primäre Maßnahmen: Konstruktionen, die das Auftreten von Staubemissionen verhindern
  - Technische primäre Maßnahmen: Techniken, die das Auftreten von Staubemissionen verhindern.
3. **Sekundäre Maßnahmen** sind Abscheidemaßnahmen zur Beschränkung der Freisetzung von Staub.

Tabelle 4.12 zeigt einen Überblick über Maßnahmen und Techniken zur Minderung von Staubemissionen beim Lagern und verweisen auf relevante Abschnitte, sofern diese vorhanden sind.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]



Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen		Abschnitt	
Primär	Organisatorisch	• Überwachung	4.3.3.1
		• Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal)	
		• Instandhaltung (von Vermeidungs-/ Verminderungs-techniken)	
		• Verringerung von Windangriffsflächen	
	Baulich	• Großraumsilo	4.3.4.1
		• Lagerhallen und überdachte Lager	4.3.4.2
		• Kuppeln	4.3.4.3
		• Selbsterrichtende Abdeckungen	4.3.4.4
		• Silos und Schüttgutbehälter	4.3.4.5
		• Windschutzwälle, -zäune und/oder Bepflanzungen	4.3.5
Technisch	• Einsatz von Windschutzeinrichtungen	4.3.5; 4.3.6.2	
	• Abdeckung bei offener Lagerung	4.3.5; 4.3.6.3	
	• Befeuchtung offener Lagerflächen	4.3.6.1	
Sekundär	• Besprühung mit Wasser/Wasserschleier und Bedüsung mit Wasser	4.4.6.8; 4.4.6.9	
	• Absaugung von Lagerhallen und Silos	4.3.7	
Anmerkung: Die Grenze zwischen primären und sekundären Maßnahmen ist nicht immer eindeutig; z.B. mindert ein Wasserschleier die Freisetzung von Staubemissionen und ist gleichzeitig ein Mittel um Staub zu binden.			

**Tabelle 4.12: Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen beim Lagern und Querverweise [17, UBA, 2001]**

Es ist notwendig anzumerken, dass die Auswahl eines Verfahrens zur Lagerung und einer Emissionsminderungsmaßnahme zur Minderung von Staubemissionen von den Eigenschaften des Produktes abhängt. Insbesondere bei Endprodukten, bei denen die Anwenderspezifikationen entscheidend sind, beruht die Auswahl der Lagerungseinrichtungen und der Emissionsminderungsmaßnahme auf vielen Faktoren wie die Produktbeständigkeit hinsichtlich einer Zuteilung, der Fähigkeit zu brechen, zu fließen, anzubacken, der chemischen Stabilität und der Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit.

### 4.3.3. Primäre organisatorische Maßnahmen zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung

#### 4.3.3.1. Überwachung der Staubemissionen bei offener Lagerung

**Beschreibung:** Regelmäßige oder kontinuierliche visuelle Inspektionen zur Kontrolle, ob Staubemissionen bei offener Lagerung auftreten und zur Feststellung, ob vorbeugende Maßnahmen in einem guten Zustand sind, sind notwendig, um in der Lage zu sein, schnell zu reagieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Um die Staubkonzentration in der Luft von und um große Anlagen festzustellen und zu überwachen, werden Messungen durchgeführt, die kontinuierlich oder diskontinuierlich sein können. Das Messen von Staubwerten ermöglicht auch die Überprüfung, ob Luftqualitätswerte eingehalten werden.

Für weitere Informationen zur Überwachung wird auf das Referenzdokument über die allgemeinen Grundsätze der Überwachung verwiesen. [158, EIPPCB, 2002].

**Anwendbarkeit:** In den Niederlanden werden an den größten drei Anlagen zum Lagern und Umschlagen von Kohle und Erzen Systeme zur kontinuierlichen Überwachung eingesetzt. Bei Corus, IJmuiden, einem Stahlproduzenten, der mehr als sechs Millionen Tonnen Stahlprodukte pro Jahr herstellt, wird seit 1990 eine kontinuierliche Überwachung der Staubkonzentrationen um die Anlage durchgeführt. Bei zwei weiteren großen Anlagen zur Lagerung im Gebiet Rotterdam-Rijnmond ist ein komplexes Netzwerk zur kontinuierlichen Überwachung mit Messpunkten auf der Anlage und in Windrichtung außerhalb der Anlage in Betrieb. Bei diesen zwei Anlagen können auch unterschiedliche Staubwerte zwischen den einzelnen Schichten festgestellt werden. In einer der Anlagen sind sieben Überwachungseinrichtungen installiert.

Um in der Anlage in Corus die Wetterbedingungen frühzeitig zu berücksichtigen, insbesondere bezüglich zunehmender Windgeschwindigkeit oder problematischen Windrichtungen, trägt die für das Besprühen der Halden verantwortliche Person auch die Verantwortung, die Wettervorhersagen zu verfolgen. Das Verfolgen der Wettervorhersagen, z.B. durch Nutzung meteorologischer Instrumente in der Anlage, ermöglicht es, rechtzeitig festzustellen, wann die Befeuchtung der Halden notwendig ist und schützt vor unnötigem Einsatz der Mittel zur Befeuchtung der offenen Lagerflächen.

**Wirtschaftlichkeit:** Ein kontinuierliches Überwachungssystem kostet 7.000 EUR. Die Betriebskosten wie Datenverarbeitung und Wartung sind höher.

**Referenzliteratur:** [134, Corus, 1995] [176, EIPPCB Ineke Jansen, 2004]

### 4.3.4. Primäre bauliche Techniken zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung

#### 4.3.4.1. Großraumsilos

**Beschreibung:** Ein Großraumsilo, in dem der Siloinhalt in horizontalen Schichten eingelagert wird, verfügt über einen Flachboden und eine zentrale Austragsvorrichtung. In dem Silo befinden sich eine Drehbrücke, ein Teleskoprohr sowie ein Schneckensystem. Das Schneckensystem besteht aus einer Verteiler- und einer Staubsperreschnecke. Das Schneckensystem ist mit der Drehbrücke durch Drahtseile und einem Hubwerk verbunden, um es stets an der Oberfläche des zu lagernden Materials zu halten.

Durch den Einsatz von Abluftfiltereinrichtungen im Teleskoprohr und an den Übergabestellen wird ein Unterdruck erzeugt und ein Staubaustrag aus dem Silo verhindert.

Es gibt unterschiedliche Bauarten:

##### *Kernfluss*

Beim Kernfluss erfolgt das Entleeren über den Boden; dabei bildet das Material infolge der Gravitation seinen eigenen Kernflusskanal aus. An der Oberfläche des Materials bildet sich ein Trichter. Um das Material in die Silomitte zu transportieren, rotieren die Schrauben in umgekehrter Drehrichtung. Die Geschwindigkeit der Schrauben bestimmt die Fördermenge.

##### *Kernfluss mit Mittelsäule*

Das Silodach wird durch eine Mittelsäule abgestützt. Das Funktionsprinzip ähnelt dem Kernflussprinzip. Das Verfahren wird für große Lagerkapazitäten eingesetzt.

##### *Scheibensäule*

Mit der Scheibensäule wird eine künstliche Kernflusssäule geschaffen. Dabei besteht die Mittelsäule aus mehreren Scheiben. Das Verfahren eignet sich für nicht frei fließende Schüttgüter und für solche mit wechselnden Schüttguteigenschaften.

**Anwendbarkeit:** Silos werden im Allgemeinen eingesetzt, um die Produkte gegen äußere Einflüsse zu schützen (z.B. Regen) oder den Verlust wertvoller Produkte zu verhindern. Sie werden üblicherweise eingesetzt, wenn die Feststoffe pulverförmig sind oder ausreichend Staub enthalten, welcher eine bedeutsame Umweltauswirkung haben kann. Beispiele für in Silos gelagerte puder- oder pulverförmige Schüttgüter sind: REA-Gips, Kartoffelstärke, fein gebrochener Kalkstein, Flugasche, Düngemittel und Kohlenstaub.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Kosten variieren von Einrichtung zu Einrichtung. Neben üblichen Kostenfaktoren wie Investitionen und Wartung müssen auch Verluste hinsichtlich Qualität und Quantität beim zu lagernden Material berücksichtigt werden.

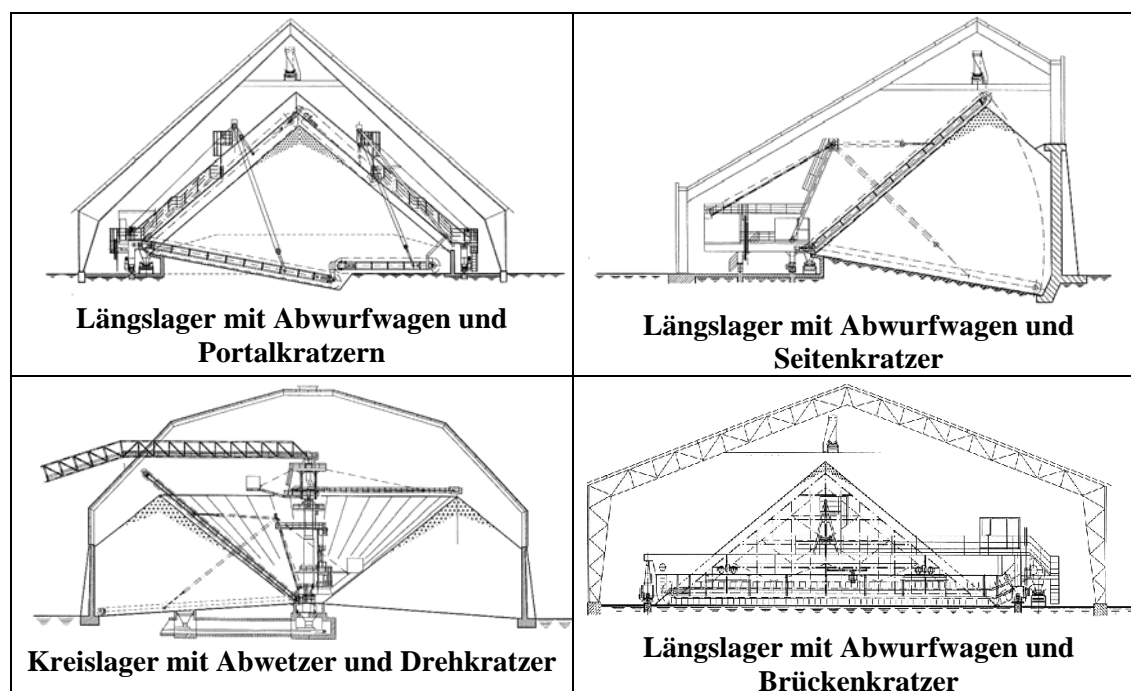
**Bestimmende Faktoren für die Umsetzung:** Der Einsatz dieser Silosysteme eignet sich in solchen Fällen, in denen eine geringe Lagerfläche zur Verfügung steht, die Lagerkapazität begrenzt ist und die Anforderungen bezüglich der Emissionsvermeidung vergleichsweise hoch sind.

**Referenzanlagen:** Kraftwert Tiefstack (HEW) für Steinkohle und REA-Gips, Deuben (MIBRAG), Chemnitz und Lippendorf (VEAG) für REA-Gips.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001] [175, TWG, 2003]

#### 4.3.4.2. Lagerhallen oder überdachte Lager

**Beschreibung:** Eine Lagerhalle oder ein überdachtes Haufwerk kann die Emissionen in die Luft vermindern. Zwar entsteht Staub durch die gleichen Vorgänge die bei Freilagern angewendet werden, hier kann dieser aber nur durch die Hallenöffnungen entweichen. Hallenöffnungen sind Tore für mobile Ladegeräte und Öffnungen für Belüftungssysteme. Bei ausreichend dimensionierten Belüftungssystemen sind die Staubemissionen aus Lagerhallen vergleichsweise gering. Durch Ventilatoren abgesaugte staubbeladene Luft kann über geeignete Filtersysteme geführt werden. Die Lagerhallen können Durchmesser von 70 bis 90 m und Lagerkapazitäten von bis zu 100.000 m<sup>3</sup> erreichen. Die folgende Abbildung zeigt einige Ausführungsbeispiele:



**Abbildung 4.17: Beispiele für Lagerhallen**  
[17, UBA, 2001] Referenzliteratur: Schade, Maschinenbau GmbH

Ein anderes Beispiel ist die hangarförmige Lagerhalle mit Brückenkränen die mit Kübeln ausgestattet sind. Es handelt sich dabei um robuste, überdachte Betongebäude, die mit Belüftungssystemen sowie Lichtöffnungen in den hohen Wänden versehen sind. Die Öffnungen sind üblicherweise gegen den Wind abgeschirmt. Dieser Lagertyp ist sehr kompakt und sehr vielfältig, da er in Zellen verschiedener Lagerkapazitäten aufgeteilt werden kann. Die Zellen können vergleichsweise leicht unterschiedlich verwendet werden. Der Brückenkran wird im Allgemeinen durch Bedienpersonal gesteuert, neuerdings ist aber auch die automatisierte Fernsteuerung des Krans verbreitet.

Automatisierte Lager erreichen Kapazitäten von einigen 10.000 Tonnen und eignen sich nicht nur zur Lagerung, sondern auch zum Mischen von Chargen eines Materials oder mehrerer Materialien. Diese Lager sind mit selbsttätigen Geräten zum Auf- und Abbau von Halden ausgerüstet. Die Halden sind linear oder kreisförmig und werden durch das Absetzen mehrerer Materialschichten erzeugt. Von der Frontseite der Halden erfolgt die Aufnahme mittels rotierender Schaufelräder, von der Längsseite aus werden Kratzer eingesetzt. In automatisierten Lagern werden üblicherweise Gummiförderbänder zum Auf- und Abbau eingesetzt. Die verschiedenen Materialübergabestellen sind mit konventionellen Gewebefiltern ausgestattet.

Das Dach ist im allgemeinen komplett geschlossen und ohne Öffnungen, die Seitenwände haben Türen als Zugang für die Arbeiter und zu den Geräten.

**Durchführbarkeit:** Bei der Herstellung hydraulischer Bindemittel werden automatisierte Lager und Lager mit Brückenkränen zur Lagerung von Klinker und Festbrennstoffen eingesetzt.

**Anwendbarkeit:** Lagerhallen werden üblicherweise z.B. zur Homogenisierung und Lagerung feuchtigkeitsempfindlicher oder stark staubender Materialien eingesetzt. Depots mit Brückenkränen sind geeignet sehr kleine und große Mengen unterschiedlicher Materialien zu Lagern, einschließlich Klinker und Festbrennstoffe.

**Medienübergreifende Wirkungen:** Durch die geschlossene Bauweise bleibt der Lärm auf den Innenraum beschränkt, wobei im Falle automatisierter Lager das Bedienpersonal nicht permanent anwesend ist.

**Referenzliteratur:** [89, Associazione Italiana Technico Economica del Cemento, 2000] [17, UBA, 2001]

### 4.3.4.3. Kuppeln

**Beschreibung:** Abbildung 4.18 zeigt ein Beispiel einer Kuppel. Zur Errichtung von Kuppeln wurden spezielle Techniken entwickelt. In den meisten Fällen wird eine Schale (eine spezielle aufblasbare runde Form) verwendet, an die Beton gespritzt wird. Sie kann in kurzer Zeit errichtet werden und hat eine angemessene Kapazität (z.B. 4.000 Tonnen). Vorteilhaft ist bei dieser Technik das Fehlen von Stützpfiler und die Möglichkeit zur Überwachung des Raumklimas.

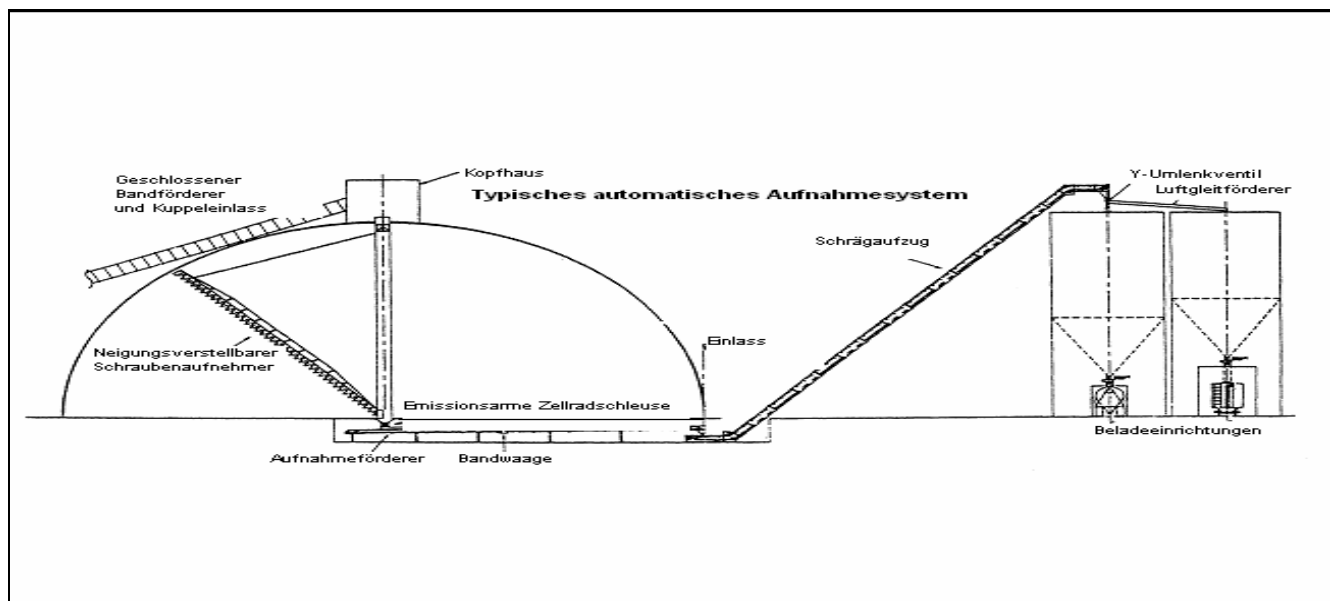


Abbildung 4.18: Beispiel für eine Kuppel  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Anwendbarkeit:** Kuppeln sind weit verbreitet und werden zur Lagerung unterschiedlicher Produkte wie Kohle und Düngemittel verwendet.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

### 4.3.4.4. Selbsterrichtende Abdeckungen

**Beschreibung:** Selbsterrichtende Abdeckungen sind eine Alternative zur offenen Lagerung von Getreide und werden in den USA angewendet. Bei dieser Technik wird das Produkt von oben unter einer geschlossenen Abdeckung (Plane) aufgeschichtet, das Haufwerk wächst unter der Abdeckung. Um die Plane vor dem Aufblähen zu schützen, wird unter der Plane ein permanenter Unterdruck durch Ventilatoren erzeugt (zwei Ventilatoren mit je 40 kW). Die selbsterrichtende Abdeckung wurde entwickelt zur:

- Vermeidung von Produktverlusten durch Abwehung
- Minimierung der Kosten für die Getreidelagerung
- guten Durchlüftung des Getreides.

Beim Beginn des Abbaus der Halden muss die Abdeckung entfernt werden. Sie kann danach nicht wieder aufgelegt werden, was bedeutet, dass das gesamte Haufwerk in kurzer Zeit abgebaut werden muss, um Schäden durch Wettereinflüsse vorzubeugen.

Die Haltbarkeit von Abdeckungen/Planen ist relativ kurz, der Lieferant gibt eine Garantie von 5 Jahren.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Der Produktverlust ist geringer als bei der offenen Lagerung von Getreide, bei der die oberste Schicht des Haufwerkes behandelt werden muss, um sie gegen Abwehung zu schützen, wodurch sie ungeeignet zum Konsum wird.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wurde zur Lagerung von Getreide bis zu einer maximalen Kapazität von 50.000 m<sup>3</sup> und als Langzeitlager entwickelt. Bislang wird sie nur zur Lagerung von Getreide verwendet, könnte aber auch für andere Produkte anwendbar sein, vorausgesetzt die Produkte haben gute Fließeigenschaften und sind luftdurchlässig (vergleichbar mit Getreide).

**Medienübergreifende Wirkungen:** Das Aufrechterhalten des Unterdruckes erfordert Energie.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.3.4.5. Silos und Schüttgutbehälter

**Beschreibung** Silos sind meist zylindrische Behälter mit einem konischen Austrittsbereich. Kleinere Schüttgutbehälter (zur Zwischenlagerung) sind häufig auch rechteckig mit einem pyramidenförmigen Austrittsbereich. Die Verweilzeit der Schüttgüter in diesen Behältern kann sehr kurz sein, manchmal nur wenige Minuten, z.B. in Dosierbehältern. In Lagersilos verbleiben die Schüttgüter einige Tage oder Wochen.

Aus der Sicht des Umweltschutzes sowie unter Gesundheits- und Sicherheitsaspekten können fünf Aspekte kritisch sein:

- die Auslegung des Silos oder der Schüttgutbehälters unter Stabilitätsaspekten
- die Auslegung des Silos oder Schüttgutbehälters unter dem Aspekt des leichten Austritts des Schüttgutes
- dem Ausschluss von Staubexplosionen
- der Beseitigung von Staub während das Silo oder der Schüttgutbehälter befüllt wird
- die Beseitigung von Staub während das Silo oder der Schüttgutbehälter entleert wird.

Die Auslegung von Silos erfolgt normalerweise nach Stabilitätsaspekten entsprechend der DIN 1055 Teil 6. Die Besonderheit von Silos ist, dass die größte Materialbeanspruchung am Übergang vom zylindrischen in den konischen Bereich auftritt. Hohe Spannungen entstehen, wenn das Silo befüllt oder entleert wird. Die Wandstärke des Silos muss dies berücksichtigen, um das Silo vor dem Zusammenstürzen zu bewahren. Nach DIN 1055 wird die Auslegung des Silos hauptsächlich bestimmt durch die physikalischen Eigenschaften des zu lagernden Schüttgutes, wie z.B.:

- Dichte des Schüttgutes
- Wandreibungswinkel
- Winkel der inneren Reibung
- horizontaler Ladewert
- Bodenbeladefaktor
- Entleerungsfaktor.

Vibrationen sind die größte Gefahr für Silos, da sie zum Brechen von Schweißnähten führen können. Vibrationen werden durch Materialien mit einem so genannten "Reibschwingungseffekt", einem ungleichen Fließverhalten, verursacht. Dieser Effekt kann durch genaue Untersuchungen des Fließverhaltens in einem Scherversuch bestimmt werden.

Es wird erwartet, dass das in das Silos gefüllte Schüttgut einfach entleert werden kann. In Fällen in den sich das Schüttgut verfestigt oder aufgrund eines ungeeigneten Zustands nicht abgegeben werden kann, muss es manuell entnommen werden, mit allen Konsequenzen bezüglich Staubexplosionen oder der Gefährlichkeit des Materials.

Die einfache Abgabe des Schüttgutes hängt von der Geometrie des Konus und des Durchmessers der Auslassöffnung ab, welche sich aus dem Wandreibungswinkel des Schüttgutes zum Konusmaterial und der Kohäsionskraft (unbeschränkte Streckspannung) des Schüttgutes ergibt. Diese Eigenschaften wurden durch [Jenike] gemessen oder können durch den so genannten Ring-Scherversuch entsprechend den Empfehlungen des Instituts für Chemische Ingenieure bestimmt werden.

Üblicherweise werden Staubfilter installiert, um Emissionen während des Befüllens und Entleerens zu vermeiden, siehe Abschnitt 4.3.7.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Im Vergleich zur Lagerung auf Halden sind die Emissionen sehr gering, insbesondere wenn Staubfilter vorhanden sind.

**Anwendbarkeit:** Silos und Schüttgutbehälter sind weit verbreitet.

**Sicherheitsaspekte:** Explosionsbeständige Silos sind verfügbar; vergleiche Abschnitt 4.3.8.3.

**Medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Referenzliteratur:** [163, Cefic, 2002]und:

DIN 1055: Lastannahmen für Bauten, Teil 6: Lasten in Silozellen. Beuth Verlag, Berlin, 1987.

Jenike, A.W.: Storage and flow of solids Bull. No. 123, Engng. Exp. St., Univ. of Utah, Salt Lake City, 1964.

Schwedes, J.: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern, Verlag Chemie, Weinheim, 1968.

Standard Shear Testing Technique for Particulate Solids Using the Jenike Shear Cell, The Institution of Chemical Engineers, Rugby, 1989.

### 4.3.5. Angewandte Techniken und Maßnahmen zur Vermeidung/Verminderung von Staubemissionen bei offener Lagerung

Im Allgemeinen ist die geschlossene Lagerung in Hallen, Speichern oder Silos die effektivste Ansatz zur Vermeidung und Verminderung staubförmiger Emissionen, welche aber aus wirtschaftlichen, technischen und/oder logistischen Gründen nicht immer möglich ist. Dieser Abschnitt behandelt die vielfältigen verfügbaren Techniken zur Vermeidung und Verminderung bei der offenen Lagerung, beginnend mit Tabelle 4.13: Möglichkeiten zur Reduzierung von Staubemissionen bei offener Lagerung und deren Grenzen. In den Abschnitten 4.3.6.1, 4.4.6.8 und 4.4.6.9 werden die unterschiedlichen Techniken des Besprühens mit Wasser beschrieben.



Minderungsansatz	Kommentar	Relevanter Haldentyp
Ausrichtung der Haldenlängsachse parallel zur Hauptwindrichtung	<p>Mögliche Einschränkungen zur Umsetzung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungünstige geographische Lage (in Tal-Lagen/an Flussläufen)</li> <li>• Ungünstige Infrastruktur (unveränderbare Führung von Verkehrswegen (Straße und Bahn))</li> <li>• Besitzverhältnisse (Größe und Formen vorhandener Grundstücke)</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Schutzbepflanzung, Windschutzzäune (siehe Abschnitt 4.3.6.2) oder eine Aufböschung im LUV zur Verringerung der Windgeschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzbepflanzungen sind im Winter wegen des Fehlens der Blätter weniger wirksam, zu Zeiten also, in denen die Windgeschwindigkeiten besonders hoch sind</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Befeuchtung der Haldenoberfläche durch eine Beregnungsanlage (siehe Abschnitt 4.3.6)	<p>Mögliche Einschränkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuchtigkeitsempfindlichkeit des Gutes</li> <li>• Keine Wasserressourcen</li> <li>• Grundwasserbelastung</li> <li>• Nur bedingt einsatzfähig bei Sturm</li> <li>• Nur bedingt einsatzfähig bei Frost</li> <li>• Gefahr der Ausspülung des Gutes (Qualitätseinbußen)</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Nur eine Halde anstelle von mehreren soweit möglich; die Lagerung der gleichen Schüttgutmenge in zwei Halden erhöht im Vergleich zu einer die freie Oberfläche um 26 % [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungeeignet zur gemeinsamen Lagerung unterschiedlicher Schüttgüter</li> <li>• Grundstückformen und -größen müssen berücksichtigt werden</li> <li>• Beschickungsgeräte müssen hierfür ausgelegt sein</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Bei Aufschüttung einer Kegelhalde sollte der optimale Böschungswinkel von $\alpha = 55^\circ$ realisiert werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Böschungswinkel hängen von den Eigenschaften der Schüttgüter ab und sind schwierig zu beeinflussen. Der angegebene optimale Böschungswinkel ist ein Idealwert. Reale Böschungswinkel liegen in der Praxis zwischen 20 and 45°.</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Bei Aufschüttung als Kegelstumpf ist das optimale Verhältnis des Radius des oberen Flachteils zur Seitenlänge des Kegelstumpfes 0,55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei diesem Verhältnis kann eine weitgehende Minimierung der freien Oberfläche erreicht werden</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung



<b>Minderungsansatz</b>	<b>Kommentar</b>	<b>Relevanter Haldentyp</b>
<p>Bezüglich der freien Oberfläche sind Halden mit kreisrunder Querschnittsfläche gegenüber Ring- oder Längshalden zu bevorzugen</p> <p>Offene Ringhalden sind ungünstiger als geschlossene Ringhalden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreishalden stellen besondere Anforderungen an die Fördergeräte (z.B. große Reichweite)</li> <li>• Geschlossene Ringhalden eignen sich nur zur dauerhaften Lagerung; Halden, die auf- oder abgebaut werden, sind an einer Stelle immer offen</li> </ul>	Langfristige Lagerung
Lagerungen mit seitlichen Begrenzungsmauern reduzieren die freie Oberfläche und führen zu einer Reduzierung der diffusen Staubemissionen. Dieser Effekt wird maximiert, wenn mindestens eine seitliche Begrenzung in Hauptwindrichtung zur Halde steht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinnvoll für Halden kleiner und mittlerer Größe, nicht für große Halden</li> <li>• Die Zugänglichkeit zur Halde kann eingeschränkt werden</li> <li>• Erhöhte Investitionskosten für Begrenzungsmauern</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Möglichst geringe Wandabstände der seitlichen Begrenzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Höhe der Halde nimmt zu</li> </ul>	Langfristige sowie kurzfristige Lagerung
Abdeckung der Oberfläche mit Planen (4.3.4.4) oder Verfestigung der Oberfläche oder Begrünung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nur für langfristige Lagerung relevant</li> </ul>	Langfristige Lagerung
Verwendung dauerhaft staubbindender Mittel (4.3.6.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bindemittel kann der Guteigenschaften schaden</li> <li>• In der Regel nur bei langfristiger Lagerung relevant</li> </ul>	Langfristige (bis kurzfristige) Lagerung
Verzicht auf Errichtungs- oder Abbauarbeiten bei Wetterlagen, die Emissionen besonders begünstigen (z.B. lang anhaltende Trockenheit, Frostperioden, hohe Windgeschwindigkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionsabläufe können hierdurch massiv behindert werden</li> </ul>	Kurzfristige Lagerung

**Tabelle 4.13: Möglichkeiten zur Reduzierung von Staubemissionen bei offener Lagerung und deren Grenzen**  
[17, UBA, 2001]

### 4.3.6. Primäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Lagern

#### 4.3.6.1. Wasserbesprühung mit oder ohne Additive

**Beschreibung:** Es handelt sich um ein Sprühsystem, bei dem meist Wasser in Kombination mit Additiven eingesetzt wird. Es sind verschiedene Additive erhältlich, darunter auch leicht biologisch abbaubare Produkte (das bedeutet, dass nach 20 Tagen 80 % der ökologisch toxischen Substanzen abgebaut sind).

Die Additive können die folgenden Funktionen haben:

**Die Befeuchtungsfunktion** Die Befeuchtungsfunktion verleiht der versprühten Lösung oder Emulsion die Eigenschaft, tief in das zu lagernde Produkt einzudringen. Das Additiv kann die Oberflächenspannung der Emulsion oder Lösung senken. Vorteilhaft an der Befeuchtung unter Verwendung von Additiven ist, dass die Staubemissionen auch beim anschließenden Umgang mit dem Produktes reduziert werden.

**Die schäumende Funktion** Staub entsteht durch die kleineren Partikel im Schüttgut. Durch Zugabe eines schäumenden Additivs, das sehr kleine Blasen bildet (0,1 – 50 µm), werden diese kleinen Partikel in die Blasen eingeschlossen. Die Qualität des Schaumes und das daraus resultierende Staubminderungspotential hängt von der Größe und Stabilität des Schaumes ab.

**Die bindende Funktion** Die bindende Funktion stellt eine Kombination aus der Fähigkeit die Feuchtigkeit einzuschließen und einer adhäsiven Wirkung dar. Um die Feuchtigkeit besser zu binden, wird das Calciumoxid oder Magnesiumoxid mit Additiven gemischt. Pflanzliche oder mineralische Öle verbessern die Haftfähigkeit zwischen kleinen Partikeln.

Besondere Adhäsive sind so genannte krustenbildende Substanzen. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von Latexpolymeren auf Wasserbasis auf offenen Kohlehalden. Die Kruste bildet sich durch Polymerisation des Produktes auf der Haldenoberfläche, so dass der Wind die Möglichkeit verliert, kleine Partikel zu verwehen, siehe Abbildung 4.19.

Einige Materialien, wie z.B. Gips, bilden nur mit Wasser eine Kruste ohne Verwendung von Additiven. In diesen Fällen kann nur Wasser als krustenbildendes Additiv eingesetzt werden.



Abbildung 4.19: Krustenbildung auf der Oberfläche einer Halde  
[134, Corus, 1995]

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Es wird eine geringere Wassermenge benötigt. Im Vergleich mit der ausschließlichen Verwendung von Wasser ist der staubvermeidende Effekt durch Krustenbildung besser.

Die Wirksamkeit des Besprühens mit Wasser gemischt mit Additiven hängt sehr stark davon ab, wie diese Technik angewendet wird sowie von der Methode, der Anwendungshäufigkeit und der Wartung der Einrichtung. Die Wirksamkeit wird auf 90 – 99 % geschätzt (verglichen mit einer Wirksamkeit von 80 – 98 % beim Besprühen nur mit Wasser).

Nachteile sind, dass die Additive die Materialqualität beeinflussen können und dass zusätzliche Einrichtungen zum Mischen von Wasser und Additiven notwendig sind.

**Durchführbarkeit:** Im Hafen von Nordenham wird ECS 89 als Additiv eingesetzt und es wird im konstanten Verhältnis 1:3.750 versprüht. Bei Corus wird eine Emulsion mit 3 – 5 % Latex an Kohlehalden eingesetzt.

Bei Corus wurden Versuche durchgeführt, um die beste Methode zum Einsatz der Latexlösung zu finden. Das Ergebnis war ein spezieller Lkw mit hydraulisch steuerbarem Sprüharm von 20 m Länge, siehe Abbildung 4.20. Es zeigte sich, dass ein gleichmäßiges Besprühen der Haldenoberflächen sehr wichtig für die Ausbildung einer guten Kruste ist. Der Einsatz einer so genannten Sprühkanone war hingegen nicht sehr erfolgreich. Zur Herstellung der Sprühlösung wurde eine Mischstation mit Tanks zur Lagerung der durch Tanker angelieferten Konzentrate errichtet. Die Mischlösung wurde dann in die Lkw-Sprühtanks gepumpt. Die Wetterbedingungen während des Sprühens sind für die Erzeugung einer guten Kruste entscheidend. Bei Regen, Frost oder wenn die Windgeschwindigkeit größer als 6 m/s ist, wird nicht besprüht. Wenn es lange Zeit heiß war, wird die Halde vor Anwendung des krustenbildenden Additivs mit Wasser besprüht. Sobald Lager- oder Mischhalden errichtet sind, erfolgt der Einsatz der krustenbildenden Additive. Bei teilweise abgetragenen Halden erhält die neue Oberfläche einen krustenausbildenden Auftrag. Solange eine Lagerhalde unberührt bleibt, besteht keine Notwendigkeit das Besprühen zu wiederholen. Krustenausbildende Additive werden bei Corus seit 1990 eingesetzt.



**Abbildung 4.20: Gleichmäßiges Besprühen ist extrem wichtig für die Ausbildung einer geeigneten Kruste**  
[134, Corus, 1995]

**Anwendbarkeit:** Das System wurde bislang für Gestein, Erze, Anthrazit und Braunkohle, Bauxit, Schlacken und Bauschutt, bei der Errichtung von Halden, beim Entleeren von Waggons und Lkws und zur Beladung von Schiffen eingesetzt. In einigen Fällen ist es an Radladern und mobilen Ladegeräten, Absetzern und Kratzförderern installiert. Die Ausbildung fester Krusten beschränkt sich auf Halden.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Betriebskosten für den Hafen in Nordenham (Energie, Wasser und Additive) betragen 0,03 DM pro Tonne gesprühter Substanz (ungefähr 0,02 Euro) (Bezugsjahr 2000).

**Referenzanlagen:** Hafen Nordenham, Deutschland; Corus, Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001] [134, Corus, 1995] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [175, TWG, 2003]

#### 4.3.6.2. Windschutzmethoden

**Beschreibung:** Ein Windschutz kann ein Zaun oder ein Netz am Rand eines Lagerplatzes sein. Zweck eines Windschutzes ist Reduzierung der Windgeschwindigkeit, um dadurch die Staubemissionen zu senken. Die Ausführung eines Windschutzes ist sehr standortabhängig. Versuche im Windkanal können sehr hilfreich sein.

Das Konzept der Lagerung mit einer Aufschüttung wurde in den Niederlanden in den 80ern in Verbindung mit Brücken- und Anlandungsaufnehmern entwickelt. Der Aufnehmer fährt oben auf der Aufschüttung, wodurch erreicht wird, dass die Spitze der Halde unterhalb des Niveaus der Brücke oder Anlandung bleibt. Ein entscheidender Unterschied zwischen dem Schutz der Halde einzig durch eine Aufschüttung und einer, die wie ein Windschutz um die Anlagengrenzen verläuft und den gesamten Lagerplatz schützt, besteht darin, dass mit Letzterer auch der Umschlag und Transport geschützt werden.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Untersuchungen in Japan zum Effekt von Netzen als Windschutz für die Lagerung von Kohle ergab eine 50%ige Senkung der Windgeschwindigkeit. Die gleiche Absenkung wird mit einer Aufschüttung einer rechteckigen Halde in Verbindung mit einem Brückenaufnehmer erreicht.

Die Aufschüttung von Lagerhalden (ohne Einsatz von Brückenaufnehmern) hat eine geschätzte Nettowirksamkeit von 20 bis 40 %. Dies ist allerdings nur eine Nettoangabe, denn obwohl die Erosion der Halden um mehr als 50 % reduziert wird, nehmen die Emissionen beim Umgang und Transport (mit Bandförderern) im Vergleich zur Lagerung ohne Minderungstechnik zu.

**Durchführbarkeit:** Die Aufschüttungstechnik wird in einem Hafen für Importkohle (17 unterschiedliche Qualitäten) mit einer Kapazität von 8 Millionen Tonnen pro Jahr eingesetzt. Die Kohle wird in Seeschiffen mit Kapazitäten von 40.000 bis 150.000 Tonnen transportiert. Im Hafen werden die Kohlen in Waggons und /oder Schiffe verladen.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik kann für beliebige Mengen und Typen von Produkten eingesetzt werden.

**Medienübergreifende Wirkungen:** Es besteht ein Risiko, dass sich Vögel im Netz verfangen.

**Treibende Kraft zur Umsetzung:** Das System wurde entwickelt, um:

- eine Verminderung der Staubemissionen
- eine Reduzierung der Betriebskosten durch Automatisierung des Prozesses
- eine Reduzierung der Verluste durch Aufheizen
- optimierte Einrichtung zur Mischung unterschiedlicher Kohlequalitäten zu erreichen.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.3.6.3. Abdeckplanen oder -netze

**Beschreibung:** Abdeckplanen oder feinmaschige Netze werden bei Freilagern eingesetzt, um:

- Staubemissionen zu mindern
- Störung durch Vögel zu reduzieren
- (bei Abdeckplanen) das Material vor Nässe zu schützen.

Nachteile des Einsatzes von Netzen oder Abdeckplanen :

- keine Staubminderung beim Auf- und Abbau der Halden
- Aufbringung und Entfernen sind sehr arbeitsintensiv
- ihre Haltbarkeit ist sehr kurz.

**Anwendbarkeit:** Sie werden zur langfristigen offenen Lagerung leicht staubender Güter eingesetzt, bei denen ein Befeuchten zur Vermeidung von Staubemissionen nicht ausreicht. Diese Technik wird nicht häufig eingesetzt.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

### 4.3.7. Sekundäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen bei der Lagerung – Staubfilter bei Silos und Schüttgutbehältern

**Beschreibung:** Geschlossene Lager wie Silos oder Lagerhallen sind üblicherweise mit Filtersystemen zur Filterung der Verdrängungsluft während des Beladens ausgerüstet, z.B. mit Gewebefilter. Damit nicht die gesamte Luft einer Lagerhalle abgesaugt werden muss, findet eine Absaugung nur an den Stellen mit Be- und Entladeaktivitäten statt.

Im BREF zur Abwasser- und Abgasbehandlung werden unterschiedliche Filtersysteme beschrieben und verglichen, Verweis auf BREF zur Abwasser- und Abgasbehandlung [147, EIPPCB, 2002].

#### *Staubfilter bei Silos und Schüttgutbehältern*

Silos und Schüttgutbehälter sind üblicherweise mit einem Staubfilter ausgerüstet, weil besonders feine pulverförmige Schüttgüter beim Befüllen eine beträchtliche Menge Staub erzeugen. Normalerweise werden Kerzen- oder Patronenfilter oben an den Silos angebracht, um den Staub abzuscheiden.

Patronenfilter sind Einwegfilter bestehend aus dem Filtermedium, üblicherweise Papier, und einem Stützgewebe, z.B. Stahl oder Kunststoff. Wenn Patronenfilter belegt sind, müssen sie entsorgt werden.

Im Gegensatz dazu ist der Körper eines Kerzenfilters mit einem Textil als Filtermedium bedeckt. Dieses Textil kann gewebt sein; ein- oder mehrfädiges Textil oder Filz. Polypropylene oder Polyester sind übliche textile Materialien. Kerzenfilter werden durch Vibration oder Druckstoß gereinigt. Der Reinigungsschritt erfolgt nach einer bestimmten Filtrationszeit oder bei Erreichen eines erlaubten Druckverlustes.

Staub entsteht auch, wenn das Silo oder der Schüttgutbehälter entleert werden. Üblicherweise werden staubförmige Schüttgüter über eine Zellenradschleuse in eine pneumatische Förderlinie oder direkt in einen Schneckenförderer abgegeben. Der bei der Abgabe erzeugte Staub kann im Allgemeinen wie oben beschrieben durch Patronen- oder Kerzenfilter abgeschieden werden.

Oft werden Maßnahmen vom Lieferanten der Schüttgüter ergriffen, um die Staubentstehung zu verhindern, z.B.:

- Sieben und Klassieren des Schüttgutes. Ein üblicher Grenzdurchmesser für abzuschneidende Feinanteile liegt bei 100 µm
- Beschichtung der Schüttgüter mit einer dünnen Haftsicht bewirkt, dass die sehr feinen Partikel an größeren anhaften.

Häufig ist die Korngrößenverteilung Gegenstand der Spezifikation. Da Partikel < 10 µm zu minimieren sind, muss deren Anteil im Schüttgut normalerweise separat ausgewiesen werden.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Staubfilter bei Silos und Schüttgutbehältern erreichen üblicherweise Emissionswerte für Partikel im Bereich 1 bis 10 mg/m<sup>3</sup>, abhängig von der Art/dem Typ des gelagerten Stoffes.

**Durchführbarkeit für Silos und Schüttgutbehälter:** Die erforderliche Filterfläche hängt vom verdrängten Luftvolumen oder vom für den pneumatischen Transport der Schüttgüter ins Silo notwendigen Luftvolumen ab. Üblicherweise ist eine Geschwindigkeit von 1 bis 2 m/min einzuhalten. Der übliche Druckverlust vor der Abreinigung liegt zwischen 4 – 10 kPa.

**Anwendbarkeit für Silos und Schüttgutbehälter:** Die Entscheidung, ob Patronen- oder Kerzenfilter verwendet werden, hängt von der abzuschneidenden Staubmenge ab. Bei gröberen Materialien und kurzen Füllzyklen sind Patronenfilter zu bevorzugen. Bei kontinuierlicher Befüllung und Abgabe feiner Pulver, sind bei Schüttgutbehältern Kerzenfilter angebrachter. Letztlich kann über die Auswahl des Abscheidertyps nur im Einzelfall entschieden werden.

**Sicherheitsaspekte für Silos und Schüttgutbehälter:** Generell besteht beim Umschlag und Lagern feiner, pulverförmiger, organischer Materialien die Gefahr einer Staubexplosion. Silos die feine, organische Materialien enthalten, werden mit Stickstoff gespült. Maßnahmen zur Vermeidung von Staubexplosionen sind z.B. in der 'VDI Richtlinie 2263, Staubbrände und Staubexplosionen' beschrieben.

**Referenzliteratur:** [148, VDI-Verlag, 1994] [147, EIPPCB, 2002, 163, Cefic, 2002] und:

Löffler, F: Staubabscheiden, Stuttgart, Thieme Verlag, New York, 1988.

VDI 2263, Staubbrände und Staubexplosionen', in VDI Richtlinie zur Reinhaltung der Luft, vol. 6, VDI Verlag, Düsseldorf.

#### 4.3.8. Maßnahmen zur Vermeidung von Ereignissen und (größeren) Unfällen

In vielen Industrien werden organische – feste – Schüttgüter gelagert und umgeschlagen. Diese organischen Feststoffe sind im Falle des Eintritts von Sauerstoff und einer Zündquelle entflammbar; Staub aus organischen Feststoffen kann ebenfalls explosiv sein.

Zündquellen werden in Abschnitt 4.1.6.2.1 – Feuergefährdete Bereiche und Zündquellen.

Abschnitt 4.3.8.2 enthält die Ergebnisse einer Untersuchung, die bei Bränden in Großbritannien in großen Lagerhäusern und anderen Lagerbereichen im Hinblick auf ausschließlich feste Materialien durchgeführt wurde. In Abschnitt 4.3.8.3 und 4.3.8.4 werden einige Techniken zur Vermeidung und Überwachung von Explosionen beschrieben.

##### 4.3.8.1. Sicherheits- und Risikomanagement

Siehe Abschnitt 4.3.8.2, in dem die Seveso Richtlinie zur Lagerung gefährlicher Flüssigkeiten und Flüssiggasen in Tanks diskutiert wird. Das Gleiche gilt für die Lagerung von und den Umgang mit gefährlichen festen Stoffen, ungeachtet der Art der Lagerung.

##### 4.3.8.2. Lagerhausbrände unter Beteiligung fester Materialien

**Beschreibung:** Eine Analyse von 290 Bränden unter Beteiligung fester, in Lagerhäusern gelagerter Materialien wurde in Großbritannien durchgeführt. Als Ergebnisse wurden spezifische Kategorien von Materialien (siehe Tabelle 4.14), übliche Zündquellen (siehe Tabelle 4.15), das Vorhandensein von Sprinklersystemen und der Beitrag von Brandstiftung statistisch festgehalten.

Die Art der beteiligten festen Materialien wurde kategorisiert durch Typ und Endnutzung. Die Kategorien zeigen ein breites Spektrum an Materialien die bei Lagern anzutreffen sind.

Wie in Tabelle 4.14 gezeigt, sind Verpackungsmaterialien die am häufigsten an Lagerbränden beteiligten Gegenstände. Aktuell liegt der Blick hauptsächlich auf den Gütern, die darin gelagert werden.



Material	Häufigkeit in der das Material an den Störfällen beteiligt war <sup>*)</sup>	Prozentualer Anteil
Papier (keine Verpackungsmaterialien)	53	11,0
Textilien	64	13,2
Nahrungsmittel	28	5,8
Möbel	51	10,6
Kunststoffe	60	12,4
Chemikalien	27	5,6
Einheimische Waren	42	8,7
Holz	25	5,2
Verpackung allgemein	133	27,5

<sup>\*)</sup> Bei einigen Bränden war mehr als ein Material vorhanden

**Tabelle 4.14: Vorhandene Materialien bei den 290 Bränden**  
[135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]

Die Ursache jedes Brandes (dort wo bekannt) wurde registriert, um den Typ der verantwortlichen Zündquelle des Lagerhausbrandes festzustellen, und sind in Tabelle 4.15 angegeben.

Zündquelle	Anzahl der Ereignisse	Prozentualer Anteil
Vorsätzlich	84	29,0
Elektrischer Fehler	27	9,3
Rauchwaren	26	9,0
Raumheizungen	12	4,1
Kinder mit Streichhölzern	4	1,4
Arbeiten mit offener Flamme	11	3,8
Arbeiten ohne offene Flamme	4	1,4
Leuchtstoffröhren	5	1,7
Abfallverbrennung	9	3,1
Spontaner Brand	7	2,4
Andere	19	6,5
Unbekannt	82	28,3

**Tabelle 4.15: Zündquellen**  
[135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]

Die Untersuchung zeigte, dass 86 % der Lagergebäude nicht mit einem aktiven Brandschutzsystem ausgestattet waren und dass 3 % zwar Sprinklersysteme hatten, diese aber zur Zeit des Brandes abgestellt waren.

Der Fall von Brandanschlägen in industriellen und kommerziellen Gebäuden hat in den letzten 20 Jahren stark zugenommen und stellt heute ein ernsthaftes Problem dar, von dem Lagerhäuser besonders betroffen sind. Brandstiftung ist die bedeutendste Ursache von Lagerhausbränden und verantwortlich für 29 % aller Fälle.

**Referenzliteratur:** [135, C.M. Bidgood and P.F. Nolan, 1995]



### 4.3.8.3. Explosionsbeständige Silos

**Beschreibung:** Ein Beispiel eines explosionsbeständigen Silos ist bei der Firma Bissinger GmbH, Zaberfeld, zum Lagern und Be- und Entladen von Getreidemehl mit folgenden Eigenschaften installiert:

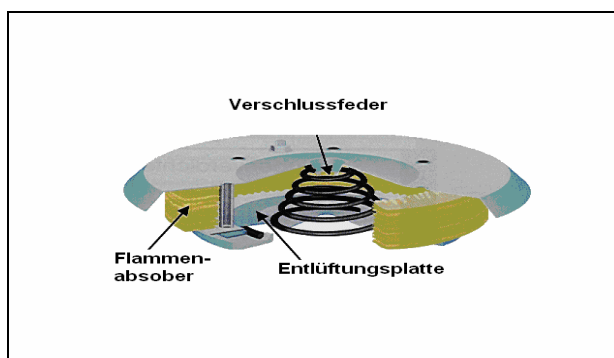
- die höchst mögliche, aber wirtschaftlich vertretbare, Vermeidung einer möglichen Explosion durch bauliche Maßnahmen
- Schutz der angeschlossenen Fahrzeuge während des Be- und Entladens und anderer angeschlossener Ausrüstungen beim Auftreten einer Explosion sowie Schutz der relevanten Umgebung vor der während des Explosion freigesetzten Energie
- sicheres Alarmsystem für Explosionen
- automatisches Löschen mit einer inerten Substanz für alle möglichen Stoffschwellenwerte.

Die Konstruktion des Silos ist in der Lage, die Energie der Explosion zu absorbieren, ohne die angeschlossenen Fahrzeuge während des Be- und Entladens zu erreichen. Die gesamte Ausrüstung des Silos ist druckbeständig und aus antistatischem Material gefertigt, einschließlich der installierten Filter.

**Referenzliteratur:** [143, Ausrüsterinformation, 2001]

### 4.3.8.4. Explosionsdeckel/-ventile

**Beschreibung:** Explosionen sind gekennzeichnet durch eine sehr rasche Zunahme von Druck und Temperatur, weshalb ein geeigneter Explosionsdeckel beständig gegen beides sein sollte. Das Überdruckventil soll sich öffnen, wenn der Druck – in Folge der Explosion- um 0,05 bar Überdruck zunimmt, oder in besonderen Fällen auch schon bei 0,01 mbar Überdruck. Die Abgase strömen radial durch den Deckel, der zusätzlich mit einer Flammenrückschlagsicherung ausgestattet ist, um einen Flammenaustritt aus dem Tank oder Silo zu verhindern. Im Gegensatz zu herkömmlichen Explosionsdeckeln, schließt der in Abbildung 4.21 gezeigte Deckel (ein patentiertes Design) unmittelbar nach der Explosion, um so den Eintritt von Sauerstoff in das Silo oder den Tank und dadurch verursachte sekundäre Brände zu verhindern.



**Abbildung 4.21: Beispiel eines Explosionsventils (geschütztes Design)**  
[145, Hoerbicher, 2001]

**Durchführbarkeit:** In den folgenden Fällen, in denen eine Explosion auftrat, hat sich das Ventil als funktionstüchtig erwiesen:

- bei Tanks und Silos, wo während der Lagerung von Getreide eine Staubexplosion auftrat
- bei Tanks und Silos zur Lagerung brennbarer Feststoffe
- Absaugausrüstungen im Einsatz in der Industrie
- bei Plätzen deren Grund aus Kohle besteht
- Einrichtungen zum Trocknen.

Dieser Typus eines Explosionsdeckels erfordert nach einer Explosion keine Wartung.

**Anwendbarkeit:** Das in Abbildung 4.21 gezeigte Überdruckventil kann bei neuen oder bestehenden Silos und Tanks eingesetzt werden. Mehr als 150.000 Ventile dieser Art sind in Einrichtungen, in denen Staubexplosionen oder Explosionen durch Öltröpfchen eintreten können, eingebaut.

**Medienübergreifende Wirkungen:** Keine.

**Sicherheitsaspekte:** Keine negativen Sicherheitsaspekte. Explosionsventile schützen den Tank oder das Silo vor dem Explodieren.

**Referenzliteratur:** [145, Hoerbicher, 2001]

### 4.3.9. Auslaugen in Boden und Oberflächenwasser

Es wurden keine Informationen übermittelt.

## 4.4. Umschlag von festen Stoffen

### 4.4.1. Allgemein – Emissionskontrollmaßnahmen (ECM)

Dieser Abschnitt enthält einen generellen Überblick über verschiedene emissionsbegrenzende Maßnahmen zum Umschlag verschiedener Schüttgüter. Tabelle 8.3 des Anhangs zeigt die angewandten Lagerverfahren und die relevanten Schüttgüter. Tabelle 8.29 zeigt die gleichen Schüttgüter in Verbindung mit ausgewählten Techniken die im Sinne von BVT zu berücksichtigen sind. In dieser Tabelle werden die ausgewählten Techniken in Bezug auf die folgenden Parameter verglichen:

- Staubminderungspotential
- Energieverbrauch
- Medienübergreifende Effekte
- Investitionskosten
- Betriebskosten.

In den folgenden Abschnitten werden diese Techniken genauer beschrieben. Gleichzeitig werden andere ECM, die nicht in der Tabelle 8.29 enthalten sind identifiziert und in den folgenden Abschnitten beschrieben. Letztlich wurden alle Techniken durch die TWG bewertet und die TWG hat beschlossen, welche dieser Techniken BVT sind.

Allgemeine Möglichkeiten zur Minimierung der Staubemissionen werden in Abschnitt 4.4.2 und mögliche primäre organisatorische Möglichkeiten in Abschnitt 4.4.3 beschrieben. In Abschnitt 4.4.5 werden mögliche primäre Techniken und in Abschnitt 4.4.6 zahlreiche mögliche sekundäre Techniken beschrieben. Abschnitt 4.4.7 betrifft den Umschlag verpackter Feststoffe und in Abschnitt 4.4.8 wird der Vermeidung und Kontrolle von Explosionen Beachtung geschenkt.

### 4.4.2. Allgemeine Ansätze zur Minimierung von Staubemissionen beim Umschlag

Es gibt verschiedene Ansätze zur Minderung der Staubemissionen:

1. **Präprimäre Maßnahmen** setzen im Produktions- und Gewinnungsprozess an und reduzieren die Staubneigung bevor das Gut die Produktionsanlage verlässt. Präprimäre Maßnahmen sind Teil des Gewinnungsverfahrens und deshalb nicht Gegenstand dieses Dokumentes und werden deshalb, bis auf einige wenige Beispiele, nicht weiter beschreiben.

#### *Herstellung von Pellets oder Briketts*

- Feinerze mit Partikelgrößen von 100 µm und kleiner werden (mit Additiven) zu kleinen Kugeln geformt und mittels Feuer gehärtet
- Zum Zwecke der Reduzierung der Oberfläche und der Neigung, während des Be- und Entladens zu stauben, können z.B. aus einigen Düngemitteln, Pellets hergestellt werden, oder im Falle feuchter Materialien Briketts.

#### *Besprühen*

- Durch Besprühen von Kalkstein mit Wasser und Additiven wird eine dauerhafte Verbindung von Staubpartikeln und dem Kalkstein erreicht. Das Besprühen wird direkt im Steinbruch durchgeführt, um eine Entstehung von Staubemissionen während des Brechens, Klassierens, Förderns und Befüllens zu reduzieren.
- Bergbaulich gewonnene Mineralsalze werden unmittelbar in der Mine gebrochen und gemahlen. Die Feinfraktion (=feine Salzpartikel kleiner 0,2 mm) wird durch Sieben oder Windsichten entfernt. Das so gewonnene Produkt entwickelt so gut wie keine Staubemissionen beim Umfüllen und Verarbeiten.

Die Anwendung von präprimären Mitteln erfährt seine Einschränkung, wenn dadurch die vom Käufer gewünschten Eigenschaften der Produkte beeinflusst werden. Z.B. kann man durch die Behandlung von Getreide mit Rapsöl oder chemischen Konservierungstoffen (z.B. Harnstoff und Propionsäure) die Staubneigung herabsetzen. Aber diese Behandlung schränkt die Vermarktung und Anwendungsmöglichkeiten erheblich ein, da Mehl aus mit Rapsöl behandeltem Getreide nicht mehr zum Backen verwendet werden kann.

**2. Primäre Maßnahmen** umfassen alle Möglichkeiten zur Minderung von Staubemissionen beim Umschlag und können unterteilt werden in:

- Organisatorische primäre Maßnahmen: Verhalten des Bedienpersonals
- Technische primäre Maßnahmen: Techniken, die das Auftreten von Staubemissionen verhindern.

**3. Sekundäre Maßnahmen** sind Abscheidemaßnahmen zur Beschränkung der Freisetzung von Staub.

Tabelle 4.16 zeigt einen Überblick über Maßnahmen und Techniken zur Minderung von Staubemissionen beim Be- und Entladen, und sofern Informationen übermittelt wurden, sind diese in dieser Tabelle detailliert in den Abschnitten erwähnt.

Es ist notwendig zu bemerken, dass die Auswahl eines Verfahrens zur Lagerung und einer Emissionsminderungsmaßnahme zur Minderung von Staubemissionen von den Eigenschaften des Produktes abhängt. Insbesondere bei Endprodukten, bei denen die Anwender-Spezifikationen entscheidend sind, beruht die Auswahl der Lagerungseinrichtungen und der ECM auf vielen Faktoren wie dem Widerstand gegen eine Zuteilung, der Fähigkeit zu brechen, zu fließen, anzubacken, der chemischen Stabilität und der Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001, 175, TWG, 2003]

Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen		Abschnitt	
Primär	Organisatorisch	Wetterbedingungen	4.4.3.1
		Maßnahmen (für den Kranfahrer) bei Einsatz eines Greifers: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung der Abwurfhöhe beim Abgeben des Materials</li> <li>vollständiges Schließen des Greifers/der Schalen nach der Materialaufnahme</li> <li>ausreichend langes Verweilen des Greifers in den Trichtern nach dem Abwurf</li> <li>Einstellung des Greiferbetriebs bei hohen Windstärken.</li> </ul>	4.4.3.2
		Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz eines Bandförderers: <ul style="list-style-type: none"> <li>angemessene Geschwindigkeit des Förderers</li> <li>Vermeidung der Bandbelastung bis zu den Rändern.</li> </ul>	4.4.3.3
		Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz eines mechanischen Schaufelladers: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung der Abwurfhöhe beim Abgeben des Materials</li> <li>Wahl der richtigen Position beim Entladen in einen Lkw.</li> </ul>	4.4.3.4
		Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal) <ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung der Transportwege</li> <li>Anpassung der Fahrzeuggeschwindigkeiten</li> <li>befestigte Straßenoberflächen</li> <li>Verringerung der Windangriffsflächen</li> </ul>	4.4.3.5
	Technisch	Optimierte Greifer	4.4.5.1
		Einsatz geschlossener Förderbänder (z.B. Schlauchgurtförderer, Schneckenförderer)	4.4.5.2
		Förderband ohne Stützrollen	4.4.5.3
		Primäre Maßnahmen an konventionellen Förderbändern	4.4.5.4
		Primäre Maßnahmen an Übergaberutschen	4.4.5.5
		Minimierung der Fallgeschwindigkeit	4.4.5.6
		Minimierung der freien Fallhöhen (z.B. Kaskadenschurre)	4.4.5.7
		Einsatz von Staubsperren bei Schüttgossen und Schütttrichtern	4.4.5.8
		Staubarme Bunker	4.4.5.9
	Fahrgestelle von Fahrzeugen mit runden Aufbauten	4.4.5.10	
Sekundär	Abschirmungen für offene Förderbänder	4.4.6.1	
	Einhausung oder Abdeckung der Emissionsquellen	4.4.6.2	
	Anwendung von Staubschürzen/-hauben, Aufsatzkonus und Verschlusskegel bei Beladerohren	4.4.6.3	
	Absaugsysteme	4.4.6.4	
	Filtersysteme für pneumatische Förderer	4.4.6.5	
	Schüttgossen mit Absaugung, Einhausung und Staubsperren	4.4.6.6	
	Optimierte Schütttrichter (in Häfen)	4.4.6.7	
	Techniken der Wasserbesprühung/Wasservorhänge und Bedüsung mit Wasser	4.4.6.8	
		4.4.6.9	
	Reinigung von Förderbändern	4.4.6.10	
	Ausrüstung von Lkw mit mechanischen/hydraulischen Klappen	4.4.6.11	
	Straßenreinigung	4.4.6.12	
	Reinigung der Fahrzeugreifen	4.4.6.13	
<i>Anmerkung: Die Grenze zwischen primären und sekundären Maßnahmen ist nicht immer eindeutig; z.B. mindert ein Wasserschleier die Freisetzung von Staubemissionen und ist gleichzeitig ein Mittel um Staub zu binden.</i>			

**Tabelle 4.16: Maßnahmen und Techniken zur Reduzierung von Staubemissionen beim Transport und Umschlag [17, UBA, 2001, 134, Corus, 1995] [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]**

### 4.4.3. Primäre organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Staubemissionen beim Umschlag

#### 4.4.3.1. Wetterbedingungen

**Beschreibung:** Vermeidung der Verbreitung von Staub durch das Be- und Entladen im Freien durch Einstellung von Umschlagaktivitäten bei hohen Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten und der Windrichtung. Z.B. in den Niederlanden werden die Umschlagaktivitäten eingestellt, wenn die Windgeschwindigkeiten, unter Beachtung der Staubneigungsklasse, folgende Werte überschreiten:

- Klasse S1 und S2 8 m/s (Windstärke 4; mittlere Brise)
- Klasse S3 14 m/s (Windstärke 6; starke Brise)
- Klasse S4 und S5 20 m/s (Windstärke 8; auffrischender Sturm).

Erklärung der Staubneigungsklassen, siehe auch Anhang 8.4:

S1: stark staubend, nicht befeuchtbar  
S2: stark staubend, befeuchtbar  
S3: mittel staubend, nicht befeuchtbar  
S4: mittel staubend, befeuchtbar  
S5: nicht oder kaum staubend.

**Durchführbarkeit:** Durch die Einstellung des Umschlags bei schlechten Wetterbedingungen hat diese Maßnahme einen Einfluss auf den Betrieb der Anlage.

**Anwendbarkeit:** Diese Maßnahme ist bei der Errichtung von Haufwerken einfacher anwendbar als beim Be- und Entladen von Transportfahrzeugen. Schwierig ist es auch, wenn die Errichtung des Haufwerks Teil eines kontinuierlichen Prozesses ist.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

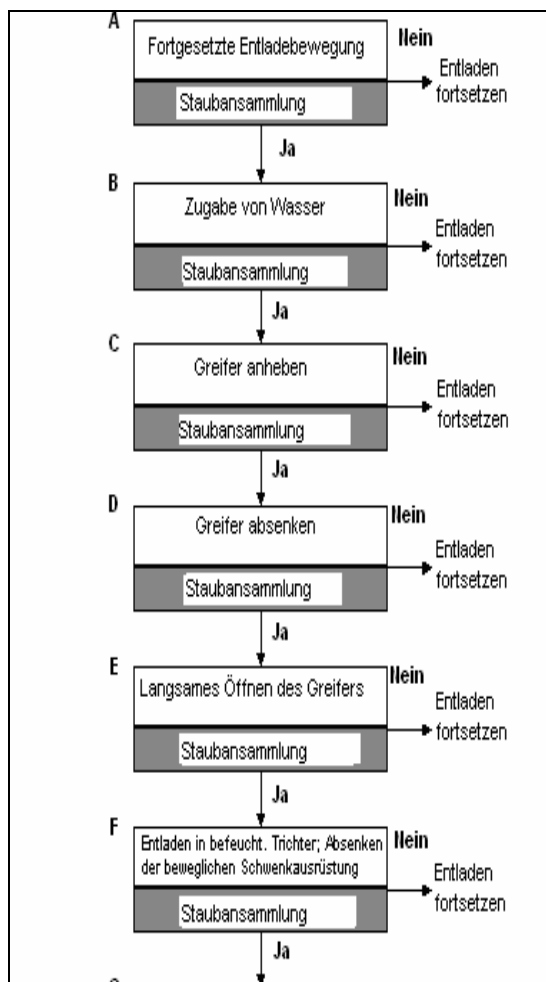
**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Einstellung der Umschlagaktivitäten kann sehr kostspielig werden, wenn dadurch Schiffe festgehalten werden und hohe (Über)Liegegebühren verursachen, was auch für Lkws, Züge, untätiges Personal etc. gilt.

**Referenzliteratur:** [15, InfoMil, 2001, 175, TWG, 2003]

#### 4.4.3.2. Maßnahmen für den Kranfahrer bei Einsatz eines Greifers

**Beschreibung:** Siehe Abbildung 4.22 auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.22: Entscheidungsdiagramm für einen Kranfahrer zur Vermeidung von Staubansammlungen [134, Corus, 1995]**

In Ergänzung zu dem oben dargestellten Diagramm wird das Be- und Entladen von Materialien der Klassen S1, S2, S3 und möglicherweise S4 mit oben abgedeckten Greifern in gutem Zustand durchgeführt. Der Greifer darf zum Abgeben erst geöffnet werden, wenn er bis unterhalb der Ränder des Schüttrichters oder alternativ unterhalb der Ränder der Windabschirmungen herabgelassen ist.

Andere wichtige Maßnahmen sind das vollständige Schließen des Greifers/der Backen nach der Materialaufnahme und das ausreichend lange Verweilen des Greifers im Schüttrichter nach der Materialabgabe.

**Anwendbarkeit:** Kann immer angewendet werden. Der sorgfältigere Einsatz des Greifers kann mehr Zeit erfordern.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Diese Maßnahme verursacht sehr niedrige Kosten.

**Referenzanlagen:** Corus, in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001] [15, InfoMil, 2001]

#### 4.4.3.3. Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz eines Bandförderers

Es wurden keine Informationen übermittelt.



#### 4.4.3.4. Maßnahmen (für den Bediener) bei Einsatz einer mechanischen Schaufel

**Beschreibung:** Die Verringerung der Abwurfhöhe und Wahl der richtigen Position beim Entladen in einen Lkw sind wichtige Faktoren zur Vermeidung der Staubansammlung.

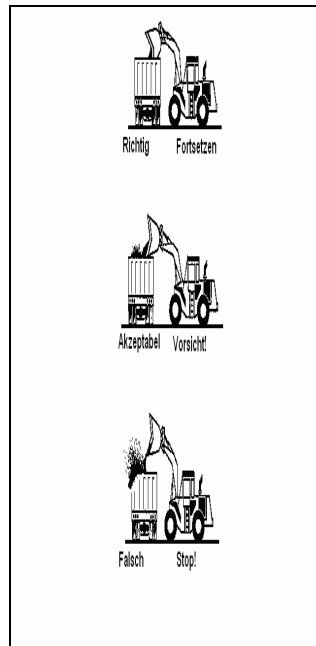


Abbildung 4.23: Darstellung, wie sich die Ansammlung von Staub bei Einsatz eines mechanischen Schaufelladers vermeiden lässt [134, Corus, 1995]

**Anwendbarkeit:** Kann immer angewendet werden. Der sorgfältigere Betrieb der mechanischen Schaufel kann mehr Zeit erfordern.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Diese Maßnahme verursacht sehr niedrige Kosten.

**Referenzanlagen:** Corus, in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [134, Corus, 1995]

#### 4.4.3.5. Gestaltung und Betrieb von Lagerplätzen (durch den Planer und das Betriebspersonal)

##### 4.4.3.5.1. Verringerung diskontinuierlicher Transporte und Transportentfernungen

**Beschreibung:** Bei der Festlegung der Gestalt eines Lagerplatzes für staubende Materialien ist eine wichtige Maßnahme zur Senkung der Emissionen, die Transportentfernungen so kurz wie möglich zu machen, um die Anzahl der innerbetrieblichen Verkehrsbewegungen zu minimieren.

Auch aufgrund ihrer Feuchte nicht staubende Stoffe können zu Staubemission beitragen, wenn sie durch überfahrende Fahrzeugreifen zerkleinert und aufgewirbelt werden.

Der diskontinuierliche Transport (Schaufellader, Lkw) verursacht im Allgemeinen höhere Staubemissionen als der kontinuierliche Transport, wie mit Förderbändern. Förderbänder können relativ leicht abgedeckt werden, während emissionsmindernde Maßnahmen für LKW und Schaufellader meistens weniger effektiv sind.

**Anwendbarkeit:** Für neu zu errichtende Anlagen kann eine Gestaltung die die Anzahl der Verkehrsbewegungen minimiert angewendet werden, während dies bei bestehenden Anlagen möglicherweise schwieriger zu erreichen ist.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Auf neuen Plätzen können kontinuierliche Transportverfahren angewendet werden, während der Wechsel von diskontinuierlichen Transportverfahren zu kontinuierlichen für bestehende Lagerplätze teuer sein kann.

**Referenzliteratur:** [15, InfoMil, 2001] [148, VDI-Verlag, 1994] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.3.5.2. Anpassung der Fahrzeuggeschwindigkeiten

**Beschreibung:** Um die Menge an aufgewirbeltem Staub zu Verringern, müssen Fahrzeuge in Schrittgeschwindigkeit gefahren werden. Die Installation von Bodenschwellen kann dies möglicherweise unterstützen.

**Durchführbarkeit:** Dies ist leichter vom Personal des Lagerplatzes zu fordern als von Dritten.

**Anwendbarkeit:** Kann überall angewendet werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Keine.

**Referenzanlagen:** Einige Anlagen in Duisburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [15, InfoMil, 2001, 52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000]

#### 4.4.3.5.3. Befestigte Straßenoberflächen

**Beschreibung:** Das Problem, dass Fahrzeuge auf sandigen Straßen und Gelände Staub aufsammeln, kann durch Einsatz von befestigten Oberflächen, beispielsweise Beton oder Asphalt, gelöst werden. Der Vorteil dieser Straßen ist, dass sie leicht gereinigt werden können, siehe Abschnitt 4.4.6.12. Es kann nützlich sein, die Straßen einzugrenzen, um die Fahrzeuge vor dem Befahren sandiger Oberflächen zu bewahren oder Matten auf dem Seitenstreifen aufzubringen.

Ein anderer Vorteil der befestigten Straßenoberflächen ist, dass es den Boden vor Verschmutzung schützt.

**Anwendbarkeit:** Straßen mit befestigten Oberflächen werden üblicherweise dort eingesetzt, wo Lkw und Autos fahren; dort wo große Schaufellader eingesetzt werden oder bei zeitlich befristet genutzten Straßen sind diese normalerweise nicht mit hart befestigten Oberflächen ausgestattet.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzanlagen:** Corus, in den Niederlanden und einige Anlagen in Duisburg, Deutschland

**Referenzliteratur:** [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995, 148, VDI-Verlag, 1994] [15, InfoMil, 2001] [183, EIPPCB, 2004]

#### 4.4.4. Primäre bauliche Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Be- und Entladen

##### 4.4.4.1. Be- und Entladen in geschlossenen Gebäuden

**Beschreibung:** Be- und Entladen kann in geschlossenen Gebäuden durchgeführt werden, z.B. Hallen. Um den Austritt von Staub zu verhindern, können die Hallen mit automatisch öffnenden und schließenden Türen oder Vorhängen/Rollläden ausgestattet werden. Die Anwendung kann bei Be-/Entladeaktivitäten von Lkw, Zügen und (kleinen) Schiffen erfolgen.

**Anwendbarkeit:** Kann bei neuen und bestehenden Anlagen und für alle Arten von Materialien angewendet werden. Dennoch wird es üblicherweise für Materialien eingesetzt, die empfindlich gegenüber Wettereinflüssen sind, um Qualitätsverluste zu vermeiden, z.B. in der Nahrungsmittelindustrie.

**Sicherheitsaspekte:** Explosive Staub-/Luftgemische können entstehen, wenn keine oder nicht vorschriftsmäßig betriebene Absaugsysteme eingesetzt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Kostenintensive Alternative.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.5. Primäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Umschlag

##### 4.4.5.1. Optimierte Greifer

**Beschreibung:** Die wesentlichen Kennzeichen eines staubarmen Greifers sind:

- er ist oben geschlossen um den Einfluss der Windes zu unterbinden
- seine geometrische Form und seine optimale Ladekapazität, wodurch ein Überladen verhindert wird
- das Greifervolumen sollte immer höher sein als das durch die Grabkurve angegebene Volumen sein (die Grabkurve ist die Kurve, die durch die Greiferschalen beim Eintauchen in das Schüttgut beschrieben wird)
- die Oberfläche sollte glatt sein, um Anhaftungen zu verhindern
- Schließfähigkeit des Greifers im Dauerbetrieb.

Die geschlossene Schaufelkonstruktion mit trichterförmiger Öffnung vereint alle oben genannten Kennzeichen.

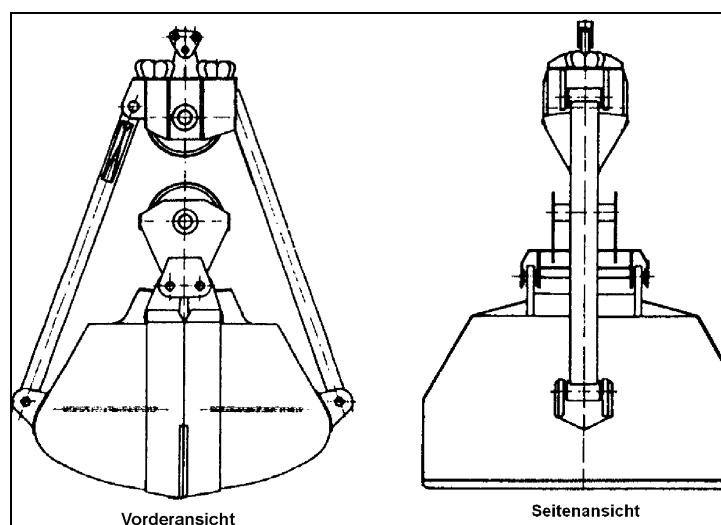


Abbildung 4.24: Geschlossene Greiferschalenkonstruktion mit trichterförmiger Öffnung (Front- und Seitenansicht) [17, UBA, 2001] Quelle: MB Kröger Greifertechnik GmbH

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Eine geschlossene Ausführung minimiert die Entstehung von Staubemissionen, dennoch verursachen Staubemissionen und Rieselverluste erhebliche Materialverluste von 2 bis 5 %.

**Wirtschaftlichkeit:** Als grobe Richtschnur liegen die Kosten eines Greifers mit einer Kapazität von 13 m<sup>3</sup> bei 83000 DM (ca. EUR 42000). Zusätzliche Kosten, z.B. für die Krananlage, müssen berücksichtigt werden.

**Referenzanlagen:** Diese Greifertypen werden in einigen See- und Binnenhäfen, z.B. in Neuss oder Orsoy eingesetzt.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.5.2. Geschlossene Förderer

**Beschreibung:** Die folgenden geschlossenen Förderer sind in Kapitel 3 beschrieben:

- Druckluftförderer; siehe Abschnitt 3.4.2.18
- Trogkettenförderer; siehe Abschnitt 3.4.2.16.1
- Schneckenförderer; siehe Abschnitt 3.4.2.17.

Ein spezieller Typ eines geschlossenen Bandförderers ist einer, bei dem das Band selbst, oder ein zweites Band das Fördergut einschließt. Beschrieben werden sie in Abschnitt 3.4.2.14.

- Schlaufengurttförderer
- Schlauchgurttförderer
- Doppelgurttförderer
- Faltegurttförderer
- Reißverschlussförderer.

Bis auf den Reißverschlussförderer werden weitere Details in Tabelle 4.17 beschrieben.

	Schlaufengurt	Schlauchgurt	Doppelgurt	Faltgurt
<b>Entwickelt für spezifische Fälle</b> Siehe Anmerkung 1)	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Nachteile</b>	Siehe Anmerkung 2)	Länge < 5000 m	Siehe Anmerkung 2)	Siehe Anmerkung 2)
<b>Anwendbarkeit</b>	Angewendet	Häufig angewendet	Angewendet	Nicht häufig angewendet
<b>Kapazität</b>	400 t/h	bis 3000 t/h	bis 4000 t/h; theoretisch 15000 t/h	Im Einsatz bis 1500 t/h; theoretisch unbekannt
<b>Beförderte Materialien</b>	Stückgut < 100 mm	Nicht zu großes Stückgut	Nicht zu großes Stückgut	Nicht zu großes Stückgut

**Tabelle 4.17: Vergleich verschiedener geschlossener Bandförderer**  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Anmerkung 1):** Förderer dieses Typs wurden entwickelt weil:

- weniger Rieselverluste und Staubemissionen entstehen
- die Qualität des Produktes nicht durch das Wetter beeinflusst wird
- große bis sehr große Neigungen sind möglich
- sehr enge Kurven möglich sind (gilt nicht für den Doppelbandförderer).

**Anmerkung 2):** Mit dem Schlauchgurt- und Schlaufengurttförderer sind Schrägen von 20 bis 40 Grad (bis zu 60 Grad möglich. Mit dem Doppelgurt- und Faltegurttförderer sind Schrägen bis zu 90 Grad möglich. Jedoch hängt

dies immer von dem zu transportierenden Gut ab. Jeder Bandförderer außer dem Doppelgurtförderer ist in der Lage Kurven auszuführen, wodurch sich Übergabestellen und somit potentielle Staubemissionsquellen vermeiden lassen. Der Radius der Kurven variiert von Typ zu Typ; mit Schlauchgurtförderern beträgt der Radius bis zu einigen hundert Metern, während er bei Faltgurt- und Schlaufengurtförderern lediglich wenige Meter beträgt (bis zu kleinsten Radien von weniger als 0,4 Meter beim Schlaufengurtförderer).

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Als Vergleichsreferenz dient ein eingehauster konventioneller Bandförderer zum Transport von Getreide. Ein geschlossener Bandförderer mit der gleichen Anzahl von Übergabestellen wird im allgemeinen eine Staubemissionsminderung von 80 – 90 % erreichen. Für den Fall, dass zwei Übergabestellen vermieden werden können, beträgt der geschätzte Wirkungsgrad bis zu 95 – 98 %.

Ein Vergleich mit der gleichen Referenztechnik, diesmal zum Transport von Kohle oder Erzen und der gleichen Anzahl an Übergabestellen, beträgt die geschätzte erreichbare Staubemissionsminderung 95 – 98 %. Für den Fall, dass zwei Übergabestellen vermieden werden, beträgt der geschätzte Wirkungsgrad bis zu 98 – 99 %.

Übergabestellen sind eine ganz entscheidende Quelle für Staubemissionen und die erreichbare Emissionsminderung hängt von der Möglichkeit des Vermeidens von Übergabestellen durch Anwendung geschlossener Bandförderer ab, da diese in der Lage sind, Kurven auszuführen. Die Emissionen einer Übergabestelle hängen von der Art des Materials und der Ausführung der Übergabestelle ab; dennoch kann als Anhaltswert gesagt werden, dass die Emissionen einer einfachen und geschlossenen Übergabestelle für Kohle und Erze etwa 0,3 – 2 Gramm pro Tonne beträgt. Für Getreide kann dies weniger sein.

Eine Studie zur Energieeffizienz eines 10 km langen konventionellen Überlandbandförderers bei BHP Gregory/Crinum, Australien, ergab, dass bedeutende Energieeinsparungen durch folgende Kombinationen erreicht werden können:

- eine gute Förderbandausführung, einschließlich der Laufrollen und Laufrollenabstände
- eine akkurate Ausführungstoleranz, und
- ein Band mit einem Umlenkrollenüberzug mit sehr niedrigem Rollwiderstand.

**Anwendbarkeit:** Schlauchgurtförderer werden sehr häufig eingesetzt. Doppelgurt und Schlaufengurtförderer sind weit verbreitet. Faltgurtförderer werden weniger häufig eingesetzt.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [17, UBA, 2001] [140, Hersteller Information, 2001]

### 4.4.5.3. Förderband ohne Stützrollen

Eine Hauptquelle für Staubemissionen von Bändern besteht darin, dass der zurückkommende Teil des Bandes mit den Stützrollen in Berührung kommt. Durch Verzicht auf Stützrollen vermeidet man diese Emissionen. Techniken ohne Stützrollen sind:

- luftgetragene Bänder
- Bänder mit niedrigem Reibungswiderstand
- Bandförderer mit Diabolos.

Ein Vorteil von Bändern ohne Stützrollen ist, dass sie leichter einzuhausen sind. Grund dafür ist, dass sie einen geringeren Wartungsaufwand erfordern als konventionelle Förderbänder, wodurch der Nachteil der schlechteren Wartungszugänglichkeit durch den Vorteil des geringeren Wartungsaufwandes entfällt.

#### 4.4.5.3.1. Luftgetragene Bänder

**Beschreibung:** Das materialtragende Band bewegt sich auf einem Blech mit kleinen Löchern, durch das Luft geblasen wird. Dadurch wird eine Luftschicht zwischen Blech und Band ausgebildet, die das Band trägt.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die geschätzte Emissionsminderung beträgt im Vergleich mit einem konventionellen, geschlossenen Bandförderer 60 – 90 %.

**Durchführbarkeit:** Die maximale Länge eines luftgetragenen Bandes beträgt 300 Meter. Die Breite variiert von 300 – 1800 mm. Die Kapazität liegt bei ca. 3400 m<sup>3</sup> pro Stunden.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird häufig eingesetzt, insbesondere bei sehr stark staubenden Produkten die nicht befeuchtet werden dürfen, da sich dieser Förderertyp einfach kapseln lässt. Er kann zum Transport jeder Art von Materialien eingesetzt werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.5.3.2. Bandförderer mit geringem Reibungswiderstand

**Beschreibung:** Bei einem Förderer mit geringem Rollwiderstand wird das Band geführt und gleitet auf einer Schiene mit niedrigem Widerstand, siehe Abbildung 4.25.

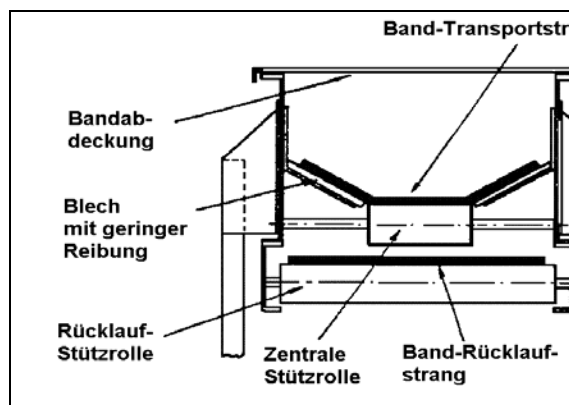


Abbildung 4.25: Förderer mit niedrigem Rollwiderstand  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die geschätzte Emissionsminderung beträgt im Vergleich mit einem konventionellen, geschlossenen Bandförderer 60 – 90 %.

**Durchführbarkeit:** Beim Förderer mit niedrigem Rollwiderstand gleitet das Band teilweise über eine Platte oder Blech. Das bedeutet eine höhere Festigkeit als mit herkömmlichen Bandförderern, weshalb diese Technik nur bei kurzen Entfernungen und geringen Kapazitäten eingesetzt wird. Die maximale Länge liegt bei 300 Metern. Die Breite variiert von 300 – 1800 mm und die Kapazität liegt bei ca. 3400 m<sup>3</sup> pro Stunden.

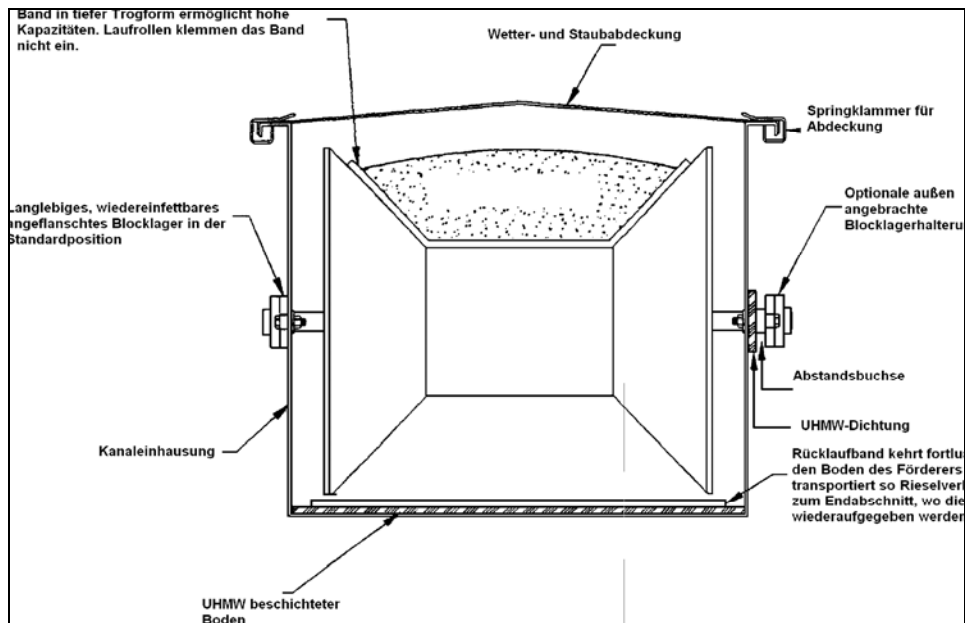
**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird häufig eingesetzt, insbesondere bei sehr stark staubenden Produkten die nicht befeuchtet werden dürfen, da sich dieser Förderertyp einfach kapseln lässt. Er kann zum Transport jeder Art von Materialien eingesetzt werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.5.3. Förderer mit Diabolo

**Beschreibung:** Bei dieser Fördererart passt sich das Band der “Diabolo-Form” des Rollenkörpers an; siehe Abbildung 4.26.



**Abbildung 4.26: Bandförderer mit Diabolo**  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Die geschätzte Emissionsminderung beträgt im Vergleich mit einem konventionellen, geschlossenen Bandförderer 60 – 90 %.

**Durchführbarkeit:** Die Geschwindigkeit der Oberfläche der Diabolos stimmt durch die Form der Diabolo nicht überall mit der Geschwindigkeit des Bandes überein. Dies kann eine ernsthafte Abnutzung des Bandes verursachen. Dies kann vermieden werden, indem die Spannung des Bandes erhöht und somit der Kontakt mit dem Diabolo in der Mitte vermieden wird. Die Abnutzung nimmt mit der Kapazität und der Länge des Bandes zu. Die maximale Länge liegt bei 300 Metern. Die Breite variiert von 300 – 1800 mm und die Kapazität liegt bei ca. 3400 m<sup>3</sup> pro Stunden.

**Anwendbarkeit:** Diese Technik wird häufig eingesetzt, insbesondere bei sehr stark staubenden Produkten die nicht befeuchtet werden dürfen, da sich dieser Förderertyp einfach kapseln lässt. Er kann zum Transport jeder Art von Materialien eingesetzt werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.5.4. Primäre Maßnahmen an konventionellen Förderbändern

**Beschreibung:** Um Staubemissionen durch das obere Förderband zu vermeiden, können die folgenden Maßnahmen angewendet werden:

- Erhöhung der Bandspannung
- Anordnung der Stützrollen näher beieinander
- Anbringung einer Platte oder eines Bleches unter dem Band an den Beladestellen
- Reduzierung der Bandgeschwindigkeit
- Erhöhung der Bandbreite
- konkavere Ausformung des Bandes.



Um Staubemissionen vom unteren Band zu vermeiden, können folgende Maßnahmen durchgeführt werden:

- Art des Förderers (verhindert Anhaftungen des Gutes)
- Auftrag eines Additivs auf das Band verhindert Anhaftungen (z.B. Wasserfilm auf dem Band beim Transport von „Roh“-Zucker).

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

#### 4.4.5.5. Primäre Maßnahmen an Übergaberutschen (z.B. zu Bandförderern)

**Beschreibung:** Die Ausführung von Übergaberutschen zwischen Bandförderern spielt eine wichtige Rolle, um zu erreichen dass:

- die Übergabe keine Rieserverluste erzeugt
- die Übergaberutsche zentral und ohne Schräglauf auf den ankommenden Förderer übergibt, damit die Spurtreue des aufnehmenden Förderers nicht beeinflusst wird
- durch die Übergaberutsche ein Materialfluss der gleichen oder etwa der gleichen Geschwindigkeit auf dem aufnehmenden Band erreicht wird, wie die des Bandes selbst
- Probleme durch Vorgaben wie hohe oder ungeeignete Fallhöhen, bestehende Kopfrutschenbreite und -höhe, die Breite, Länge von Rutschenanbauten effizient gelöst werden
- der Zerfall des Materials durch die Übergabe minimiert wird, ebenso wie die Erzeugung von Staubemissionen.

Diese Zielsetzung kann durch eine sorgfältige Berechnung der Flugbahn des Materials vom ankommenden Förderer und durch eine Materialführung, die einen möglichst kleinen Einfallswinkel sowie durch ein „freies Fließen“ während der Übergabe sichergestellt werden. Modellierverfahren zur Erzeugung genauer Ausführungen sind verfügbar.

Eine Firma in den USA passt die Prinzipien von weichen Übergaberutschen (unter Verwendung der oben erwähnten „Freifließ“ Technik) an, um Übergabestationen zu entwickeln, die den inhärenten Staub bei vielen Anwendungen von Übergaberutschen vollständig zu mindern/einzuschließen vermögen. Dies wird ohne den Einsatz von Filtern oder ähnlichen Vorrichtungen erreicht, somit ist das System ein „passives“ Staubkontrollsystem. Es handelt sich um eine patentierte Technologie, die eine Luftströmung durch eine Reihe von Kammern erzeugt, um dadurch einen Gegendruck und einen besonderen Luftberuhigungsvorgang zur Agglomeration des Staubes und eine Rückführung in den Hauptmaterialfluss zu bewirken.

**Durchführbarkeit:** Die Grundlage des Verfahrens ist die Auslegung der Parameter. Wenn der Betreiber erst einmal die 20 bis 25 Schlüsselparameter beschrieben hat, erfordert der gesamte Prozess für die meisten Übergabeeinrichtungen (und im Falle bestehender Übergabestellen, für die strukturellen Details der bestehenden Einrichtung) 6 bis 8 Stunden.

**Anwendbarkeit:** Der Berechnungsprozess kann für neue und bestehende, nachzurüstende Transfereinrichtungen angewendet werden.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Wirtschaftlichkeit:** Verglichen mit der Ausführung herkömmlicher Übergaberutschen sind damit keine zusätzlichen Kosten verbunden.

**Referenzliteratur:** [142, Martin Engineering, 2001]

#### 4.4.5.6. Minimierung der Fallgeschwindigkeit des zu entladenden Materials

**Beschreibung:** Wenn die Fallgeschwindigkeit des Materials zu hoch ist, vereinzeln sich die Partikel und Staubpartikel werden freigesetzt. Außerdem wird durch das fallende Material Luft zum Boden befördert was zu einem Staubaustrag am Auslass der Entladevorrichtung führt. Auch der Zusammenprall des Schüttgutes kann zu zusätzlichen Staubemissionen beitragen. Die Staubemission hängt von der Fallhöhe ab.

Die Fallgeschwindigkeit des Materials kann gesenkt werden durch:

- Einbau vom Umlenklechen in langen Rohren (z.B. in langen Beladerohren)
- Anwendung eines Beladepfleges am Ende des Rohres zur Regulierung des ausfließenden Volumens
- Anwendung einer Kaskade (z.B. eines Kaskadenschlauches und einer Kaskadenschurre)
- Sicherstellung minimaler Neigungswinkel (z.B. bei Rutschen).

Eine Kaskade kombiniert die Vorteile niedriger Fallhöhen und reduzierter Geschwindigkeit, da das Material abwechselnd gleitet und fällt (siehe Abbildung 3.38).

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.5.7. Minimierung der freien Fallhöhen

**Beschreibung:** Um die Staubemissionen beim Beladen von Lkw, Zügen oder Transportbehältern oder beim Aufbau einer Halde zu minimieren, sollte der Auslass eines Entladers (z.B. eines Beladerohres) bis zum Boden des Lageraumes oder bis zum aufgeschütteten Gut reichen. Eine automatische Höhenanpassung ist die beste Technik.

**Anwendbarkeit.** Mit Trichtern, (siehe Abschnitt 3.4.2.3), Beladerohren (siehe Abschnitt 3.4.2.9), Verladeschläuchen (siehe Abschnitt 3.4.2.10) und Kaskadenschläuchen (siehe Abschnitt 3.4.2.11) lassen sich bei ordnungsgemäßer Anwendung niedrige Fallhöhen erreichen.

Für Substanzen des Staubneigungsclassen S5 ist die Fallhöhe nicht kritisch.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Medienübergreifende Effekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [15, InfoMil, 2001, 133, OSPAR, 1998]

#### 4.4.5.8. Schüttgossen mit Staubsperren

**Beschreibung:** Siehe Abschnitt 3.4.2.8 und Abbildung 3.35, wo eine Schüttgasse mit Staubsperre beschrieben und abgebildet ist. Eine Schüttgasse mit Staubsperren, Absaugung und (teilweiser) Einhausung des Annahmebereiches ist in Abschnitt 4.4.6.6 beschrieben.

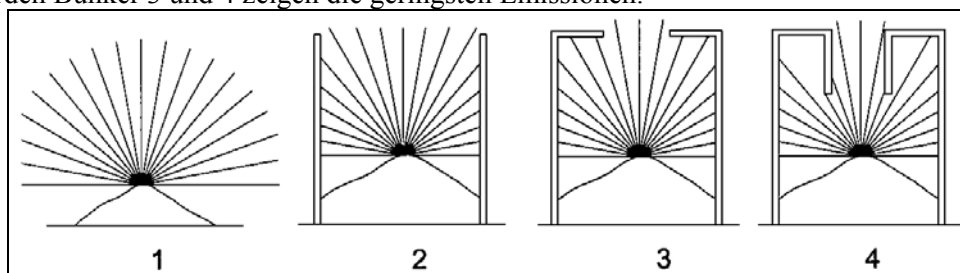
**Durchführbarkeit:** Beachtet werden muss der Fakt, dass Staubsperren die Fließgeschwindigkeit beeinflussen, was zu Staubemissionen führen kann, wenn die Fließmenge pro Zeit der Schüttgasse kleiner als die des Waggons oder Lkw ist.

**Anwendbarkeit:** Schüttgossen wurden zum Entladen von Getreide entwickelt, sind prinzipiell aber für alle frei fließenden Schüttgüter geeignet.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

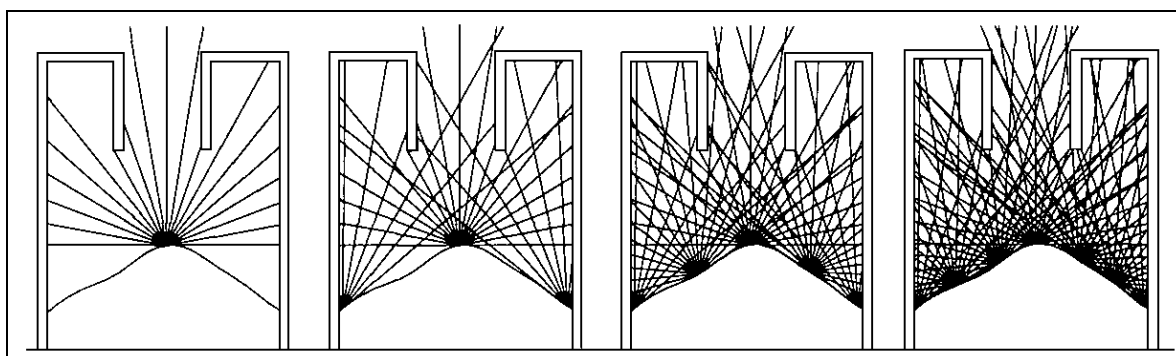
#### 4.4.5.9. Staubarme Bunker

**Beschreibung:** In der Literaturquelle [91, Meyer und Eickelpasch, 1999] wird eine Forschungsarbeit dargestellt die zeigt, dass für die Staubemissionen aus Bunkern beim Abwurf eines Greifers die konstruktive Ausführung des aufnehmenden Bunkers entscheidend ist. Siehe Abbildung 4.27, in der vier unterschiedliche Ausführungen verglichen werden Bunker 3 und 4 zeigen die geringsten Emissionen.



**Abbildung 4.27: Staubemissionen aus Bunkern verschiedener Ausführung**  
[91, Meyer und Eickelpasch, 1999]

Ein genauere Vergleich von Bunker Nummer 3 und 4 (z.B. mehr Emissionspunkte), zeigt, dass Bunker Nummer 4, mit sehr kleiner Öffnung die größte Emissionsminderung bewirkt. Siehe Abbildung 4.28, in der genau die Staubemissionen aus Bunker Nummer 4 von 1, 3, 5 und 7 Punkten dargestellt werden und dargestellt werden sowie Tabelle 4.18, in der die Resultate von Bunker Nummer 3 und 4 gezeigt werden.



**Abbildung 4.28: Genaue Darstellung der Staubemissionen aus Bunker Nummer 4**  
[91, Meyer und Eickelpasch, 1999]

	Anzahl der berücksichtigten Emissionspunkte			
	1	3	5	7
Minderung (%) in Bunker 3	84	86	85	85
Minderung (%) in Bunker 4	84	92	91	90

**Tabelle 4.18: Emissionsminderung in Bunker Nummer 3 und 4**

**Durchführbarkeit:** Keine Daten aus der Praxis verfügbar.

**Anwendbarkeit:** Keine Daten aus der Praxis verfügbar.

**Referenzliteratur:** [91, Meyer und Eickelpasch, 1999]

#### 4.4.5.10. Fahrgestelle von Fahrzeugen mit runden Aufbauten

**Beschreibung:** Die Fahrgestelle von Lkw zum Transport von festen Schüttgütern können mit runden Aufbauten versehen werden, damit sich kein Schüttgut ansammeln kann.

**Anwendbarkeit:** Für betriebseigene Fahrzeuge kann dies realisiert werden, während es bei Leihfahrzeugen schwierig werden kann.

**Referenzliteratur:** [134, Corus, 1995]

### 4.4.6. Sekundäre Techniken zur Minimierung von Staubemissionen beim Umschlag

Neben staubarmen Umschlagtechniken – den primären Maßnahmen – gibt es auch sekundäre Techniken zur Staubminderung, z.B.:

- Einhausung der Staubquellen, gegebenenfalls kombiniert mit Absaugungseinrichtung
- Einsatz von Staubabscheidern
- Einsatz von Beregnungsanlagen.

Für offene Fördersysteme im Freien ist die Anbringung von Abweisern oder Abdeckungen eine Alternative. Beim Transport von pulverförmigen Produkten ist das Abdecken der Ladung eine Möglichkeit zur Vermeidung von Emissionen.

In dem nächsten Abschnitt werden die Emissionskontrollmaßnahmen detaillierter beschrieben.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001] [15, InfoMil, 2001] [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

#### 4.4.6.1. Abschirmungen für offene Förderbänder

**Beschreibung:** Offene Fördersysteme im Freien können vor Windeinflüssen geschützt werden durch:

- Längsabschirmungen
- Querabschirmungen.

Auch die Aufnahme und Abgabestellen des Förderers können durch Windschutzschirme (oder Beregnungsanlagen) ausgestattet werden.

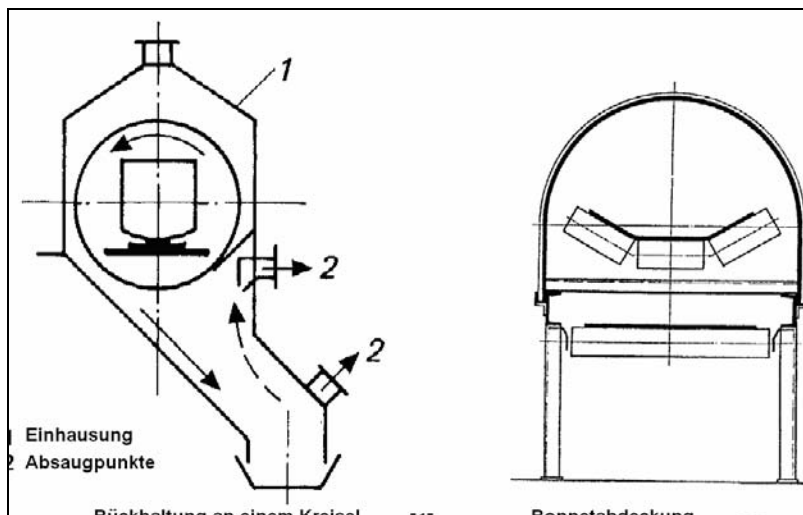
**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzliteratur:** [15, InfoMil, 2001]

#### 4.4.6.2. Einhausung oder Abdeckung der Emissionsquellen

**Beschreibung:** Übergabestellen, Schurren, Becherwerke und andere potentielle Staubquellen werden eingehaust, um die Ausbreitung und/oder das Schüttgut gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Das Einhausen bildet oft eine Voraussetzung für den Einsatz einer Absaugung. Es gibt zwei Arten der Einhausung: die geschlossene und die halboffene Art, bei der die Emissionsquelle zu einer Seite offen ist. Die Art der Einhausung und die Qualität der Ausführung sind entscheidend für den Wirkungsgrad der eingesetzten Entstaubungsanlagen.

Es ist möglich die gesamte Förderstrecke - ganz oder teilweise – mit (halbrunden) Abdeckungen aus Metall oder Kunststoff zu bedecken.



**Abbildung 4.29: Bauarten von Einhausungen**  
 [17, UBA, 2001] Quelle: VDI 3929 und VDI 3606 (Entwurf)

**Anwendbarkeit:** In bestimmten Fällen werden keine Haubenabdeckungen eingesetzt, da sie die Beobachtung des Fördergutstromes verhindern. Bei der Auslegung sind Parameter wie Fallhöhe, Bandbreite und Bandgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.6.3. Anwendung von Staubschürzen/-hauben, Aufsatzkonus und Verschlusskegel bei Beladerohren

**Beschreibung:** In Abschnitt 4.4.5.6 – Minimierung der Fallgeschwindigkeit des zu entladenden Materials, werden primäre Staubminderungstechniken, u.a. Beladerohre beschrieben. Zusätzlich können Aufsatzkonuse oder Verschlusskegel am Ende dieser Rohre angebracht werden, um die Freisetzung von Staub zu minimieren.

Bei der Beladung von Silofahrzeugen oder Containern kann ein Aufsatzkonus mit Verschlusskegel und Füllmelder am Ende des Rohres befestigt werden, so dass kein Staub emittieren kann.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.6.4. Absaugsysteme

**Beschreibung:** Der Einsatz von Entstaubungsanlagen gehört zum Stand der Technik, wobei die Absaugung mit Hilfe von Einzel- und Zentralentstaubungsanlagen erfolgt. Anschlüsse für die Absaugung sollten immer so konstruiert und installiert sein, dass kein Fördergut mit dem Luftstrom abgesaugt wird; dazu sind die Absaughauben in unmittelbarer Nähe, nicht jedoch direkt an der Staubquelle zu installieren. Ansauggeschwindigkeiten von 1 bis 2 m/s sind normalerweise üblich. Sollte der Luftstrom zu viele Partikel enthalten, kann ein Fliehkraftabscheider eingesetzt werden.

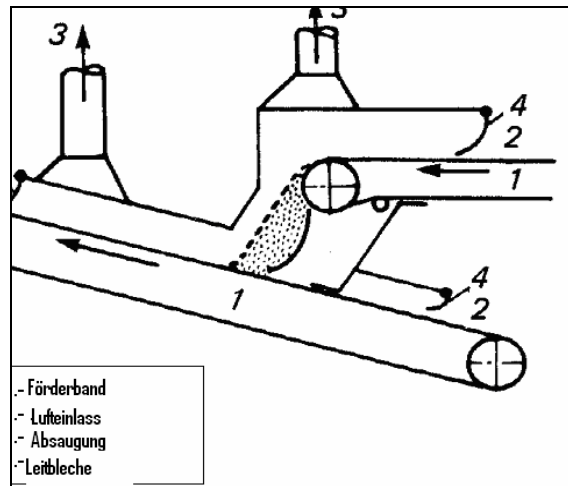


Abbildung 4.30: Einhausung und Entstaubung an einer Förderbandübergabestelle [17, UBA, 2001] Quelle: VDI 3929

Üblicherweise werden zur Abscheidung von Staub aus dem Luftstrom Gewebefilter eingesetzt; sie weisen folgende Vorteile auf:

- breites Anwendungsspektrum
- hohe Abscheideleistung
- hohe Verfügbarkeit
- lange Standzeiten der Filtermaterialien
- einfacher Aufbau
- kostengünstig hinsichtlich der Höhe der Investitions- und Betriebskosten

Es werden verschiedene Bauformen des Filterelementes angeboten, wie Schlauch-, Taschen- und Patronenfilter. Verschiedene Abreinigungsverfahren sind: Reinigung durch mechanisches Schütteln, Rückspülung mit Luft und Puls- bzw. Jetfiltration mittels Druckluft.

**Anwendbarkeit:** Einzelentstaubungen werden vielfach dann eingesetzt, wenn die Entfernung zwischen den Staubquellen zu hoch ist oder wenn der Staub abrasive oder explosive Stoffe enthält.

**Wirtschaftlichkeit:** Eine zentrale Entstaubungseinrichtung ist im Regelfall bezüglich ihrer Investitions- sowie Betriebs- und Wartungskosten immer günstiger als mehrere Einzelentstaubungen. Die Investitionskosten für eine Zentralentstaubungsanlage variieren zwischen 60.000 und 400.000 DM, Referenzjahr 2000 (ca. 30.000 bis 200.000 €).

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.6.5. Filtersysteme für pneumatische Förderer

**Beschreibung:** Filtersysteme für pneumatische Förderer müssen unter schwierigen Bedingungen arbeiten. Üblicherweise werden sie direkt mit dem Fördersystem verbunden und werden so bei Unterdrücken bis zu 0,5 bar betrieben. Je nach Systemauslegung und Fördergut, kann der Luftstrom bis zu 700 m<sup>3</sup>/h betragen. In diesen Fällen eignen sich Sinterlamellenfilter.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Der erreichbare Emissionswert liegt < 1 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Anwendbarkeit:** Dieser Filtertyp findet häufige Anwendung.

**Sicherheitsaspekte:** Sinterlamellenfilter sind in antistatischer Ausführung erhältlich.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Filter ist waschbar, kann recycelt und regeneriert werden. Dennoch verursachen nachgeschaltete Maßnahmen einen Energieverbrauch.

**Referenzliteratur:** [146, Herstellerinformation, 2001] [147, EIPPCB, 2002]

#### 4.4.6.6. Schüttgossen mit Absaugung, Einhausung und Staubsperren

**Beschreibung:** Schüttgossen können mit so genannten Staubsperren ausgerüstet sein. Dabei handelt es sich um Klappen oder Lamellenverschlüsse, die sich bei Gutbeaufschlagung öffnen. Nach oben schießende Stäube werden entweder von nachfließendem Schüttgut, oder, wenn dessen Fluss abreißt, durch die sich schließende Staubsperre, zurückgehalten. Schüttgossen können auch mit Absaugvorrichtungen ausgerüstet sein. Neben den Staubsperren und/oder Absaugvorrichtungen kann der Annahmehereich eingehaust sein. Eine andere Möglichkeit besteht in der Einhausung der Fahrzeug- und Gossenbereiches durch ein bewegliches Vorhangsystem. Manchmal sind die Schüttgossen lediglich mit Absaugungen versehen. Nachteilig ist bei dieser Lösung der hohe Energieverbrauch und der geringe Staubminderungseffekt.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Eine Kombination von Absaugung und Staubsperren hat den Vorteil, dass die benötigte Absaugleistung mit Staubsperren deutlich niedriger als ohne Staubsperren ist; die Minderung beträgt um 60 %.

In dem folgenden Absatz werden zwei mögliche Kombinationen von Staubminderungsmaßnahmen, die auch praktische Anwendung finden, bezüglich ihrer Wirkung, Sicherheitsaspekten und der Wirtschaftlichkeit verglichen.

Kombination 1: Absaugung der Schüttgasse, Einbau von Staubsperren und Einhausung des gesamten Annahmehereiches, was eine fast vollständige Vermeidung diffuser Staubemissionen bewirkt.

Kombination 2: Absaugung der Schüttgasse, Einbau von Staubsperren und Einhausung des Fahrzeug- und Gossenbereiches durch ein bewegliches Vorhangsystem, was eine Vermeidung eines sichtbaren Staubaustritts aus der Einhausung bewirkt.

**Durchführbarkeit:** Bei der Absaugeinrichtung kann ein Problem darin bestehen, die Absaugleistung so genau einzustellen, dass nicht das Produkt selbst abgesaugt wird.

Ein mögliches Problem bei Einsatz von Staubsperren kann der reduzierte Materialfluss sein, was dann zu Staubemissionen führen kann, wenn die Fließmenge kleiner als die des Waggons oder Lkw ist.

In der Praxis sind geschlossene (oder eingehauste) Schüttgossen nicht sehr effektiv, da die Tore oftmals nicht geschlossen gehalten werden.

**Sicherheitsaspekte:** Ein Nachteil geschlossener Schüttgossen ist, dass die Fahrzeuge – als eine Zündquelle – in dem eingehausten Bereich verbleiben und sich dort explosionsfähige Staub-/Luftgemische bilden können. Mit Kombination 2 ist dies nicht der Fall.

**Medienübergreifende Effekte:** Absaugeinrichtungen verursachen Lärm und haben einen hohen Energieverbrauch.

**Wirtschaftlichkeit:** Beispiel 1: Eine neue Schüttgasse mit einer Aufnahmekapazität von 7500 kg mit fester Umhausung, offener Gossenabsaugung aber ohne Staubsperren, erfordert Investitionskosten in Höhe von 450000 DM (ca. 225000 €), Referenzjahr 2000.

Beispiel 2: Die Nachrüstung einer bestehenden Getreideannahmestelle mit vergleichbarer Kapazität wie Beispiel 1 mit Staubsperren, einer Absaugung und einer beweglichen Umhausung erfordert eine Investition von 200000 DM (ca. 100000 €), Referenzjahr 2000.

Der geringere Energieverbrauch von Schüttgossen mit Staubsperren ist ein wirtschaftlicher Vorteil.



**Referenzanlagen:**

- Kombination 1: einige in Deutschland
- Kombination 2: Raiffeisen Bezugsverein e. G., Süderbrarup; ATR Landhandel, Leezen (Deutschland). (Diese Kombination ist in einigen Bundesländern nicht erlaubt).

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

**4.4.6.7. Optimierte Schütttrichter (in Häfen)**

**Beschreibung:** Die folgenden Kennzeichen – die auch kombiniert werden können – sind relevant für die Vermeidung von Staubemissionen bei Schütttrichtern:

- abgesaugte Trichter; Staubluftgemische werden über einen Staubfilter abgesaugt
- geschlossene Trichter; Trichter mit hohen Seitenwänden mit folgender Wirkung:
  - Windangriff wird durch die Umkleidung vermieden
  - Staubausbreitung wird durch die Trichterwand und (bei ausreichender Verweilzeit im umkleideten Bereich) durch den Greifer lokal begrenzt.
  - jedes installierte Absaugsystem ist wirksamer (40 % weniger Absaugleistung verglichen mit offenen Schütttrichtern)
- Trichter mit (primären) Techniken wie Prallbleche oder Lamellenverschlüsse bewirken, dass das Staubluftgemisch zurückgehalten wird; die Einbauten erfordern ein gut fließendes Schüttgut.

**Durchführbarkeit:** Trichter mit hohen Seitenwänden können die Sicht des Kranfahrers behindern. Es ist zu berücksichtigen, dass der Staubminderungseffekt durch hohe Seitenwände stark von der Beschickung durch den Kranführer abhängt.

**Wirtschaftlichkeit:** Beispielsweise belaufen sich die Investitionskosten für einen Silotrichter mit folgenden Merkmalen auf 90000 DM (ca. 46000 €):

- 55° Trichterneigung
- Einer Auslauföffnung von 400 mm
- Einem ca. 3 m hohen Zylinderaufsatz
- Einem Durchmesser von 5 m
- Staubklappen (als Staubsperren) mit Absaugung (7500 m<sup>3</sup>/h)
- Antistatischen Filter
- Regeltechnik.

**Referenzanlagen:** Mit Lamellenverschluss und Absaugung im Hafen Neuss, Norddeutsche Affinerie Hamburg im Hamburger Hafen. Lamellenverschluss ohne Absaugung im Einsatz bei der Raiffeisen Hauptgenossenschaft Nord, Uelzen (nur Düngemittel).

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

**4.4.6.8. Technik der Wasserbesprühung/Wasservorhänge**

**Beschreibung:** Die Befeuchtung des Schüttgutes durch Beregnungsanlagen ist eine bewährte Technik, um eine Staubeinstehung beim Be-/und Entladen zu verhindern. Das Besprühen kann durch dauerhafte Installationen oder mobile Container (z.B. Tanks) erfolgen.

Wasservorhänge dienen z.B. dazu, den Staub im Trichter zu halten, wenn der Greifer über dem Wasservorhang geöffnet wird. Ein weiteres Beispiel ist das Auskippen auf Halden mittels Rutschen, die mit einem nassen Staubbildschlagsystem ausgestattet sind.

Es werden Versuche unternommen, feinere Tröpfchen zur Bindung der Feinstaubpartikel zu erzeugen. Dazu wurden spezielle Düsen entwickelt, die zusammen mit Druckluft und Additiven eingesetzt werden.

Siehe Abschnitt 4.3.6.1 - Wasserbesprühung mit oder ohne Additive und Abschnitt 4.4.6.9 – Bedüsung mit Wasser, wo die Techniken zum Lagern und Be-/und Entladen im Freien beschrieben werden.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Allein durch des Besprühen beträgt der geschätzte Minderungseffekt 80 – 98 %.

**Anwendbarkeit:** Die Technik des Besprühens mit Wasser ist einfach, jedoch ist seine Anwendung auf Schüttgüter beschränkt die feuchtigkeitsunempfindlich sind. Besprühen eignet sich besonders für bestehende Anlagen, bei denen der Raum für die Nachrüstung von Absauganlagen nicht ausreicht und ausreichend Wasser verfügbar ist.

**Medienübergreifende Effekte:** Der Wasserverbrauch ist vergleichsweise hoch und das Schüttgut wird durch das Beregnen zu feucht zum Umschlag. In einigen Fällen muss das Schüttgut anschließend getrocknet werden, was zu einem erhöhten Energieverbrauch führt. Das gesammelte Ablaufwasser muss eventuell behandelt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Um eine grobe Schätzung zu geben gilt, dass Beregnungsanlagen eine Investition von 10000 bis 15000 DM (Referenzjahr 2000, ca. 5000 bis 7500 €) –abhängig von der Anzahl der Übergabestellen, erfordern.

**Referenzanlagen:** Weser Engineering GmbH, Germany.

**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001] [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995] [133, OSPAR, 1998] [74, Corus, 2002]

#### 4.4.6.9. Bedüsung mit Wasser

**Beschreibung:** Luft mit einem konstanten Druck von 2 bar und Wasser mit einem variablen Druck von 0,5 bis 1,5 bar werden eingesetzt, um einen feinen Wassernebel zu erzeugen. Der Anwender kann zwischen kegel- und fächerförmiger Nebelkeule wählen. Die Größe der Wassertropfen liegt zwischen 1 und 50 µm (meist zwischen 1 und 10 µm), abhängig von der Düsengröße und sowie des Wasser- und Luftdruckes. Drei Typen mit unterschiedlichen Wasserverbräuchen von 10 l/h, 25 l/h und 55 l/h stehen zur Verfügung. In der Praxis wird ein Liter Wasser pro umgeschlagene Tonne Schüttgut benötigt.

Der Einsatz dieser Technik erfordert die vollständige Einkapselung der Emissionsquelle, um eine optimale Staubminderung zu gewährleisten. Sofern nur eine laterale Kapselung vorgenommen wird, reduziert sich die Wirkung um bis zu 50%. Im allgemeinen betragen die Abmessungen der Kapselung etwa 600 mm in der Höhe und 2500 mm bis 4000 mm in der Länge. Pro Düse können 0,5 bis 1 m<sup>3</sup> eingekapselter Raum zu Grunde gelegt werden.

Die Technik der Bedüsung mit feinem Wassernebel bewahrt das Schüttgut davor, zu nass zu werden. Additive und Frostschutzmittel werden nicht benötigt. Nachteilig ist, dass eine vollständige Kapselung und ein Kompressor benötigt werden.

**Anwendbarkeit:** Die Wasserbedüsung als Mittel zur Unterdrückung der Staubentstehung, kann im Bereich Lagerung und Umschlag beim Auffüllen von Lagerhalden und Kippbunkern, der Beladung von Schiffen mit Teleskopschurren und Lkws aus Silos eingesetzt werden.

**Medienübergreifende Effekte:** Wasser und Energie werden benötigt und der Kompressor verursacht Lärm.

**Wirtschaftlichkeit:** Im Vergleich zu konventionellen Staubminderungsmaßnahmen sind die Investitionskosten geringer, besonders wenn Wasser-, Luft- und Druckluftanschlüsse vorhanden sind. Die Kosten pro Düse liegen zwischen 1500 und 4000 DM (ca. 760 und 2000 €) einschließlich Steuerung und Leitungen, und 800 bis 900 DM (ca. 400 bis 460 €) ohne Steuerung und Leitungen. Die Investitionskosten für eine komplett ausgerüstete Anlage betragen 20000 DM (ca. 10000 €).

**Referenzanlagen:** Großkraftwerk Mannheim, Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG – Kraftwerk Offleben, VEAG Braunkohlenkraftwerk Jänschwalde, HKW Pforzheim, Energieversorgung Nordthüringen – HKW Erfurt, Energieversorgung Schwaben – Heilbronn.

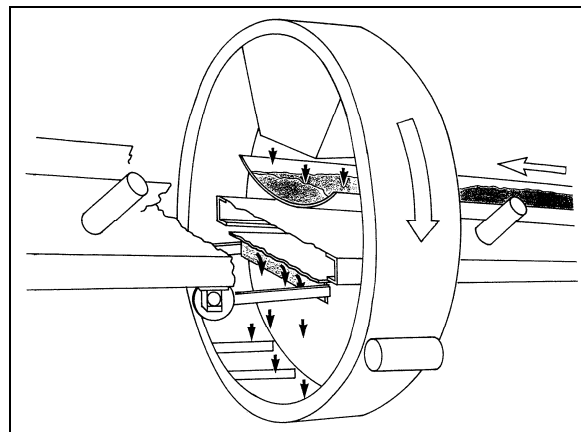
**Referenzliteratur:** [17, UBA, 2001]

#### 4.4.6.10. Reinigung von Förderbändern

**Beschreibung:** Um Staubemissionen durch Förderbänder zu verhindern, werden die folgenden Techniken zur Reinigung der Bänder angewendet:

- Abkratzen, ggf. in Verbindung mit einem rotierenden Aufzug zur Sammlung des abgekratzten Materials (siehe Abbildung 4.31)
- abwaschen mit Wasser
- wegblasen
- klopfen und abschütteln
- Absaugung unterhalb des Bandes
- drehen des Bandes beim Rücklauf
- eine selbstreinigende Auffangschale unterhalb des Bandes.

Der unten dargestellte rotierende Aufzug wird speziell an solchen Stellen des Bandes installiert, wo viel Material vom Band fällt. Der sich langsam drehende Aufzug sammelt das Material und befördert es zurück aufs Band. Diese Technik ist hauptsächlich für bestehende Bandförderer entwickelt worden, bei denen sehr viel Material vom Band fällt.



**Abbildung 4.31: Drehender Aufzug zur Sammlung von abgekratztem Material des Bandförderers**  
[78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995]

In der Martha Hill Mine auf der Nordinsel von Neuseeland werden Erze und Abfall mit konventionellen Bandförderern transportiert. Die Erze und der Abfall sind eine Mischung von feinem Ton mit vulkanischer Asche und hartem Gestein. Der Ton hat einen Feuchtegehalt von 41 % und ist extrem klebrig. Um das Band zu reinigen, wird ein sehr anspruchsvolles Bandreinigungssystem eingesetzt. Das Bandreinigungssystem umfasst einen primären und einen sekundären Bandkratzer an der Kopfstützrolle, einige Hochdruckgebläse, Wasserbedüisungen direkt hinter der Kopfstützrolle und eine ganze Reihe von Rollen um den Rest des Wasser-/Abfallschlammes vom Band zu pressen. Die Wassermenge ist ausreichend um jedes anhaftende Material einzuschlämmen; und das Abwasser aus diesem System wird in Dämmen gesammelt, wo sich die Feststoffe absetzen und das Wasser recycelt wird.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Der geschätzte Wirkungsgrad beträgt 20 – 40 %, hängt aber stark vom Material und der Anzahl der Aufzüge ab.

**Durchführbarkeit:** Die Erfahrungen bei Corus mit einigen dieser Techniken sind nicht sehr positiv, weil sie als nicht sehr effektiv eingeschätzt werden. Bandkratzer an der Kopfrolle unterliegen stetiger Abnutzung und erfordern ständige Wartung. Banddreh- und Bandwascheinrichtungen können nur eingeschränkt angewendet werden und Bandwascheinrichtungen erfordern regelmäßige Wartung.

Zur Sicherstellung des Bandbetriebs bei der Martha Hill Mine sind eine Anzahl umfangreicher Überholungen notwendig, meist als Folge des Umschlags klebriger Abfälle, die Probleme in Form von Blockierungen der Rutschen verursachen. Nach einer Anzahl von Änderungen am Betriebssystem wurde die angestrebte Leistungsfähigkeit erreicht. Jedoch wurden vom Betreiber keine Informationen verfügbar gemacht, um den Stand der Durchführbarkeit und die Leistungsfähigkeit des Verfahrens zu bestätigen.

**Anwendbarkeit:** Die Kombination aus Beregnen mit Wasser, Abkratzen und automatischer Banddrehung wird beim Erztransport angewendet.

Der sich drehende Aufzug ist für stark staubende Materialien nicht anwendbar.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzanlagen:** Corus und Ertsoverslagbedrijf Europoort c.v. (ein Erz-Umschlag Betrieb), in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [78, DCMR Milieudienst Rijnmond, 1995, 134, Corus, 1995, 141, Hersteller Information, 2001]

#### 4.4.6.11. Ausrüstung von Lkw mit mechanischen/hydraulischen Klappen

**Beschreibung:** Lkw zur Beförderung von pulverförmigen Produkten werden mit mechanischen/hydraulischen Klappen ausgerüstet, die die Fracht bedecken.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzanlagen:** Corus, in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

#### 4.4.6.12. Straßenreinigung

**Beschreibung:** Straßen mit befestigten Oberflächen wie z.B. Beton oder Asphalt können mit verschiedenen Kehrfahrzeugen gereinigt werden, um das Aufwirbeln von Staub durch Fahrzeuge zu verhindern, z.B. durch:

- Technik 1. Nasse Kehrfahrzeuge ausgerüstet mit Sprühsystemen, rotierenden Bürsten und Saugdüsen von 0,5 m.
- Technik 2. Trockene Kehrfahrzeuge ausgerüstet mit rotierenden Bürsten, geschlossener Saugvorrichtung mit einer Saugdüse von 0,5 m
- Technik 3. Trockene Kehrfahrzeuge ausgerüstet mit rotierender Bürste, geschlossener Absaugung, hoher Saugleistung und einer Düse von 2,4 m und einer Trocknungsmaschine
- Technik 4. Nasse Kehrfahrzeuge ohne rotierende Bürsten, einem Wasserdruck von 120 bar, hoher Saugleistung und einer Düse von 2,4 m.

**Erreichbarer Umweltnutzen:** Alle Techniken wurden bei Corus in den Niederlanden (einem Stahlproduzenten) getestet; Technik 1 zeigte eine schlechte Leistung, da die Staubmenge nur um 12 % gemindert wurde. Technik 2 zeigte eine bessere Leistung und reduzierte den Staub um 38 %. Technik 3 zeigte mit 93 % Staubreduzierung sehr gute Ergebnisse und Technik 4 schnitt noch besser ab und reduzierte den Staub um 98 %.

Nummer der Technik	1	2	3	4
Gesamtstaubminderung (%)	12	38	93	98

**Tabelle 4.19: Effizienz einiger Kehrfahrzeugsysteme**  
[134, Corus, 1995]

Die Häufigkeit des Straßenreinigens hängt von vielen Faktoren ab und kann nur im Einzelfall entschieden werden.

**Durchführbarkeit:** Technik Nummer 4 zeigt den Nachteil, dass verschmutztes Wasser einer Wasserreinigungseinrichtung zugeführt werden muss (Absetzbecken). Dies erfordert eine zusätzliche Investition, falls keine geeignete Wasserreinigungseinrichtung verfügbar ist.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzanlagen:** Corus, in den Niederlanden.

**Referenzliteratur:** [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000, 134, Corus, 1995]

#### 4.4.6.13. Reinigung von Fahrzeugreifen

**Beschreibung:** Um motorisierte Fahrzeuge davor zu bewahren, Staub an ihren Reifen anzusammeln, sind verschiedene Techniken zur Reinigung der Reifen verfügbar. Dies kann ein einfaches Wasserbad sein, durch das ein Fahrzeug gezwungenermaßen fahren muss.

Eine anspruchsvollere Technik stellt ein Bad in Verbindung mit einer Reinigung der Reifenlaufflächen mit sauberem Wasser dar, aus dem der Staub aus dem verschmutzten Wasser in einem Absetztank entfernt und das Wasser als Waschwasser wieder verwendet werden kann (siehe Abbildung 4.32). Wenn ein Fahrzeug die Einrichtung befährt, sprüht das Wasser automatisch mit höherer Geschwindigkeit, um so die Wassermenge und den Energieverbrauch zu minimieren.

Falls das Waschwasser abgegeben werden muss, ist es übliche Praxis, das Wasser vor dem Einleiten zu behandeln und die anfallenden Materialien zu recyceln, besonders in der Nichteisenmetallindustrie, um die Freisetzung von Metallen zu verhindern.



**Abbildung 4.32: Ein Wasserbad in Verbindung mit fließendem Wasser für die Reifenlaufflächen**  
[134, Corus, 1995]

Außer der Reinigung mit Wasser sind auch trockene Reinigungstechniken verfügbar, es wurden jedoch keine weiteren Informationen über diese Techniken übermittelt.

**Durchführbarkeit:** Um zu gewährleisten, dass die Fahrzeuge durch die Wascheinrichtung vor dem Verlassen der Anlage gereinigt wurden, sind Zäune aufgestellt, die die Fahrer zwingen, die Strecke durch die Reinigungseinrichtung zu nehmen.

**Anwendbarkeit:** Das Reinigen von Fahrzeugreifen wird häufig praktiziert. Die Auswahl der Technik – ein einfaches Bad oder eine ‚high-tech‘-Ausrüstung – hängt von zahlreichen Umständen ab, wie z.B.:

- dem Auftreten feinen Staubes in der Anlage (wenn der feine Staub auf den Straßen versprüht wird, entsteht ein feiner Schlamm, aber Reinigung durch einfaches Durchfahren eines Bades ist ausreichend)
- das Entfernen klebriger Erde (die Wascheinrichtung muss mit schwierigeren Bedingungen klarkommen, da klebrige Erde schlechter von den Reifen zu entfernen ist)
- dem Gehalt des Staubes an gefährlichen Stoffen
- der Distanz zu angrenzenden Gebäuden und anderen sensiblen Objekten
- der Anzahl an Fahrzeugen ist von untergeordneter Relevanz bei der Entscheidung, ob eine Reinigungseinrichtung notwendig ist.

**Sicherheitsaspekte:** Keine.

**Referenzanlagen:** Corus in den Niederlanden und einige andere Anlagen in Duisburg, Deutschland.

**Referenzliteratur:** [52, Staatliches Umweltamt Duisburg, 2000] [134, Corus, 1995] [133, OSPAR, 1998]

#### **4.4.7. Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen aus dem Umschlag verpackter Güter**

Siehe Abschnitt 4.1.7.

#### **4.4.8. Sicherheits- und Risikomanagement beim Umschlag von Feststoffen**

Siehe Abschnitt 4.1.6.1, in dem die Seveso Richtlinie in Bezug auf das Lagern gefährlicher Flüssigkeiten oder Flüssiggas in Tanks behandelt wird. Die gilt auch für die Lagerung und den Umschlag gefährlicher fester Stoffe.





## 5. BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN

Für das Verständnis dieses Kapitels wird der Leser auf das Vorwort – insbesondere auf dessen fünften Abschnitt – zu diesem Dokument verwiesen: „Anleitung zum Verständnis und zur Benutzung des Dokuments“. Die in diesem Kapitel angegebenen Techniken und zugehörigen Emissions- und/oder Verbrauchswerte oder -wertebereiche sind in einem iterativen, aus folgenden Schritten bestehenden Verfahren bewertet worden:

- Identifizieren der hauptsächlichen Umweltschutzprobleme für den Sektor; Luft- und Bodenemissionen durch Lagerung und Transport von und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen sowie durch bei Lagerung von und Umgang mit festen Stoffen entstehende Stäube. Es werden auch Sicherheitsprobleme behandelt.
- Prüfen der zum Umgang mit diesen Hauptproblemen wichtigsten Techniken
- Identifizieren der hinsichtlich des Umweltschutzes besten Werte / Praktiken, basierend auf in der EU und weltweit verfügbaren Daten
- Untersuchen der Bedingungen, unter denen diese Umweltschutzleistungen erreicht worden sind; darunter Kosten, medienübergreifende Wirkungen und Hauptbeweggründe bei der Implementierung der Techniken
- Auswählen der besten verfügbaren Techniken (BVT) und der zugehörigen Emissions- und/oder Verbrauchswerte in einem allgemeinen Sinne, alles gemäß Artikel 2(11) und Anhang IV der Richtlinie.

Bei jedem dieser Schritte – und auch hinsichtlich der Art, wie die Informationen hier präsentiert werden – haben Expertengutachten vom Europäischen IPPC-Büro und von der Technischen Arbeitsgruppe (TWG) eine Schlüsselrolle gespielt.

Auf der Basis dieser Bewertung werden in diesem Kapitel solche Techniken – und soweit möglich auch mit der Anwendung der BVT verbundenen Emissions- und Verbrauchswerte – vorgestellt, die für die betreffenden Lagerungs-, Transport- und Handhabungssysteme als geeignet angesehen werden und die in vielen Fällen die Werte mancher existierender Installationen widerspiegeln. Wo Emissions- oder Verbrauchswerte als „zu den BVT gehörend“ angegeben werden, sind diese als Werte zu verstehen, die ein solches Maß an Umweltschutz repräsentieren, wie es als Ergebnis des Anwendens der beschriebenen Techniken zu erwarten ist; nicht zu vergessen ist dabei der Ausgleich zwischen Kosten und Vorteilen, wie er schon in der Definition von BVT steckt. Allerdings sind die Emissions- und auch die Verbrauchswerte keine Grenzwerte und sollten nicht als solche verstanden werden. In manchen Fällen kann es technisch möglich sein, bessere Emissions- oder Verbrauchswerte zu erreichen, doch werden die betreffenden Techniken wegen der damit verbundenen Kosten oder medienübergreifenden Wirkungen nicht als BVT für das betreffende Lagerungs- oder Transport- und Handhabungssystem angesehen. Solche Werte können jedoch in speziellen Fällen, in denen es besondere Beweggründe gibt, als gerechtfertigt angesehen werden.

Die mit der Anwendung von BVT verbundenen Emissions- und Verbrauchswerte müssen in Zusammenhang mit etwaigen Bezugsbedingungen (z. B. Mittelungszeiten) gesehen werden.

Das oben beschriebene Konzept der „zu den BVT gehörende Werte“ darf nicht mit dem an anderer Stelle in diesem Dokument verwendete Begriff „erreichbare Werte“ verwechselt werden. Wo ein Wert als bei Anwendung einer bestimmten Technik oder Kombination von Techniken „erreichbar“ bezeichnet wird, so ist das als die Erwartung zu verstehen, dass dieser Wert in einer ordentlich gewarteten und betriebenen Installation bei Anwendung der erwähnten Technik(en) über einen längeren Zeitraum erreicht wird.

Soweit verfügbar, sind Kostendaten zusammen mit der Beschreibung der im vorigen Kapitel vorgestellten Techniken angegeben. Diese Daten geben einen groben Anhaltspunkt für die Größe der entstehenden Kosten. Die mit der Anwendung einer Technik tatsächlich verbundenen Kosten hängen jedoch sehr stark von der konkreten Situation ab, beispielsweise von Steuern und Gebühren sowie von den technischen Eigenschaften der konkreten Installation. Es ist nicht möglich, in diesem Dokument solche ortsspezifischen Faktoren zu bewerten. Wo Kostendaten fehlen, basieren die angegebenen Schlussfolgerungen hinsichtlich wirtschaftlicher Anwendbarkeit der Techniken auf Erkenntnissen über existierende Installationen.

Die in diesem Kapitel angegebenen allgemeinen BVT sind als Bezugspunkt gedacht, anhand dessen der derzeitige Maß an Umweltschutz einer existierenden Installation zu beurteilen ist oder anhand dessen der Vorschlag einer neuen Installation zu prüfen ist. Auf diese Weise helfen die Angaben beim Ermitteln geeigneter „BVT-basierter“ Bedingungen für die Installation oder beim Aufstellen allgemeiner bindender Regeln gemäß Artikel 9(8). Es ist vorzusehen, dass neue Installationen konzipiert werden können, die gleiche oder sogar bessere Werte aufweisen als die hier angegebenen allgemeinen BVT-Werte. Es wird auch in Betracht gezogen, dass existierende Installationen so modifiziert werden könnten, dass sich ihre Werte den allgemeinen BVT-Werten nähern oder diese übertreffen, je nach technischer oder wirtschaftlicher Anwendbarkeit der Techniken im konkreten Fall.

Die BVT-Merkblätter legen keine rechtlich bindenden Standards fest, sie sind dafür bestimmt, der Industrie, den Mitgliedstaaten und der Öffentlichkeit für den Einsatz bestimmter Techniken Leitlinien hinsichtlich erreichbarer Emissions- und Verbrauchswerte zu geben. Die richtigen Grenzwerte müssen für den jeweiligen Einzelfall unter Berücksichtigung der Ziele der IPPC-Richtlinie und der örtlichen Bedingungen festgelegt werden.

Bei einem horizontalen Ansatz wird angenommen, dass die Umweltaspekte der angewandten Techniken und die damit verbundenen Verminderungsmaßnahmen beurteilt werden können und dass allgemeine BVT ermittelt werden können, die unabhängig von der Branche sind, in der diese Techniken angewandt werden.

Allerdings ist klar, dass Tanks sich in Konstruktion, gelagertem Gut, Standort etc. unterscheiden; deshalb ist eine Methodik zum Beurteilen der in Kapitel 4 beschriebenen Emissionskontrollmaßnahmen (ECM, emission control measures) entwickelt worden. Diese Methodik ist ein Hilfsmittel, das vom Zulassungserteiler (von der Genehmigungsbehörde) und vom Betreiber benutzt werden kann, um festzulegen, welche ECM oder welche Kombination von ECM, die die allgemeinen BVT-Werte erreicht oder übertrifft, für die Lagerung von Flüssigkeiten oder verflüssigten Gasen in einer bestimmten Situation am besten geeignet ist. Diese Methodik ist in Abschnitt 4.1.1 beschrieben.

Unter den Mitgliedstaaten vertreten einige die abweichende Meinung, dass die ECM-Methodik aus ihrer Sicht weder praktisch noch geeignet ist, um BVT zu bestimmen (siehe Abschnitt 4.1.1). Insbesondere ist es so, dass die Methodik

- keine BVT ist (und darüber bestand Einigkeit in der TWG); Außerdem entspricht die Methodik nicht den Anforderungen an BVT gemäß dem Dokument „BREF-Outline and Guide“.
- bisher von den Genehmigungsbehörden noch nicht in der Praxis getestet worden ist;
- keine europäischen oder sektoralen Schlussfolgerungen über BVT für Stoffe mit bestimmten Eigenschaften ermöglicht; und
- keine Möglichkeit zum Harmonisieren von BVT in Europa bietet.

Einige Mitgliedstaaten sind mit den BVT-Schlussfolgerungen in Kapitel 5 nicht einverstanden, weil aus ihrer Sicht zu viel Gewicht auf das Festlegen von BVT im jeweiligen Einzelfall auf lokaler Ebene gelegt wird. Aus ihrer Sicht enthält das BREF-Dokument keine klaren europäischen BVT-Schlussfolgerungen, die stärker zur Harmonisierung von Normen auf europäischer Ebene beitragen würden. Sie würden es insbesondere bevorzugen, wenn solche Normen auf dem Gefährdungspotenzial und der verwendeten Materialmenge basierten.

## 5.1. Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen

### 5.1.1. Tanks

#### 5.1.1.1. Allgemeine Prinzipien zur Emissionsvermeidung und -verminderung

##### Auslegung der Tanks

BVT für eine angemessene Auslegung muss mindestens Folgendes berücksichtigen:

- Physikochemische Eigenschaften des gelagerten Stoffes;
- wie das Lager betrieben wird, welche Messgeräte erforderlich sind, wieviel Bedienpersonal benötigt wird und wie hoch dessen Arbeitsbelastung ist;
- wie Bedienpersonal über Abweichungen von normalen Prozessbedingungen informiert werden (Alarmer);
- wie die Lagerung gegen Abweichungen von normalen Prozessbedingungen geschützt ist (Sicherheitsanweisungen, Absperrsysteme, Druckentlastungseinrichtungen, Leckerkennung und -rückhaltung, usw.);
- welche Ausrüstung installiert werden muss, unter weitgehender Berücksichtigung der Erfahrungen mit dem Stoff (Werkstoffe, Ventilqualität etc.);
- welche Wartungs- und Inspektionspläne aufgestellt werden müssen und wie die Wartungs- und Inspektionsarbeiten erleichtert werden müssen (Zugang, räumliche Anordnung etc.);
- wie mit Notsituationen umzugehen ist (Abstände zu anderen Tanks und Anlagen und zur Werksbegrenzung; Brandschutz; Zugang für Rettungsdienste wie Feuerwehr etc.).

Für eine typische Checkliste siehe Anhang 8.19.

##### Inspektion und Wartung

BVT bedeutet, ein Hilfsmittel zum Aufstellen von Plänen für proaktive Wartung und von risikobasierten Inspektionsplänen anzuwenden, wie etwa den risiko- und zuverlässigkeitsbasierten Wartungsansatz; siehe Abschnitt 4.1.2.2.1.

Inspektionsarbeiten können in Routine-Inspektionen, externe Inspektionen während des Betriebs und interne Inspektionen während einer Stilllegung unterteilt werden; siehe detaillierte Beschreibung in Abschnitt 4.1.2.2.2.

##### Ort und räumliche Anordnung

Es ist wichtig, vor dem Bau neuer Tanks, den Ort und die räumliche Anordnung sorgfältig zu wählen; z.B. sollten Wasserschutzgebiete und Gewässereinzugsgebiete möglichst vermieden werden. Siehe Abschnitt 4.1.2.3.

BVT bedeutet, einen bei Atmosphärendruck oder bei nur wenig davon abweichendem Druck arbeitenden Tank oberirdisch zu platzieren. Zur Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten an einem Standort mit Platzmangel können jedoch auch unterirdische Tanks in Betracht gezogen werden. Für verflüssigte Gase können je nach Tankgröße unterirdische Tanks, in Erdwällen sitzende Tanks oder Kugeltanks in Betracht gezogen werden.

##### Tankfarbe

BVT bedeutet, oberirdische Tanks für flüchtige Stoffe mit einer Tankfarbe mit einem Reflexionsvermögen von mindestens 70 % (bei Wärme- und Lichtstrahlen) oder mit einem Sonnenschutz zu versehen; siehe Abschnitt 4.1.3.6 bzw. 4.1.3.7.

##### Prinzipien zum Minimieren von Emissionen bei Tanklagerung

BVT bedeutet, Emissionen mit signifikant umweltschädlicher Wirkung bei der Tanklagerung, beim Transport und beim Umgang mit Stoffen zu vermindern, wie in Abschnitt 4.1.3.1 beschrieben.

Dies ist für große Lagerungsanlagen anwendbar, bei denen für die Implementierung ein gewisser Zeitraum zur Verfügung steht.

## Überwachen von VOC-Emissionen

An Standorten, wo signifikante VOC-Emissionen zu erwarten sind, umfasst BVT das regelmäßige Berechnen der VOC-Emissionen. Die Gültigkeit des Berechnungsmodells muss möglicherweise gelegentlich durch Messung überprüft werden. Siehe Abschnitt 4.1.2.2.3.

Drei Mitgliedstaaten vertreten eine abweichende Meinung, weil aus ihrer Sicht BVT an Standorten, wo signifikante VOC-Emissionen zu erwarten sind (z. B. Raffinerien, petrochemische Anlagen und Ölumschlagterminals), diese regelmäßig mit bestätigten Berechnungsverfahren berechnet werden müssen, und - weil Unsicherheiten in diesen Berechnungsverfahren bestehen - dass die Emissionen gelegentlich auch überwacht werden sollten, damit die Emissionen quantitativ erfasst werden können, um eine Basis zum Verfeinern der Berechnungsverfahren zu haben. Dies kann unter Benutzung von DIAL-Techniken durchgeführt werden. Über Notwendigkeit und Häufigkeit des Überwachens von Emissionen muss von Fall zu Fall entschieden werden.

## Dedizierte Systeme

BVT bedeutet, dedizierte Systeme einzusetzen; siehe Abschnitt 4.1.4.4.

Dedizierte Systeme lassen sich grundsätzlich nicht an Standorten anwenden, an denen Tanks für kurz- bis mittelfristige Lagerung unterschiedlicher Stoffe verwendet werden.

### **5.1.1.2. Tankspezifische Gesichtspunkte**

#### *Oben offene Tanks*

Oben offene Tanks werden zum Lagern von beispielsweise Jauche auf landwirtschaftlichen Betrieben oder von Wasser und anderen nichtbrennbaren Flüssigkeiten in Industrieanlagen verwendet; siehe Abschnitt 3.1.1.

Falls Luftemissionen stattfinden, bedeutet die Anwendung von BVT, den Tank abzudecken, und zwar:

- mit einer schwimmenden Abdeckung, siehe Abschnitt 4.1.3.2;
- mit einer flexiblen oder Zeltabdeckung, siehe Abschnitt 4.1.3.3; oder
- mit einer starren Abdeckung, siehe Abschnitt 4.1.3.4

Außerdem kann bei einem oben offenen Tank mit flexibler oder Zelt- oder starrer Abdeckung eine Abgasreinigungseinrichtung zur weiteren Emissionsverminderung installiert werden, siehe Abschnitt 4.1.3.15. Die Art der Abdeckung und die Notwendigkeit eines Abgasreinigungssystems hängen von der Art der gelagerten Stoffe ab, darüber muss von Fall zu Fall entschieden werden.

BVT bedeutet, zum Verhindern von Ablagerungen, die einen zusätzlichen Reinigungsschritt erforderlich machen würden, die gelagerten Stoffe (z. B. Schlamm) durchzumischen, siehe Abschnitt 4.1.5.1.

#### *Schwimmdachtank*

Schwimmdachtanks werden zum Lagern von z. B. Rohöl benutzt, siehe Abschnitt 3.1.2.

Die mit einer BVT verbundene Emissionsverminderung für große Tanks liegt bei mindestens 97 % (verglichen mit einem Festdachtank ohne zusätzliche Maßnahmen); dies kann erreicht werden, wenn die Lücke zwischen Dach und Wandung über mindestens 95 % des Umfangs schmaler als 3,2 mm ist und die Dichtungen mechanische Schuhdichtungen mit Flüssigkeitskontakt sind. Durch Installieren von Primärdichtungen mit Flüssigkeitskontakt und von am Dachrand sitzenden Sekundärdichtungen kann eine Verminderung der Luftemissionen von bis zu 99,5 % (verglichen mit einem Festdachtank ohne zusätzliche Maßnahmen) erreicht werden. Allerdings hängt die Zuverlässigkeit von der Wahl der Dichtung ab, z.B. sind für lange Lebensdauer und somit für hohe Umschlagraten Schuhdichtungen zu bevorzugen. Siehe Abschnitt 4.1.3.9.

BVT bedeutet, Schwimmdächer mit Direktkontakt (Doppeldach) zu verwenden; das Verwenden bestehender Schwimmdächer (Ponton) ohne Direktkontakt ist jedoch ebenfalls BVT. Siehe Abschnitt 3.1.2.

Zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsverminderung sind folgende (siehe Abschnitt 4.1.3.9.2):

- Einsetzen eines Schwimmers in den geschlitzten Führungsträger;
- Aufsetzen einer Manschette auf den geschlitzten Führungsträger; und/oder
- Aufstecken von „Socken“ auf die Dachstützen.

BVT für Schlechtwetterbedingungen wie etwa starker Wind, Regen oder Schneefall kann das Installieren einer Kuppel sein. Siehe Abschnitt 4.1.3.5.

Bei Flüssigkeiten mit einem hohen Anteil an Partikeln (z. B. Rohöl) bedeutet BVT zur Vermeidung von Ablagerungen, die einen zusätzlichen Reinigungsschritt erforderlich machen würden, die gelagerten Stoffe durchzumischen, siehe Abschnitt 4.1.5.1.

### ***Festdachtanks***

Festdachtanks werden zum Lagern von brennbaren und anderen Flüssigkeiten, wie etwa Ölprodukte und Chemikalien aller Toxizitätsstufen, verwendet, siehe Abschnitt 3.1.3.

Beim Lagern flüchtiger Stoffe, die toxisch (T), sehr toxisch (T+) oder aber karzinogen, mutagen oder fortpflanzungsstörend (CMR) gemäß Kategorien 1 und 2 sind, bedeutet die Anwendung von BVT bei einem Festdachtank die Installation einer Abgasreinigungseinrichtung.

Es gibt seitens der Industrie eine abweichende Meinung, nach der diese Technik aus ihrer Sicht keine BVT ist,

- a) weil es in diesem BVT-Merkblatt keine Definition für „flüchtig“ gibt;
- b) weil es keinen Test für umweltrelevante Signifikanz gibt;
- c) weil Stoffe, die umweltgefährdend sein könnten, aber nicht als toxisch klassifiziert sind, nicht erfasst werden;
- d) weil sich zeigen lässt, dass andere Emissionskontrollmaßnahmen einen höheren Grad an Umweltschutz bieten können, wenn man die Kosten und Vorteile der verschiedenen Techniken berücksichtigt;
- e) weil es keine allgemein anerkannten Leistungskriterien für eine Abgasreinigungseinrichtung gibt;
- f) weil diese Lösung nicht die Kosten oder Vorteile anderer Techniken berücksichtigt;
- g) weil diese Lösung nicht flexibel genug ist, um die technischen Eigenschaften und die geografische Lage der jeweiligen Installation sowie die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen; und
- h) weil in dieser Schlussfolgerung die Verhältnismäßigkeit nicht berücksichtigt ist.

Bei anderen Stoffen bedeutet die Anwendung von BVT, eine Abgasreinigungseinrichtung zu verwenden oder eine innere Schwimmdache zu installieren (siehe Abschnitte 4.1.3.15 bzw. 4.1.3.10). Der Einsatz von Schwimmdächern mit und ohne Direktkontakt gilt als BVT. In den Niederlanden gilt, dass diese BVT anzuwenden sind, wenn der Stoff einen Dampfdruck von 1 kPa (bei 20 °C) hat und das Tankvolumen  $\geq 50 \text{ m}^3$  beträgt. In Deutschland gilt, dass diese BVT anzuwenden sind, wenn der Stoff einen Dampfdruck von 1,3 kPa (bei 20 °C) hat und das Tankvolumen mindestens  $300 \text{ m}^3$  beträgt.

Bei Tanks mit weniger als  $50 \text{ m}^3$  bedeutet die Anwendung von BVT die Installation eines Überdruckventils, das auf den höchst möglichen Druck eingestellt ist und der den Auslegungskriterien des Tanks entspricht.

Die Auswahl der Abgasreinigungstechnologie basiert auf Kriterien wie Kosten, Toxizität des Stoffes, Emissionsverminderungs-Effizienz, Menge von Restemissionen und Möglichkeiten zur Rückgewinnung von Stoff oder Energie; dies muss von Fall zu Fall entschieden werden. Die mit einer BVT verbundene Emissionsverminderung liegt bei mindestens 98 % (verglichen mit einem Festdachtank ohne weitere Maßnahmen). Siehe Abschnitt 4.1.3.15.



Die erreichbare Emissionsverminderung bei einem großen Tank mit innerer Schwimmdecke liegt bei mindestens 97 % (verglichen mit einem Festdachtank ohne zusätzliche Maßnahmen); dies kann erreicht werden, wenn die Lücke zwischen Dach und Wandung über mindestens 95 % ihres Umfangs schmaler als 3,2 mm ist und die Dichtungen mechanische Schuhdichtungen mit Flüssigkeitskontakt sind. Bei Verwendung von Primärdichtungen mit Flüssigkeitskontakt und von am Dachrand sitzenden Sekundärdichtungen können sogar noch höhere Emissionsverminderungen erreicht werden. Allerdings ist ein Schwimmdach umso weniger wirksam, je kleiner der Tank ist und je niedriger die Umschlagraten, siehe Anhang 8.22 bzw. Anhang 8.23.

Die Fallstudien von Anhang 8.13 zeigen auch, dass die erreichbare Emissionsverminderung von mehreren Faktoren abhängt, wie vom tatsächlich gelagerten Stoff, von meteorologischen Bedingungen, von der Anzahl der Umschlagvorgänge und vom Durchmesser des Tanks. Die Berechnungen zeigen, dass bei einer inneren Schwimmdecke eine Emissionsverminderung im Bereich von 62,9 – 97,6 % (verglichen mit einem Festdachtank ohne weitere Maßnahmen) erreicht werden kann; dabei gilt der Wert von 62,9 % für einen Tank von 100 m<sup>3</sup> (ausgerüstet lediglich mit Primärdichtungen) und der Wert von 97,6 % für einen Tank von 10.263 m<sup>3</sup> (ausgerüstet mit Primär- und Sekundärdichtungen).

Bei Flüssigkeiten mit einem hohen Anteil an Partikeln (z. B. Rohöl) bedeutet BVT zur Vermeidung von Ablagerungen, die einen zusätzlichen Reinigungsschritt erforderlich machen würden, die gelagerten Stoffe durchzumischen, siehe Abschnitt 4.1.5.1.

### ***Mit der Außenluft verbundene / drucklose horizontale Tanks***

Drucklose horizontale Tanks werden zum Lagern von brennbaren und anderen Flüssigkeiten, wie etwa Ölprodukte und Chemikalien aller Toxizitäts- und Entzündlichkeitsstufen, verwendet, siehe Abschnitt 3.1.4. Horizontale Tanks unterscheiden sich von vertikalen Tanks, da sie beispielsweise von Natur aus unter höheren Drücken arbeiten können.

Beim Lagern flüchtiger Stoffe, die toxisch (T), sehr toxisch (T+) oder CMR-toxisch gemäß Kategorien 1 und 2 sind, bedeutet BVT bei einem drucklosen horizontalen Tank die Installation einer Abgasreinigungseinrichtung.

Es gibt seitens der Industrie eine abweichende Meinung, nach der diese Technik aus ihrer Sicht keine BVT ist,

- a) weil es in diesem BVT-Merkblatt keine Definition für „flüchtig“ gibt;
- b) weil es keinen Test für umweltrelevante Signifikanz gibt;
- c) weil Stoffe, die umweltgefährdend sein könnten, aber nicht als toxisch klassifiziert sind, nicht erfasst werden;
- d) weil sich zeigen lässt, dass andere Emissionskontrollmaßnahmen einen höheren Grad an Umweltschutz bieten können, wenn man die Kosten und Vorteile der verschiedenen Techniken berücksichtigt;
- e) weil es keine allgemein anerkannten Leistungskriterien für eine Abgasreinigungseinrichtung gibt;
- f) weil diese Lösung nicht die Kosten oder Vorteile anderer Techniken berücksichtigt;
- g) weil diese Lösung nicht flexibel genug ist, um die technischen Eigenschaften und die geografische Lage der jeweiligen Installation sowie die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen; und
- h) weil in dieser Schlussfolgerung die Verhältnismäßigkeit nicht berücksichtigt ist.

Bei anderen Stoffen bedeutet BVT, je nach Art der gelagerten Stoffe alle folgenden Techniken – oder eine Kombination von diesen – anzuwenden:

- Installation von Über- und Unterdruckventilen; siehe Abschnitt 4.1.3.11
- bis zu 56 mbar; siehe Abschnitt 4.1.3.11
- Installieren einer Gaspendeleinrichtung; siehe Abschnitt 4.1.3.13
- Installation eines Gas-Ausgleichstanks; siehe Abschnitt 4.1.3.14
- Installation einer Abgasreinigungseinrichtung; siehe Abschnitt 4.1.3.15

Über die Auswahl der Abgasreinigungstechnologie muss von Fall zu Fall entschieden werden.

### ***Lagerung unter Druck***

Drucklagerung wird für alle Arten von verflüssigten Gasen, von nichtbrennbaren bis hin zu brennbaren und für hochtoxischen Gasen, verwendet. Im Normalbetrieb erfolgen die einzigen signifikanten Luftemissionen durch Entleerungsvorgänge.

BVT zum Entleeren hängt vom Tanktyp ab. Sie kann die Installation eines mit einer Abgasreinigungseinrichtung verbundenen geschlossenen Entleerungssystems sein, siehe Abschnitt 4.1.4.

Über die Auswahl der Abgasreinigungstechnologie muss von Fall zu Fall entschieden werden.

### **Hebedachtanks**

Hinsichtlich Luftemissionen ist BVT (siehe Abschnitte 3.1.9 und 4.1.3.14):

- Die Anwendung eines Tanks mit flexibler Membran, ausgerüstet mit Überdruck-/Unterdruckventilen, oder
- die Anwendung eines Hebedachtanks, ausgerüstet mit Überdruck-/Unterdruckventilen und verbunden mit einer Abgasreinigungseinrichtung.

Über die Auswahl der Abgasreinigungstechnologie muss von Fall zu Fall entschieden werden.

### **Gekühlte Tanks**

Im Normalbetrieb entstehen keine signifikanten Emissionen, siehe Abschnitt 3.1.10.

### **Unterirdische Tanks und von Erdwällen umgebende Tanks**

Unterirdische Tanks und von Erdwällen umgebende Tanks werden insbesondere für brennbare Stoffe verwendet, siehe Abschnitt 3.1.11 bzw. 3.1.8.

Beim Lagern flüchtiger Stoffe, die toxisch (T), sehr toxisch (T+) oder CMR gemäß Kategorien 1 und 2 sind, bedeutet BVT bei einem unterirdischen oder einem von einem Erdwall umgebenden Tank, dass eine Abgasreinigungseinrichtung installiert wird.

Es gibt seitens der Industrie eine abweichende Meinung, nach der diese Technik aus ihrer Sicht keine BVT ist,

- a) weil es in diesem BVT-Merkblatt keine Definition für „flüchtig“ gibt;
- b) weil es keinen Test für umweltrelevante Signifikanz gibt;
- c) weil Stoffe, die umweltgefährdend sein könnten, aber nicht als toxisch klassifiziert sind, nicht erfasst werden;
- d) weil sich zeigen lässt, dass andere Emissionskontrollmaßnahmen einen höheren Grad an Umweltschutz bieten können, wenn man die Kosten und Vorteile der verschiedenen Techniken berücksichtigt;
- e) weil es keine allgemein anerkannten Leistungskriterien für eine Abgasreinigungseinrichtung gibt;
- f) weil diese Lösung nicht die Kosten oder Vorteile anderer Techniken berücksichtigt;
- g) weil diese Lösung nicht flexibel genug ist, um die technischen Eigenschaften und die geografische Lage der jeweiligen Installation sowie die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen; und
- h) weil in dieser Schlussfolgerung die Verhältnismäßigkeit nicht berücksichtigt ist.

Bei anderen Stoffen bedeutet BVT, je nach Art der gelagerten Stoffe alle folgenden Techniken – oder eine Kombination von diesen – anzuwenden:

- Installation von Über- und Unterdruckventilen; siehe Abschnitt 4.1.3.11
- Installation einer Gaspendeleinrichtung; siehe Abschnitt 4.1.3.13
- Installation eines Gas-Ausgleichstanks; siehe Abschnitt 4.1.3.14
- Installation einer Abgasreinigungseinrichtung; siehe Abschnitt 4.1.3.15

Über die Auswahl der Abgasreinigungstechnologie muss von Fall zu Fall entschieden werden.



### 5.1.1.3. Vermeiden von Ereignissen und (größeren) Unfällen

#### **Sicherheits- und Risikomanagement**

Die SEVESO II Richtlinie (Richtlinie 96/82/EG des Rates zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen vom 9. Dezember 1996) verpflichtet den Betreiber alle Maßnahmen zur Verhinderung von schweren Unfällen sowie zu deren Begrenzung zu treffen. Sie müssen in jedem Fall über ein Konzept zur Verhütung von schweren Unfällen und ein Sicherheitsmanagementsystem, welches die Umsetzung dieses Konzepts sicherstellt, verfügen. Betriebe, in denen große Mengen an Gefahrstoffen vorhanden sind, so genannte Betriebe mit erweiterten Pflichten, haben darüber hinaus einen Sicherheitsbericht anzufertigen, betriebsbezogene Gefahrenabwehrpläne zu erstellen und eine stets aktuelle Liste der vorhandenen Gefahrstoffe vorzuhalten. Auch Betriebe, die nicht unter den Geltungsbereich der SEVESO II Richtlinie fallen, können Emissionen durch Unfälle und Betriebsstörungen verursachen. Zu deren Verhinderung und Begrenzung könnten, in einem ersten Schritt vielleicht weniger detaillierte, Anforderungen an ein vergleichbares Sicherheitsmanagementsystem gestellt werden.

BVT zur Vermeidung von Ereignissen und Unfällen besteht in der Anwendung eines Sicherheitsmanagementsystems, wie es in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben wird.

#### **Betriebsverfahren und Schulung**

BVT bedeutet, für die sichere und verantwortungsbewusste Bedienung der Anlage angemessene organisatorische Maßnahmen einzuführen und zu befolgen und für entsprechende Schulung und Unterweisung von Arbeitnehmern zu sorgen, wie in Abschnitt 0 beschrieben.

#### **Leckage durch Korrosion und /oder Erosion**

Korrosion ist eine der Hauptursachen für den Ausfall von technischen Anlagen, sie kann innen und außen auf jeder Metalloberfläche entstehen, siehe Anlage 4.1.6.1.1. BVT ist die Vermeidung von Korrosion durch:

- Verwenden von Konstruktionsmaterialien, die gegenüber dem gelagerten Stoff widerstandsfähig sind;
- Anwenden geeigneter Konstruktionsverfahren;
- Verhindern des Eindringens von Regenwasser oder Grundwasser in den Tank, nötigenfalls Entfernen von im Tank angesammeltem Wasser;
- Durchführen eines Regenwassermanagements zum Entwässern des Tankwalls;
- Durchführen vorbeugender Wartung; und
- wo anwendbar, hinzugeben von Korrosionsschutzmitteln oder Aufbringen einer kathodischen Schutzschicht im Innern des Tanks.

Zusätzlich bedeutet BVT bei unterirdischen Tanks, die Außenfläche mit Folgendem zu versehen mit:

- korrosionsfester Beschichtung;
- galvanisierung und/oder
- kathodischem Schutz.

Spannungskorrosion (SCC) ist ein spezielles Problem bei Kugeltanks, teilgekühlten Tanks und einigen voll gekühlten Tanks, die Ammoniak enthalten. BVT zur Vermeidung von SCC ist:

- Entspannen durch Wärmebehandlung nach dem Schweißen, siehe Abschnitt 4.1.6.1.1; und
- Durchführen von risikobasierten Inspektionen, wie in Abschnitt 4.1.2.2.1.

### **Betriebsverfahren und Messeinrichtungen zum Verhindern von Überfüllung**

BVT bedeutet, Betriebsverfahren festzulegen und einzuhalten – z. B. mittels eines Managementsystems – wie sie in Abschnitt 4.1.6.1.2 beschrieben sind, um Folgendes sicherzustellen:

- Überfüll- oder Überdruckeinrichtungen mit Alarmgebung und/oder Ventilschließ-Automatik sind installiert;
- geeignete Betriebsanweisungen zum Verhindern einer Überfüllung während des Befüllens werden eingehalten; und
- ausreichender Ausdehnungsraum für eine komplette Füllung steht zur Verfügung.

Ein unabhängiger Alarm erfordert einen manuellen Eingriff und geeignete Verfahren; außerdem müssen automatische Ventile beim Zuflussweg so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass ein Schließen keine unerwünschten Folgen hat. Über die Art des zu realisierenden Alarms muss für jeden Tank separat entschieden werden. Siehe Abschnitt 4.1.6.1.3.

### **Messeinrichtungen und Automatisierung zum Erkennen von Leckagen**

Zum Erkennen von Lecks können folgende vier prinzipielle Techniken genutzt werden:

- Schutz vor Freisetzung durch Sperrsysteme;
- Bestandsprüfungen;
- Akustische Methode zur Erkennung von Emissionen (Geräuschen) und
- Überprüfung auf Abgaskomponenten im Boden.

BVT bedeutet, eine Leckerkennung bei Lagertanks anzuwenden, welche Flüssigkeiten enthalten, die möglicherweise den Boden verunreinigen können. Die Anwendbarkeit der verschiedenen Techniken hängt von der Art des Tanks ab, dies ist im Abschnitt 4.1.6.1.4 genauer beschrieben.

### **Risikobasierter Ansatz im Hinblick auf Bodenemissionen unterhalb von Tanks**

Der risikobasierte Ansatz im Hinblick auf Bodenemissionen bei einem oberirdischen vertikalen Flachbodentank, in dem Flüssigkeiten mit dem Potenzial zur Bodenverunreinigung gelagert werden, besteht darin, dass Bodenschutzmaßnahmen in einem solchen Ausmaß getroffen werden, dass ein „vernachlässigbares Risiko“ der Bodenverunreinigung wegen eines Lecks an der Tankunterseite oder an der Dichtung, die an der Verbindung von Tankunterseite und Tankwandung sitzt, entsteht. Siehe Abschnitt 4.1.6.1.5, wo der Ansatz und die Risikostufen erläutert werden.

BVT bedeutet, ein „vernachlässigbares Risiko“ der Bodenverunreinigungen bei Verbindungen am Boden und zwischen Boden und Wandung bei oberirdischen Lagertanks zu erreichen. Allerdings können im Einzelfall Situationen identifiziert werden, in denen ein „akzeptables Risiko“ ausreicht.

### **Bodenschutz rund um Tanks – Sicherheitshülle**

Bei oberirdischen Tanks, die brennbare Flüssigkeiten oder solche Flüssigkeiten enthalten, die hinsichtlich signifikanter Bodenverunreinigung oder signifikanter Verunreinigung nahe gelegener Wasserläufe gefährlich sind, bedeutet BVT, eine zweite Umhüllung zu installieren, beispielsweise in einer der folgenden Formen:

- Auffangräume um einwandige Tanks; siehe Abschnitt 4.1.6.1.8.
- Doppelwandige Tanks; siehe Abschnitt 4.1.6.1.10.
- Schalentanks; siehe Abschnitt 4.1.6.1.11.
- Doppelwandige Tanks mit überwachter Entleerung am Boden; siehe Abschnitt 4.1.6.1.12.

Beim Bau neuer, einwandiger Tanks, die Flüssigkeiten enthalten, die hinsichtlich signifikanter Bodenverunreinigung oder signifikanter Verunreinigung nahe gelegener Wasserläufe gefährlich sind, bedeutet BVT, im kompletten Auffangraum eine undurchlässige Sperrschicht zu integrieren, siehe Abschnitt 4.1.6.1.7.

Bei existierenden Tanks innerhalb eines Auffangraumes bedeutet BVT, einen risikobasierten Ansatz zu verwenden und dabei die Höhe des Risikos eines Auslaufens von gelagerter Flüssigkeit in den Boden zu berücksichtigen, um zu ermitteln, ob und welche Sperrschicht am besten zu verwenden ist. Dieser risikobasierte Ansatz kann auch dazu verwendet werden, festzustellen, ob eine undurchlässige Beschichtung nur teilweise in einem Auffangraum ausreichend ist oder ob der gesamte Raum mit einer undurchlässigen Beschichtung versehen werden muss. Siehe Abschnitt 4.1.6.1.8.

Undurchlässige Beschichtungen sind u.a.:

- eine flexible Membrane wie etwa HDPE;
- eine Tonmatte;
- eine Asphaltfläche; oder
- eine Betonfläche.

Bei in einwandigen Tanks gelagerten Lösungsmitteln mit Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) bedeutet BVT, CKW-beständige Beschichtungen basierend auf Phenol- oder Furanharzen auf Betonsperren (und Umhüllungen) aufzubringen. Eine bestimmte Art von Epoxidharz ist ebenfalls CKW-beständig. Siehe Abschnitt 4.1.6.1.9.

Bei unterirdischen und von Erdwällen umgebenden Tanks, die Stoffe enthalten, die möglicherweise den Boden verunreinigen kann, ist BVT:

- Die Anwendung eines doppelwandigen Tanks mit Leckageerkennung, siehe Abschnitt 4.1.6.1.13; oder
- Die Anwendung eines einwandigen Tanks mit zweiter Umhüllung und Leckageerkennung, siehe Abschnitt 4.1.6.1.14.

### **Entzündliche Bereiche und Zündquellen**

Siehe Abschnitt 4.1.6.2.1 zusammen mit der ATEX Direktive 1999/92/EG.

### **Brandschutz**

Über die Notwendigkeit, Brandschutzmaßnahmen zu treffen, muss von Fall zu Fall entschieden werden. Brandschutz kann beispielsweise mit folgenden Mitteln erreicht werden (siehe Abschnitt 4.1.6.2.2):

- feuerfeste Umhüllung oder Beschichtung;
- Brandschutzwand (nur für kleine Tanks); und/oder
- Kühlwassersysteme.

### **Brandbekämpfungs-Einrichtungen**

Die Entscheidung über die Notwendigkeit von Brandbekämpfungseinrichtungen und darüber, welche solcher Einrichtungen installiert werden, muss im Einzelfall in Absprache mit der örtlichen Feuerwehr getroffen werden. Einige Beispiele finden sich im Abschnitt 4.1.6.2.3.

### **Rückhaltung kontaminierter Löschmittel**

Die Möglichkeit zur Rückhaltung kontaminierter Löschmittel hängt von den örtlichen Bedingungen ab, so etwa davon, welche Stoffe gelagert werden und ob das Lager sich in der Nähe von Wasserläufen und/oder einem Wassereinzugsgebiet befindet. Über die verwendete Umschließung muss deshalb von Fall zu Fall entschieden werden, siehe Abschnitt 4.1.6.2.4.

Bei toxischen, karzinogenen oder anderen gefährlichen Stoffen bedeutet BVT, eine vollständige Rückhaltung zu vorzusehen.

## 5.1.2. Lagerung von verpackten gefährlichen Stoffen

### Sicherheits- und Risikomanagement

Beim Lagern von verpackten gefährlichen Stoffen entweicht im Normalbetrieb nichts. Die einzige Möglichkeit von Emissionen besteht bei Ereignissen und (schweren) Unfällen. Unternehmen, die unter die Seveso-II-Richtlinie fallen, müssen alle Maßnahmen zur Verhinderung von schweren Unfällen sowie zu deren Begrenzung zu treffen. Sie müssen in jedem Fall über ein Konzept zur Verhütung von schweren Unfällen und ein Sicherheitsmanagementsystem, welches die Umsetzung dieses Konzepts sicherstellt, verfügen. Betriebe, in denen große Mengen an Gefahrstoffen vorhanden sind, so genannte Betriebe mit erweiterten Pflichten, haben darüber hinaus einen Sicherheitsbericht anzufertigen, betriebsbezogene Gefahrenabwehrpläne zu erstellen und eine stets aktuelle Liste der vorhandenen Gefahrstoffe vorzuhalten. Auch Betriebe, die nicht unter den Geltungsbereich der SEVESO II Richtlinie fallen, können Emissionen durch Unfälle und Betriebsstörungen verursachen. Zu deren Verhinderung und Begrenzung könnten, in einem ersten Schritt vielleicht weniger detaillierte, Anforderungen an ein vergleichbares Sicherheitsmanagementsystem gestellt werden.

BVT zur Vermeidung von Ereignissen und schweren Unfällen besteht in der Anwendung eines Sicherheitsmanagementsystems, wie es in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben.

Der Detaillierungsgrad des Systems hängt deutlich von verschiedenen Faktoren ab, wie Mengen der gelagerten Stoffe, spezielle mit den Stoffen verbundene Gefahren sowie Standort des Lagers. Allerdings umfasst BVT mindestens das Bewerten der Risiken von Unfällen und Ereignissen am Standort, und zwar in Form der fünf in Abschnitt 4.1.6.1 beschriebenen Schritte.

### Schulung und Verantwortlichkeit

BVT bedeutet, eine oder mehrere Personen zu benennen, die für den Betrieb des Lagers verantwortlich sind.

BVT bedeutet, die verantwortliche(n) Person(en) besonders zu schulen und regelmäßig nachzuschulen, was Notfallmaßnahmen wie in Abschnitt 4.1.7.1 betrifft; dazu gehört es außerdem, andere Mitarbeiter der Anlage über die Risiken des Lagerns gefährlicher Stoffe und über die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zum sicheren Lagern von Stoffen, die unterschiedliche Gefahren mit sich bringen, zu informieren.

### Lagerbereich

BVT bedeutet, ein Lagergebäude und/oder einen im Freien befindlichen, überdachten Lagerbereich zu betreiben wie in Abschnitt 4.1.7.2 beschrieben. Bei der Lagerung von Mengen weniger als 2.500 Liter oder Kilogramm Gefahrstoffe bedeutet BVT auch, eine Lagerzelle wie in Abschnitt 4.1.7.2 beschrieben, zu betreiben.

### Trennung und Absonderung

BVT bedeutet, den Lagerbereich oder das Lagergebäude für verpackte gefährliche Stoffe durch ausreichende Abstände – manchmal in Verbindung mit Brandschutzwänden – von anderen Lagerstellen, von Zündquellen und von anderen Gebäuden auf oder außerhalb des Grundstücks zu trennen. In den einzelnen Mitgliedstaaten gelten unterschiedliche Abstände zwischen (im Freien befindlichen) Lagern von verpackten gefährlichen Stoffen und anderen Objekten am oder außerhalb des Standortes; Beispiele hierzu siehe Abschnitt 4.1.7.3.

BVT bedeutet, miteinander unverträgliche Stoffe getrennt zu halten und/oder zu trennen. Hinsichtlich verträglicher und unverträglicher Kombinationen siehe Anhang 8.3. In den einzelnen Mitgliedstaaten gelten unterschiedliche Abstände und/oder physische Trennungen zwischen den Lagerorten unverträglicher Stoffe; Beispiele hierzu siehe Abschnitt 4.1.7.4.

### Umschließung von durch Lecks ausgetretene Stoffe und von kontaminierten Löschmitteln

BVT bedeutet, ein flüssigkeitsdichtes Reservoir gemäß Abschnitt 4.1.7.5 zu installieren, das die oberhalb dieses Reservoirs gelagerten gefährlichen Flüssigkeiten ganz oder teilweise aufnehmen kann. Die Entscheidung darüber, ob ausgelaufene Flüssigkeit ganz oder nur teilweise aufgenommen werden können muss, hängt von den

gelagerten Stoffen und vom Standort des Lagers (z. B. in einem Gewässereinzugsgebiet) ab und kann nur von Fall zu Fall getroffen werden.

BVT bedeutet, für Löschmittel in Lagergebäuden und Lagerbereichen eine flüssigkeitsdichte Aufnahmemöglichkeit gemäß Abschnitt 4.1.7.5 zu installieren. Die Entscheidung über die Aufnahmekapazität hängt von den gelagerten Stoffen, deren Menge, der Art ihrer Verpackung und dem installierten Brandbekämpfungssystem ab und kann nur von Fall zu Fall getroffen werden.

### **Brandbekämpfungs-Einrichtungen**

BVT bedeutet, Brandschutz- und Brandbekämpfungsmaßnahmen in passendem Umfang zu treffen, wie in Abschnitt 4.1.7.6 beschrieben. Über das Maß an Schutz muss im Einzelfall in Absprache mit der örtlichen Feuerwehr entschieden werden.

### **Schutz vor Zündung**

BVT bedeutet, Zündungen an der Quelle zu vermeiden, wie in Abschnitt 4.1.7.6.1 beschrieben

### **5.1.3. Becken und Teiche**

Becken und Teiche werden zum Lagern von beispielsweise Jauche auf landwirtschaftlichen Betrieben, von Wasser und von anderen nichtbrennbaren oder nichtflüchtigen Flüssigkeiten in Industrieanlagen verwendet .

Wo Luftemissionen im Normalbetrieb signifikant sind, z. B. bei der Lagerung von Schweinegülle, bedeutet BVT, die Becken und Teiche auf eine der folgenden Arten abzudecken:

- Mit Kunststoffplane, siehe Abschnitt 4.1.8.2;
- mit einer schwimmenden Abdeckung, siehe Abschnitt 4.1.8.1; oder
- Mit einer festen Abdeckung (nur bei kleinen Becken), siehe Abschnitt 4.1.8.2.

Außerdem kann – wo eine feste Abdeckung vorhanden ist – zur weiteren Emissionsverminderung eine Abgasreinigungseinrichtung installiert werden, siehe Abschnitt 4.1.3.15. Über Notwendigkeit und Art der Abgasreinigung muss von Fall zu Fall entschieden werden.

Um eine Überfüllung nicht abgedeckter Becken oder Teiche bei Regen zu verhindern, bedeutet BVT, eine ausreichende Reservehöhe vorzusehen, siehe Abschnitt 4.1.11.1.

Wo Stoffe in einem Becken oder einem Teich mit dem Risiko einer Bodenkontaminierung gelagert werden, bedeutet BVT, eine undurchlässige Sperrschicht vorzusehen. Dies kann eine flexible Folie, eine ausreichend dicke Tonschicht oder Beton sein, siehe Abschnitt 4.1.11.1.

### **5.1.4. Drucklose Kavernen in Bergwerken**

#### **Luftemissionen bei Normalbetrieb**

Wo in einer Anzahl von Kavernen mit einem festen Wasserbett flüssige Kohlenwasserstoffe gelagert werden, bedeutet BVT, eine Gaspendingung anzuwenden, siehe Abschnitt 4.1.12.1.

#### **Emissionen durch Ereignisse und (größere) Unfälle**

Aufgrund ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten. Beim Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffen, bedeutet BVT deshalb, Kavernen anzulegen, wo immer die örtlichen geologischen Bedingungen dafür geeignet sind, siehe die Abschnitte 3.1.15 und 4.1.13.3.

BVT zum Verhüten von Ereignissen und Unfällen bedeutet, ein Sicherheitssystem einzurichten wie in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben.

BVT bedeutet, ein Überwachungsprogramm aufzustellen und es dann regelmäßig zu bewerten, das mindestens Folgendes umfasst (siehe Abschnitt 4.1.13.2):

- Überwachen der Wasserströmungen rund um die Kaverne mittels Grundwassermessungen, Piezometern und/oder Druckmesszellen, Sickermessungen mit Wasser
- Beurteilen der Stabilität der Kaverne durch seismische Messungen
- regelmäßiges Entnehmen und Analysieren von Proben zur Ermittlung von Änderungen der Wasserqualität
- Überwachen auf Korrosion, einschl. regelmäßiger Prüfung der Wandungen.

Um das Entweichen des gelagerten Stoffes aus der Kaverne zu verhindern, bedeutet BVT, die Kaverne so zu gestalten, dass der hydrostatische Druck des die Kaverne umgebenden Grundwassers stets größer als der des gelagerten Stoffs ist, siehe Abschnitt 4.1.13.5.

Um ein Eindringen von Sickerwasser in die Kaverne zu verhindern, bedeutet BVT – abgesehen von einer ordentlichen Konstruktion – zusätzlich eine Zementinjektion durchzuführen, siehe Abschnitt 4.1.13.6.

Wird in die Kaverne eingedrungenes Sickerwasser abgepumpt, bedeutet BVT, dieses Wasser einer Abwasserreinigung zu unterziehen, bevor es irgendwo eingeleitet wird, siehe Abschnitt 4.1.13.3.

BVT bedeutet, einen automatischen Überfüllschutz zu installieren, siehe Abschnitt 4.1.13.8.

## 5.1.5. Unter Überdruck stehende Kavernen in Bergwerken

### Emissionen durch Ereignisse und (größere) Unfälle

Wegen ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten. Beim Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffen, bedeutet BVT deshalb, Kavernen anzulegen, wo immer die örtlichen geologischen Bedingungen dafür geeignet sind, siehe die Abschnitte 3.1.16 und 4.1.14.3.

BVT zum Verhüten von Ereignissen und Unfällen bedeutet, ein Sicherheitssystem einzurichten wie in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben.

BVT bedeutet, ein Überwachungsprogramm aufzustellen und es dann regelmäßig zu bewerten, das mindestens Folgendes umfasst (siehe Abschnitt 4.1.14.2):

- Überwachen der Wasserströmungen rund um die Kaverne mittels Grundwassermessungen, Piezometern und/oder Druckmesszellen, Sickermessungen mit Wasser
- Beurteilen der Stabilität der Kaverne durch seismische Messungen
- regelmäßiges Entnehmen und Analysieren von Proben zur Ermittlung von Änderungen der Wasserqualität
- Überwachen auf Korrosion, einschl. regelmäßiger Prüfung der Wandungen.

Um das Entweichen des gelagerten Stoffes aus der Kaverne zu verhindern, bedeutet BVT, die Kaverne so zu gestalten, dass der hydrostatische Druck des die Kaverne umgebenden Grundwassers stets größer als der des gelagerten Stoffs ist, siehe Abschnitt 4.1.14.5.

Um ein Eindringen von Sickerwasser in die Kaverne zu verhindern, bedeutet BVT – abgesehen von einer ordentlichen Konstruktion – zusätzlich eine Zementinjektion durchzuführen, siehe Abschnitt 4.1.14.6.

Wird in die Kaverne eingedrungenes Sickerwasser abgepumpt, bedeutet BVT, dieses Wasser einer Abwasserreinigung zu unterziehen, bevor es irgendwo eingeleitet wird, siehe Abschnitt 4.1.14.3.

BVT bedeutet, einen automatischen Überfüllschutz zu installieren, siehe Abschnitt 4.1.14.8.



BVT bedeutet, Sicherheitsventile für den Fall eines überträgigen Notfalls zu installieren, siehe Abschnitt 4.1.14.4.

### **5.1.6. Ausgespülte Salzkavernen**

#### **Emissionen durch Ereignisse und (größere) Unfälle**

Wegen ihrer natürlichen Eigenschaften sind Kavernen die weitaus sichersten Orte zum Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffprodukten. Beim Lagern großer Mengen von Kohlenwasserstoffen bedeutet BVT deshalb, Kavernen anzulegen, wo immer die örtlichen geologischen Bedingungen dafür geeignet sind. Für weitere Einzelheiten siehe die Abschnitte 3.1.17 und 4.1.15.3.

BVT zum Verhüten von Ereignissen und Unfällen bedeutet, ein Sicherheitssystem einzurichten wie in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben.

BVT bedeutet, ein Überwachungsprogramm aufzustellen und es dann regelmäßig zu bewerten, das mindestens Folgendes umfasst (siehe Abschnitt 4.1.15.2):

- Beurteilen der Stabilität der Kaverne durch seismische Messungen
- Überwachen auf Korrosion, einschl. regelmäßiger Prüfung der Wandungen;
- Durchführen regelmäßiger Sonarmessungen zum Überwachen eventueller Formveränderungen, insbesondere bei Verwendung untersättigter Salzsole.

Wegen der Füll- und Entleerungsvorgänge der Kaverne können an der Grenzfläche zwischen Salzsole und Kohlenwasserstoffprodukt geringe Spuren von Kohlenwasserstoffen vorhanden sein. Ist dies der Fall, bedeutet BVT, diese Kohlenwasserstoffprodukte in einer Salzsolen-Reinigungsanlage zu separieren, dann zu sammeln und sicher zu entsorgen.

### **5.1.7. Schwimmende Lager**

Die Verwendung schwimmender Lager ist nicht BAT, siehe Abschnitt 3.1.18.

## **5.2. Transport von und Umgang mit Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen**

### **5.2.1. Allgemeine Prinzipien zur Emissionsvermeidung und -verminderung**

#### **Inspektion und Wartung**

BVT bedeutet, ein Hilfsmittel zum Aufstellen von proaktiven Wartungsplänen und zur Entwicklung von risikobasierten Inspektionsplänen anzuwenden, wie etwa den risiko- und zuverlässigkeitsbasierten Wartungsansatz; siehe Abschnitt 4.1.2.2.1.

#### **Leckerkennungs- und -Reparaturprogramm**

Bei großen Lageranlagen bedeutet BVT, je nach den Eigenschaften der gelagerten Stoffe, ein Leckerkennungs- und Reparaturprogramm anzuwenden. Das Hauptaugenmerk muss auf solche Situationen gerichtet sein, in denen sehr wahrscheinlich Emissionen entstehen (wie etwa Gase/leichte Flüssigkeiten unter hohem Druck- und/oder hoher Temperaturbelastung). Siehe Abschnitt 4.2.1.3.

#### **Prinzip der Minimierung von Emissionen bei der Tanklagerung**

BVT bedeutet, Emissionen mit signifikant umweltschädlicher Wirkung bei Tanklagerung, -transport und -handhabung zu vermindern, wie in Abschnitt 4.1.3.1 beschrieben.

Dies ist für große Lagerungsanlagen anwendbar, bei denen für die Implementierung ein gewisser Zeitraum zur Verfügung steht.



## **Sicherheits- und Risikomanagement**

BVT zum Verhüten von Ereignissen und Unfällen bedeutet, ein Sicherheitssystem einzurichten wie in Abschnitt 4.1.6.1 beschrieben.

## **Betriebsverfahren und Schulung**

BVT bedeutet, für die sichere und verantwortungsbewusste Bedienung der Anlage angemessene organisatorische Maßnahmen einzuführen und zu befolgen und für entsprechende Schulung und Unterweisung von Arbeitnehmern zu sorgen, wie in Abschnitt 0 beschrieben.

### **5.2.2. Betrachtungen zu Transport- und Umgangstechniken**

#### **5.2.2.1. Rohrleitungen**

BVT bedeutet, bei neuen Anlagen oberirdische geschlossene Rohrsysteme zu installieren, siehe Abschnitt 4.2.4.1. Bei bestehenden unterirdischen Rohrsystemen bedeutet BVT, einen risiko- und zuverlässigkeitsbasierten Wartungsansatz anzuwenden, wie in Abschnitt 4.1.2.2.1 beschrieben.

Verschraubte Flansche und mit Dichtungen versehene Verbindungsstellen sind eine wesentliche Quelle von flüchtigen Emissionen. BVT bedeutet, die Anzahl der Flansche gering zu halten, indem sie durch Schweißverbindungen ersetzt werden, soweit dies die betrieblichen Notwendigkeiten zur Wartung oder zur Flexibilität der Transportwege zulassen; siehe Abschnitt 4.2.2.1.

BVT für geschraubte Flanschverbindungen (siehe Abschnitt 4.2.2.2.) beinhaltet Folgendes:

- Einsetzen von Blindflanschen an selten benutzten Armaturen, um versehentliches Öffnen zu verhindern
- Einsetzen von Endkappen oder Verschlussstopfen statt Ventilen an freien Leitungsenden
- Sicherstellen, dass Dichtungen gewählt werden, die für den Prozess geeignet sind
- Sicherstellen, dass die Dichtungen korrekt montiert werden
- Sicherstellen, dass die Flanschverbindungen korrekt montiert und belastet werden
- Einsetzen von hochwertigen Dichtungen wie etwa Spiraldichtungen, Kammdichtungen oder Ring-Joints überall dort, wo toxische, karzinogene oder andere gefährliche Stoffe transportiert werden

Innenkorrosion kann durch die korrosive Eigenschaft des beförderten Stoffes verursacht werden, siehe Abschnitt 4.2.3.1. BVT zum Verhüten von Korrosion ist:

- Verwenden von Konstruktionsmaterialien, die gegenüber dem Stoff widerstandsfähig sind;
- Anwenden geeigneter Konstruktionsverfahren;
- Durchführen vorbeugender Wartung und
- soweit anwendbar, Aufbringen einer innenseitigen Beschichtung oder Hinzugeben von Korrosionshemmern.

Um zu verhindern, dass Rohrleitungen außen korrodieren, bedeutet BVT, je nach den örtlichen Bedingungen (z. B. Meeresnähe) ein ein-, zwei- oder dreilagiges Beschichtungssystem anzuwenden. Rohrleitungen aus Kunststoff oder nichtrostendem Stahl werden normalerweise nicht beschichtet. Siehe Abschnitt 4.2.3.2.

#### **5.2.2.2. Abgasreinigung**

BVT bedeutet, bei signifikanten Emissionen, die beim Be- und Entladen von Lastwagen, Lastkähnen und Schiffen mit flüchtigen Stoffen entstehen, Gaspendingung oder Abgasreinigung anzuwenden. Über die Signifikanz von Emissionen muss anhand der Art und des Volumens des emittierten Stoffes von Fall zu Fall entschieden werden. Für weitere Einzelheiten siehe Abschnitt 4.2.8.

Beispielsweise ist nach den niederländischen Vorschriften eine Methanol-Emission signifikant, wenn mehr als 500 kg/Jahr emittiert werden.

### 5.2.2.3. Ventile

BVT für Ventile beinhaltet u.a.:

- richtiges Auswählen des Dichtungs- und Konstruktionsmaterial, passend zum Einsatzfall
- Überwachen mit besonderer Beachtung derjenigen Ventile, die das größte Risiko darstellen (wie etwa Steuervorventile (rising stem control valves) im Dauerbetrieb)
- Einsetzen von Dreh-Steuerventilen oder Pumpen mit variabler Drehzahl anstelle von Steuervorventilen
- Einsetzen von Membranen, Balgen oder doppelwandigen Ventilen an Stellen, wo toxische, karzinogene oder andere gefährliche Stoffe vorhanden sind
- Führen der an Entlastungsventilen ausströmenden Dämpfe/Gase in das Transport- oder Lagersystem oder in ein Abgasreinigungssystem

Siehe Abschnitte 3.2.2.6 und 3.2.2.6.

### 5.2.2.4. Pumpen und Kompressoren

#### Installation und Wartung von Pumpen und Kompressoren

Auslegung, Installation und Betriebsweise von Pumpen und Kompressoren beeinflussen die mögliche Lebensdauer und die Zuverlässigkeit des Dichtungssystems. BVT beinhaltet u.a. die folgenden Hauptfaktoren:

- geeignete Befestigung der Pumpen- bzw. der Kompressoreinheit an ihrer Grundplatte oder ihrem Rahmen
- Kräfte an Rohrverbindungen entsprechend den Empfehlungen des Herstellers
- geeignete Konstruktion von Saugleitungen, um hydraulisches Ungleichgewicht zu minimieren
- Ausrichtung von Welle und Gehäuse entsprechend den Empfehlungen des Herstellers
- Ausrichtung der Kupplungen von Antrieb und Pumpe bzw. Kompressor entsprechend den Empfehlungen des Herstellers (wenn eingebaut)
- korrekte Auswuchtung rotierender Teile
- effizientes Vorfüllen von Pumpen und Kompressoren vor dem Einschalten
- Betrieb von Pumpen und Kompressoren innerhalb des vom Hersteller empfohlenen Leistungsbereich. (Die optimale Leistung wird am Punkt des höchsten Wirkungsgrades erreicht.)
- die Gesamthaltdruckhöhe (NPSH-Wert, Net Positive Suction Head) sollte stets größer sein als die für die Pumpe bzw. den Kompressor geforderte.
- regelmäßige Überwachung und Wartung der rotierenden Komponenten und der Dichtungssysteme, in Verbindung mit einem Reparatur- oder Austauschprogramm.

#### Dichtungssystem von Pumpen

BVT bedeutet, für den Anwendungsfall geeignete Pumpen und Dichtungsarten zu wählen, vorzugsweise solche Pumpen, die von ihrer Bauart her dicht sind; solche Pumpen sind beispielsweise Spaltröhrenpumpen, magnetisch gekoppelte Pumpen, Pumpen mit mehrfachen mechanischen Dichtungen und einem Quench- oder Puffersystem, Pumpen mit mehrfachen mechanischen Dichtungen und Trockengasdichtungen, Membranpumpen und Balgpumpen. Für weitere Einzelheiten siehe die Abschnitte 3.2.2.2, 3.2.4.1 und 4.2.9.

#### Dichtungssysteme von Kompressoren

BVT bedeutet, bei Kompressoren für nichttoxische Gase gasgeschmierte mechanische Dichtungen zu verwenden.

BVT bedeutet, bei Kompressoren für toxische Gase doppelte Dichtungen mit einer Flüssigkeits- oder Gasbarriere einzusetzen und die Prozessseite der Gehäusedichtung mit einem Schutzgas zu spülen.

Bei Anlagen mit sehr hohen Drücken, bedeutet BVT, ein Dreifach-Tandem-Dichtungssystem einzusetzen.

Für weitere Einzelheiten siehe die Abschnitte 3.2.3 und 4.2.9.13.

#### **5.2.2.5.           Anschlüsse zur Probenentnahme**

Für Entnahmepunkte zur Probenentnahme bei flüchtigen Stoffen bedeutet BVT, ein Probenentnahmeventil (Ram-Typ) oder ein Nadelventil und ein Blockventil einzusetzen. Wo die Probenentnahmeleitungen ein Spülen erfordern, bedeutet BVT Probenentnahmeleitungen mit geschlossener Schleife einzusetzen. Siehe Abschnitt 4.2.9.14.

## 5.3. Lagerung fester Stoffe

### 5.3.1. Lagerung im Freien

BVT besteht in der Anwendung einer geschlossenen Lagerung, beispielsweise in Silos, Bunkern, Schüttgutbehältern und Containern, um so den Einfluss des Windes auszuschließen und die Bildung von Staubemissionen durch Wind soweit wie möglich durch primäre Maßnahmen zu verhindern. Siehe auch Tabelle 4.12 mit diesen primären Maßnahmen und Querverweisen zu den betreffenden Abschnitten.

Dennoch, obwohl Großraumsilos und Lagerhallen verfügbar sind, kann für (sehr) große Mengen nicht oder mäßig staubender, befeuchtbarer Materialien die Lagerung im Freien die einzige Option sein. Beispiele sind die langfristige strategische Lagerung von Kohle und die Lagerung von Erzen und Gips.

BVT bei der Lagerung im Freien besteht in der Durchführung regelmäßiger oder fortlaufender visueller Kontrollen, um festzustellen, ob Staubemissionen auftreten sowie in der Prüfung, ob vorbeugende Maßnahmen in einem guten Zustand sind. Das Verfolgen der Wettervorhersagen, z.B. durch Nutzung meteorologischer Instrumente in der Anlage, ermöglicht es festzustellen, wann die Befeuchtung der Halden notwendig ist und schützt so vor unnötigem Einsatz der Mittel zur Befeuchtung der offenen Lagerflächen. Siehe Abschnitt 4.3.3.1.

BVT für die langfristige offene Lagerung besteht in einer, oder einer geeigneten Kombination der folgenden Techniken:

- Befeuchtung der Oberfläche unter Verwendung dauerhaft staubbindender Substanzen, siehe Abschnitt 4.3.6.1
- Abdecken der Oberfläche, z.B. mit Abdeckplanen, siehe Abschnitt 4.3.4.4
- Verfestigung der Oberfläche, siehe Tabelle 4.13
- Begrünung der Oberflächen, siehe Tabelle 4.13.

BVT für die kurzfristige offene Lagerung besteht in einer, oder einer geeigneten Kombination der folgenden Techniken:

- Befeuchtung der Oberfläche unter Verwendung dauerhaft staubbindender Substanzen, siehe Abschnitt 4.3.6.1
- Befeuchten der Oberfläche mit Wasser, siehe Abschnitt 4.3.6.1
- Abdecken der Oberfläche, z.B. mit Abdeckplanen, siehe Abschnitt 4.3.4.4.

Weitere Maßnahmen zur Verminderung von Staubemissionen, sowohl von lang- wie auch kurzfristiger offener Lagerung, sind:

- Ausrichtung der Haldenlängsachse parallel zur Hauptwindrichtung
- Anwendung von Schutzbepflanzungen, Windschutzzäunen oder Böschungen im LUV zur Verringerung der Windgeschwindigkeit
- Einrichtung lediglich einer Halde anstelle mehrerer Halden, soweit wie möglich; bei der Lagerung der gleichen Menge in zwei Halden statt in einer, erhöht sich die freie Oberfläche um 26%
- Anwendung einer Lagerung mit seitlichen Begrenzungen reduziert die freie Oberfläche und führt zu einer Verminderung der diffusen Staubemissionen; diese Verminderung wird maximiert, wenn die Begrenzungswand in Hauptwindrichtung zur Halde steht
- Errichtung der seitlichen Begrenzungswänden mit geringem Abstand zueinander.

Siehe Tabelle 4.13 für weitere Details.

### 5.3.2. Geschlossene Lagerung

BVT besteht in der Anwendung einer geschlossenen Lagerung, beispielsweise in Silos, Bunkern, Schüttgutbehältern und Containern. Dort wo Silos nicht eingesetzt werden können, stellt die Lagerung in Lagerhallen eine Alternative dar. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn neben dem Lagern das Mischen von Chargen notwendig ist.

BVT bei Silos besteht in einer geeigneten Ausführung, die Stabilität gewährleistet und das Silo vor dem Zusammenstürzen zu bewahrt. Siehe Abschnitte 4.3.4.1 und 4.3.4.5.

BVT für Lagerhallen besteht in der geeigneten Ausführung eines Absaug- und Filtersystems und dem Geschlossenhalten der Türen. Siehe Abschnitt 4.3.4.2.

BVT besteht in der Anwendung einer Staubabscheidung und einem mit BVT verbundenen Emissionsniveaus von  $1 - 10 \text{ mg/m}^3$ , abhängig von der Art/dem Typ der gelagerten Substanz. Die Auswahl des Staubabscheiders muss im Einzelfall entschieden werden. Siehe Abschnitt 4.3.7.

Für Silos die organische Feststoffe enthalten, besteht BVT in der Anwendung explosionsbeständiger Silos (siehe Abschnitt 4.3.8.3), der Ausrüstung mit einem Explosionsventil, das sofort nach der Explosion schließt, um den Eintritt von Sauerstoff in das Silo zu verhindern, so wie in Abschnitt 4.3.8.4.

### **5.3.3. Lagerung verpackter gefährlicher Feststoffe**

Für Details sind die BVT zur Lagerung verpackter gefährlicher Feststoffe zu beachten, siehe Abschnitt 5.1.2.

### **5.3.4. Vermeidung von Ereignissen und (größeren) Unfällen**

#### **Sicherheits- und Risikomanagement**

Die SEVESO II Richtlinie (Richtlinie 96/82/EG des Rates zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen vom 9. Dezember 1996) verpflichtet den Betreiber alle Maßnahmen zur Verhinderung von schweren Unfällen sowie zu deren Begrenzung zu treffen. Sie müssen in jedem Fall über ein Konzept zur Verhütung von schweren Unfällen und ein Sicherheitsmanagementsystem, welches die Umsetzung dieses Konzepts sicherstellt, verfügen. Betriebe, in denen große Mengen an Gefahrstoffen vorhanden sind, sog. Betriebe mit erweiterten Pflichten, haben darüber hinaus einen Sicherheitsbericht anzufertigen, betriebsbezogene Gefahrenabwehrpläne zu erstellen und eine stets aktuelle Liste der vorhandenen Gefahrstoffe vorzuhalten. Auch Betriebe, die nicht unter den Geltungsbereich der SEVESO II Richtlinie fallen, können Emissionen durch Unfälle und Betriebsstörungen verursachen. Zu deren Verhinderung und Begrenzung könnten, in einem ersten Schritt vielleicht weniger detaillierte, Anforderungen an ein vergleichbares Sicherheitsmanagementsystem gestellt werden.

BVT zur Vermeidung von Zwischenfällen und Unfällen besteht in der Anwendung eines Sicherheitsmanagementsystems, wie es in Abschnitt 4.1.7.1 beschrieben ist.

## **5.4. Transport und Umschlag fester Stoffe**

### **5.4.1. Allgemeine Maßnahmen zur Verringerung der Staubemissionen beim Transport und Umschlag**

BVT ist die Vermeidung einer Staubausbreitung durch Be- und Entladeaktivitäten im Freien, in dem der Umschlag so weit wie möglich in Zeiten niedriger Windgeschwindigkeiten erfolgt. Diese Maßnahmenart kann jedoch unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten, nicht allgemein auf die gesamte EU und jede Situation angewendet werden, ungeachtet der möglicherweise hohen Kosten. Siehe Abschnitt 4.4.3.1.

Ein diskontinuierlicher Transport (Schaufellader oder Lkw) verursacht allemeint höhere Staubemissionen als der kontinuierliche Transport mit (Band)Förderern. BVT besteht darin, die Transportwege so kurz wie möglich zu machen und wo immer möglich, kontinuierliche Transportmethoden anzuwenden. Für bestehende Anlagen kann dies eine sehr teure Maßnahme sein. Siehe Abschnitt 4.4.3.5.1.

Bei der Anwendung mechanischer Schaufellader, bedeutet BVT die Reduzierung der Fallhöhe und die Wahl der besten Position beim Entladen in einen Lkw; siehe Abschnitt 4.4.3.4.

Beim Fahren können Fahrzeuge Staub von auf dem Boden befindlichen Feststoffen aufwirbeln. BVT bedeutet in diesem Fall, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs innerhalb der Anlage anzupassen, um Staubaufwirbelung zu verhindern oder zu minimieren; siehe Abschnitt 4.4.3.5.2.

BVT für Straßen, die nur von Lkw und Autos genutzt werden, besteht in der Befestigung der Straßenoberflächen, z.B. mittels Beton oder Asphalt, weil diese so leicht gereinigt und Staubaufwirbelungen durch Fahrzeuge verhindert werden können; siehe Abschnitt 4.4.3.5.3. Jedoch ist die Ausstattung mit hart befestigten Straßenoberflächen nicht gerechtfertigt, wenn die Straßen für nur von großen Schaufelladern oder nur vorübergehend als Straße genutzt werden

BVT ist es, Straßen mit hart befestigten Oberflächen versehen sind, entsprechend Abschnitt 4.4.6.12 zu reinigen.

Das Reinigen von Fahrzeugreifen ist BVT. Die Häufigkeit des Reinigens und die Art der angewendeten Reinigungseinrichtung (siehe Abschnitt 4.4.6.13) muss im Einzelfall entschieden werden.

Dort wo es weder der Produktqualität, der Anlagensicherheit noch den Wasserressourcen schadet, ist BVT zum Be- und Entladen staubender, wasserunempfindlicher Produkte das Befeuchten des Produktes, so wie in Abschnitt 4.4.6.8, 4.4.6.9 und 4.3.6.1 beschrieben. Beispiele, wann diese BVT nicht anwendbar sein können, stellen solche Fälle dar, in denen ein Risiko des Einfrierens des Produktes, Rutschgefahr durch Eisbildung oder nasse Produkte auf den Straßen oder Wassermangel besteht.

Bei Be- und Entladevorgängen bedeutet BVT die Austrittsgeschwindigkeit und die freien Fallhöhen des Produktes zu minimieren; siehe Abschnitte 4.4.5.6 beziehungsweise 4.4.5.7. Die Minimierung der Austrittsgeschwindigkeit kann durch die folgenden Techniken, die BVT darstellen, erreicht werden:

- Einbau von Umlenklechen in Beladerohren
- Anwendung eines Beladepfopes am Ende des Rohres oder Schlauches zur Regulierung der Austrittsgeschwindigkeit
- Anwendung einer Kaskade (z.B. eines Kaskadenschlauches oder einer Kaskadenschurre)
- Sicherstellung minimaler Neigungswinkel, z.B. mit Rutschen.

Zur Minimierung der freien Fallhöhen des Produktes, sollte der Auslass eines Entladers bis zum Boden des Laderaumes oder bis zum aufgeschütteten Material reichen. Ladetechniken die dazu in der Lage sind und BVT darstellen sind:

- höhenverstellbare Beladerohre
- höhenverstellbare Verladeschläuche und
- höhenverstellbare Kaskadenschläuche.

Diese Techniken sind BVT, außer beim Be- und Entladen nicht staubender Produkte, für die die freie Fallhöhe nicht so entscheidend ist.

Optimierte Schütttrichter sind verfügbar und sind in Abschnitt 4.4.6.7 beschrieben.

### 5.4.2. Berücksichtigung von Transport- und Umschlagetechniken

#### Greifer

BVT, bei der Anwendung eines Greifers, entspricht dem Beachten des in Abschnitt 4.4.3.2 dargestellten Entscheidungsdiagrammes und dem Verbleib des Greifers im Trichter für eine ausreichend lange Zeit nach dem Materialabwurf.

BVT für neue Greifer entspricht der Anwendung von Greifern mit den folgenden Kennzeichen (siehe Abschnitt 4.4.5.1):

- geometrische Form und optimale Ladekapazität
- das Greifervolumen sollte immer höher sein, als das durch die Grabkurve angegebene Volumen
- die Obefläche ist glatt, um Anhaftungen zu vermeiden und
- gute Schließfähigkeit im Dauerbetrieb.

## Förderer und Übergaberutschen

Für alle Arten von Materialien, bedeutet BVT die Rutschen zwischen den Förderaggregaten derart auszuführen, dass die Rieserverluste minimiert werden. Ein Modellierverfahren zur Erzeugung detaillierter Ausführungen für neue und bestehende Übergabestellen ist verfügbar. Weitere genauere Informationen sind in Abschnitt 4.4.5.5.

Für nicht oder kaum staubende Produkte (S5) sowie mittel staubende, befeuchtbare Produkte (S4), besteht BVT in der Anwendung von offenen Bandförderern und zusätzlich, je nach lokalen Gegebenheiten, einer oder einer geeigneten Kombination der folgenden Techniken:

- seitlicher Windschutz, siehe Abschnitt 4.4.6.1
- Wasserberegnung und -bedüsung an Übergabestellen, siehe Abschnitte 4.4.6.8 und 4.4.6.9, und/oder
- Reinigung von Förderbändern, siehe Abschnitt 4.4.6.10.

Für stark staubende Produkte (S1 und S2) und mittel stark staubende, nicht befeuchtbare Produkte (S3), sind BVT für neue Anlagen:

Anwendung geschlossener Förderer, oder solcher Typen, bei denen das Band selbst oder ein zweites Band das Fördergut einschließt (siehe Abschnitt 4.4.5.2), wie z.B.:

- Pneumatische Förderer
- Trogkettenförderer
- Schneckenförderer
- Schlauchgurtförderer
- Schlaufengurtförderer
- Doppelgurtförderer

oder die Anwendung geschlossener Förderbänder ohne Stützrollen (siehe Abschnitt 4.4.5.3), wie z.B.:

- luftgetragene Bänder
- Förderer mit niedrigen Reibungswiderstand
- Förderer mit Diabolos.

Die Art des Förderers hängt von den zu transportierenden Substanzen sowie den Standortbedingungen ab und muss im Einzelfall bestimmt werden.

Für bestehende konventionelle Förderer zum Transport stark staubender Produkte (S1 und S2) und mittel stark staubender, nicht befeuchtbare Produkte (S3), besteht BVT in der Anwendung einer Einhausung; siehe Abschnitt 4.4.6.2. Bei Anwendung einer Absaugung bedeutet BVT die Filtrierung der Abluft; siehe Abschnitt 4.4.6.4.

BVT, um den Energieverbrauch von Bandförderern zu senken (siehe Abschnitt 4.4.5.2), entsprechen der Anwendung:

- einer guten Ausführung des Bandförderers, einschließlich der Stützrollen und Rollenabstände
- genauer Einbautoleranzen, und
- einem Band mit geringem Rollwiderstand.

Siehe Anhang 8.4 für die Staubneigungsklassen (S1 – S4) der festen Schüttgüter.





## 6. EMERGING TECHNIQUES

### 6.1. Handling of solids

#### 6.1.1. Screw conveyor

**Description:** The screw conveyor considered here is a continuous ship unloader with a screw pick-up device and a conveyor shaft. The unloading is done horizontally or by slewing the beam. The discharge is carried out layer by layer. The material is picked up by a digging screw, conveyed through a pipe screw and delivered at the top to the conveyor shaft. The screw has a length of 4 m, so the need for intermediate storage is negligible. The digging heads stick into the material, so dust emissions are prevented.

The conveyor shaft consists of four conveyor belts (gate belt, cover belt and two lateral top belts) which form a closed shaft. The gate belt and cover belt are separately driven at the same velocity (1 m/s). The gates are made of metal, but high-molecular plastics are also possible. The bulk material slides over the sloping gates on the boom belt. The transfer points are fitted with air extractors or have rubber lips in order to minimise dust emissions.

In order to trim the remaining material, additional equipment can be fixed to the screw pick-up or a grab can be used.

The maximum throughput capacity is 1000 - 1200 tonnes per hour, but capacities of 2000 tonnes per hour can probably be achieved in future. The minimum throughput capacity is 300 tonnes per hour.

#### **Advantages:**

- not noisy, not dusty, low weight
- relatively low specific energy consumption (use of gate belt conveyor as vertical conveyor)
- compact construction by combination of screw conveyor and gate belt
- simple gravity unloading
- no intermediate storage needed
- can also be used for the loading of ships.

#### **Disadvantages:**

- so far used only as a prototype in the port of Nürnberg
- additional equipment needed for trimming remaining material
- suitable only for ships with wide hatches.

**Applicability:** This technique is especially suitable to unload river ships that transport coal to a power station with a port connection. The following options are available for existing plants:

- to replace a grab unloader by a screw conveyor so a higher unloading capacity can be achieved without increasing the load on the quay
- to expand an existing transshipment plant by a screw conveyor; the ship unloading goes faster and dust emissions are reduced.

Suitable bulk materials consist of dry and fine particles, especially coal, but also grain and fertilisers.

**Reference plant:** Until now this technique has been used (and with success) only in the port of Nürnberg to unload coal.

**Economics:** The investment depends on the ship size, the water height, the lifting height of the device and the dimensions of the quay.

The operating costs can be estimated at 2 to 3 %, but have to be specified for the individual case.

**Cross-media effect:** The energy consumption for the vertical conveyance only is 0.0088 kWh per tonne at a given lifting height of 1 metre. For all the driven equipment, the energy consumption for coal is estimated at 0.02 kWh per tonne over 1 metre, 0.037 kWh per tonne over 1 metre for zinc ore concentrate and 0.047 kWh per tonne over 1 metre for lead ore concentrate.

**Reference literature:** [17, UBA, 2001].

### 6.1.2. Low-dust dock transshipment containers without negative pressure extraction

**Description:** The intake opening of the transshipment container is fitted with laminas. As the loaded grab enters the opening, the air thereby displaced is recirculated to the emptied grab. Hence negative pressure is automatically generated in the container by the bulk material as it is offloaded into a truck. The underpressure prevents dust escaping through any gaps in the seal between the grab and the intake opening. The material can thus be transferred from the grab to the container without the release of dust and without any additional energy input.

It is intended to fit the transshipment container with a height adjustable discharge pipe, so that the dump height is continually adjusted to the changing height of the material pile on the truck loading bed. The discharge pipe will be double walled, so that displaced air – particularly when filling tankers – can be returned to a recirculation pipe. The displaced air is hence channelled back to the transshipment container. Due to the properties of the material (in this case fertilisers), all parts in direct contact with the material are made of stainless steel.

The low-emission transshipment containers (e.g. hoppers) that are currently on the market are very expensive. They are equipped with air extraction and filter systems and have a high energy consumption. There is an unmet need for technologically appropriate transshipment containers within the price range of small and medium-sized enterprises that operate with low/no energy requirements and have a minimum dust emission. For this reason the dock transshipment container (bulk carrier) described above is being developed for fertilisers, designed to minimise diffuse emissions without any additional energy input. The development is sponsored by the Bundesstiftung Umwelt (National Environment Foundation).

**Advantages:** It is anticipated that diffuse emissions will be minimised by optimisation of the best currently available technologies (transshipment containers with high side panels, negative pressure extraction and dust traps). The key advantage would lie in a 100 % reduction in the energy requirement compared to currently available techniques.

Investment and operating costs are projected below those of available handling hoppers (with comparable dust reduction capability), as no dust precipitator is required and no additional energy costs have to be considered.

**Applicability:** This system is being developed initially for handling fertilisers in medium-sized enterprises. Applications are anticipated for this technology in handling other free-flowing bulk materials.

**Reference literature:** [17, UBA, 2001]

### 6.1.3. Screw conveyor for non-ferrous ores and concentrates

**Description:** Copper ores and concentrates and other non-ferrous ores and concentrates, especially lead and zinc, are at present handled with grabs. Due to their properties (toxic constituents such as cadmium), the handling process needs to be further optimised by the development of improved pick-up devices.

Investigations have indicated that enclosed, continuous (on/off) loaders such as screw conveyors represent one possible solution. Trial runs with zinc and lead concentrates have already been carried out with a combined screw pick-up conveyor and vertical belt conveyor shaft.

The tendency of the concentrates to cake is problematic. This can result in deposition and ultimately blockages in the screw conveyor. More research is therefore required to identify a more suitable structural or coating material for the screw.

**Reference literature:** [17, UBA, 2001]



## 7. SCHLUSSBEMERKUNGEN

### 7.1. Zeitablauf der Arbeit

Die Arbeit an diesem BREF Dokument begann mit der ersten Hauptversammlung des TWG im Dezember 1999. Ein partieller erster Entwurf, der die Aufbewahrung, den Transport von und den Umgang mit Flüssigkeiten und Flüssiggasen behandelte, wurde im Mai 2001 an den TWG zur Beratung gesandt. Der Teil, der die Aufbewahrung und den Umgang mit Feststoffen behandelt, wurde im September 2001 an den TWG zur Beratung gesandt. Kommentare wurden bewertet und in das Dokument integriert, und ein kompletter zweiter Entwurf, der Vorschläge für BVT Beschlüsse enthielt, wurde im Juli 2003 ausgesandt. Die abschließende Hauptversammlung des TWG wurde im Mai 2004 gehalten. Nach der abschließenden Versammlung gab es kurze Beratungszeiten für das überholte BVT Kapitel, die überholten Kapitel 1 bis 4, den einleitenden Abschnitt über Vorgehensweisen im Kapitel 5, das Kapitel der abschließenden Bemerkungen und die exekutive Zusammenfassung. Anschließend an diese Beratungen fand die Ausarbeitung des endgültigen Entwurfs statt.

### 7.2. Informationsquellen

Mehrere Berichte der Industrie und von Behörden in den Mitgliedsstaaten wurden als Informationsquellen für die Verfassung dieses BREF benutzt. Die von TETSP [84, TETSP, 2001, 113, TETSP, 2001] und Deutschland [18, UBA, 1999] vorgelegten Berichte können als Hauptbeiträge für die Abschnitte über Tanks angesehen werden. TETSP entwickelte und stellte eine Methode zum Bewerten von Emissionskontrollmaßnahmen zur Verfügung. Für die Aufbewahrung von verpackten gefährlichen Materialien wurden bereits existierende Richtlinien von den Niederlanden [3, CPR, 1984, 8, CPR, 1991] und dem Vereinigten Königreich [35, HSE, 1998, 36, HSE, 1998] erhalten, und für die Aufbewahrung in Höhlen wurde ein Grossteil der Informationen von der Industrie erhalten, nämlich von Neste [81, Neste Engineering, 1996] und Geostock [150, Geostock, 2002]. Der von Deutschland [17, UBA, 2001] vorgelegte Bericht ist der Eckstein für die Aufbewahrung und den Umgang mit Feststoffen, zu dem Informationen von den Niederlanden [15, InfoMil, 2001, 164, DCMR, 2003], der Industrie [74, Corus, 2002] und von Lieferanten hinzugefügt wurden. Zu diesen Berichten, Richtlinien und zusätzlichen Informationen wurden Informationen hinzugefügt, die während Zusammenkünften, gewöhnlich in Zusammenhang mit Anschauungsbesuchen vor Ort in Spanien, Finnland, den Niederlanden, Deutschland, Belgien, dem Vereinigten Königreich und Frankreich, erhalten wurden. Die formellen Beratungen über Entwürfe dieses Dokuments veranlassten die Vorlage von neuen und zusätzlichen Informationen und gaben dem TWG die Möglichkeit bereits vorgelegte Informationen zu überprüfen.

### 7.3. Erreichter Grad der Übereinstimmung

Auf der letzten Hauptversammlung im Mai 2004 wurden die Ergebnisse dieser Arbeit beschlossen und für die meisten Themen wurde Übereinstimmung erzielt. Die folgenden Hauptthemen wurden in der Abschlussversammlung diskutiert:

- Die Bewertungsmethodik (ECM Methode) im Gegensatz zu konkreten BVT Beschlüssen
- Die Überwachung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
- Dichtungssysteme für innere Schwimmdecken und Schwimmdächer
- Abgasreinigung und Gaspendingelung für Tankemissionen
- Abgasreinigung und Gaspendingelung für Tankemissionen beim Be- und Entladen
- Risikobasierter Ansatz wegen Bodenemissionen von Tanks
- Vermeidung von Staubemissionen bei lang- und kurzzeitiger Außenlagerung
- Besprühen von Straßen und während Be- und Entladeaktivitäten
- Fallhöhe und -geschwindigkeit von Feststoffen während Be- und Entladeaktivitäten

In der Diskussion über die Bewertungsmethodik, schlug TETSP vor, dass die detaillierten BVT Beschlüsse durch die Aussage ersetzt werden sollten, dass BVT durch Anwendung der Bewertungsmethodik bestimmt werden kann, und zwar aufgrund der Tatsache, dass fast alle Tanks verschieden sind in Bauweise, Inhalt, Standort, etc. Nach Meinung einiger anderer TWG Mitglieder ist es nicht angebracht, die Bewertungsmethodik zur Bestimmung von allgemeinem BVT anzuwenden. Auf der Abschlussversammlung stimmte der TWG darin überein, dass die im BREF gegebenen BVT Beschlüsse klare Beschreibungen von Techniken oder Herangehensweisen sein sollten und dass die Bewertungsmethodik im Kapitel 4 beschrieben werden sollte, mit einem einleitenden Abschnitt im Kapitel 5. Es wurde eindeutig erklärt, dass die Methodologie an sich keine BVT darstellt. Sie kann jedoch als Hilfsmittel für Genehmigungserteiler und Betreiber benutzt werden, um die in Kapitel 4 beschriebenen Emissionskontrollmaßnahmen ECM, für die allgemeine BVT-Werte im Kapitel 5 berichtet werden, zu beurteilen, um so zu bestimmen, welche ECM oder welche Kombination von ECM, die die allgemeinen BVT-Werte erreicht oder übertrifft, für die Lagerung von Flüssigkeiten oder verflüssigten Gasen in einer bestimmten Situation am besten geeignet ist. Einige Mitgliedstaaten drückten vor und während der abschließenden TWG Versammlung schriftlich und mündlich schwere Bedenken über die vorgeschlagene Bewertungsmethodik aus. Dies führte zu einer gespaltenen Ansicht der Methode im Kapitel 5.

Nach der zweiten Versammlung wurden der neue Abschnitt in Kapitel 4 über die Bewertungsmethodik zusammen mit den geäußerten Bedenken über diese Methodik und der einleitende Abschnitt im Kapitel 5 dem TWG vorgelegt, um zu ermitteln, ob die Änderungen die Diskussion widerspiegeln, die in der Abschlussversammlung stattgefunden hatte. Die Mehrheit des TWG stimmte zu, dass die Änderungen die Diskussion in der Versammlung widerspiegeln. Einige Mitgliedstaaten stimmten jedoch nicht zu, da ihrer Meinung nach ihre Kommentare nicht angemessen und vollständig berücksichtigt worden waren und wollten den einleitenden Paragraphen des Kapitels 5 entfernt und ihre Bedenken über die Methode in Kapitel 4 wörtlich wiederholen. Der EIPPCB hat jedoch die Verantwortung, Informationen und Ansichten für gültig zu erklären und sie in den BREF einzuarbeiten, indem er objektive Tatsachen berichtet, und er muss sich der Folgerichtigkeit des BREF versichern. Aus diesem Grund kann nicht akzeptiert werden, dass ein eingereichter Text wortwörtlich im BREF wiederholt wird, außer wenn es sich um eine gesplante Ansicht handelt. Die gesplante Ansicht über die Bewertungsmethodik ist wie folgt:

„Es gibt eine gesplante Ansicht einiger Mitgliedstaaten, dass die ECM Methodik ihrer Ansicht nach weder praktisch noch angebracht ist, um BVT zu bestimmen. Insbesondere ist es so, dass die Methodologie

- keine BVT ist (und darüber bestand Einigkeit in der TWG); Außerdem entspricht die Methodologie nicht den Anforderungen an BVT gemäß dem Dokument „BREF-Outline and Guide“.
- bisher von den Zulassungsbehörden noch nicht in der Praxis getestet worden ist;
- keine europäischen oder sektoralen Schlussfolgerungen über BVT für Stoffe mit bestimmten Eigenschaften ermöglicht; und
- keine Möglichkeit zum Harmonisieren von BVT in Europa bietet.“

Eine weitere gesplante Ansicht, berichtet und unterstützt von drei Mitgliedstaaten, über den BVT Beschluss über die Überwachung von VOC Emissionen, ist die Tatsache, dass DIAL als Instrument zum Messen von VOC Emissionen gebraucht werden kann, und dies ist nicht speziell in den Beschlüssen erwähnt. Die Schlussfolgerungen zu BVT in Kapitel 5 ist dass: „An Standorten, wo signifikante VOC-Emissionen zu erwarten sind, umfasst eine BVT das regelmäßige Berechnen der VOC-Emissionen. Die Gültigkeit des Berechnungsmodells muss möglicherweise gelegentlich durch Messung überprüft werden. Siehe Abschnitt 4.1.2.2.3.“ Nur in diesem Abschnitt 4.1.2.2.3 wird auf DIAL Bezug genommen.



Die letzten drei identischen gespaltenen Ansichten kommen von der Industrie und betreffen drei sich ähnelnde BVT Beschlüsse, die aussagen, dass BVT bedeutet, Abgasreinigungseinrichtungen für die Lagerung flüchtiger Substanzen die toxisch (T), sehr toxisch (T+) oder CMR Kategorien 1 und 2 sind, zu benutzen. Dieses BVT ist relevant für folgende verschiedene Tankarten, nämlich Festdachtanks, mit der Außenluft verbundene horizontale Tanks, unterirdische Tanks und in Erdwällen sitzende Tanks. Ihrer Meinung nach, kann diese Vorgehensweise aus den folgenden Gründen nicht BVT-gemäß sein:

- a) weil es in diesem BREF-Dokument keine Definition für „flüchtig“ gibt;
- b) weil es keinen Test für umweltrelevante Signifikanz gibt;
- c) weil Stoffe, die umweltgefährdend sein könnten, aber nicht als toxisch klassifiziert sind, nicht erfasst werden;
- d) weil sich zeigen lässt, dass andere Emissionskontrollmaßnahmen einen höheren Grad an Umweltschutz bieten können, wenn man die Kosten und Vorteile der verschiedenen Techniken berücksichtigt;
- e) weil es keine allgemein anerkannten Leistungskriterien für eine Abgasreinigungseinrichtung gibt;
- f) weil diese Lösung nicht die Kosten oder Vorteile anderer Techniken berücksichtigt;
- g) weil diese Lösung nicht flexibel genug ist, um die technischen Eigenschaften und die geografische Lage der jeweiligen Installation sowie die örtlichen Umweltbedingungen zu berücksichtigen; und
- h) weil in dieser Schlussfolgerung die Verhältnismäßigkeit nicht berücksichtigt ist.

Den anderen 110 BVT Beschlüssen wurde vom TWG zugestimmt, und keine weiteren gespaltenen Ansichten wurden berichtet. Besonders zum Thema Lagerung und Umgang mit Feststoffen stimmte der TWG allen BVT Beschlüssen zu. Es kann deshalb gefolgert werden, dass insgesamt ein hoher Grad von Übereinstimmung erzielt wurde.

Auf der Versammlung des Informationsaustauschforums (IEF) vom 20-21 Dezember 2004 wurde jedoch beschlossen, die folgende allgemeine gespaltenen Ansicht hinzuzufügen: „Einige Mitgliedstaaten sind mit dem BVT-Schlussfolgerungen in Kapitel 5 nicht einverstanden, weil aus ihrer Sicht zu viel Gewicht auf das Festlegen von BVT im jeweiligen Einzelfall auf lokaler Ebene gelegt wird. Aus ihrer Sicht enthält das BREF-Dokument keine klaren europäischen BVT-Schlussfolgerungen, die stärker zur Harmonisierung von Normen auf europäischer Ebene beitragen würden. Sie würden es insbesondere bevorzugen, wenn solche Normen auf dem Gefährdungspotenzial und der verwendeten Materialmenge basierten.“

## 7.4. Empfehlungen für künftige Arbeiten

Seit dem Beginn dieses BREF Prozesses war es eindeutig, dass die Annahme und Benutzung eines Klassifizierungssystems für die Entwicklung dieses BREF eine Vereinfachung darstellen würde, da er sich mit der Lagerung aller gefährlichen Stoffe in einer weit gefächerten Industrie, die in den Geltungsbereich der IPPC Richtlinie fällt, befasst. Europa hat jedoch kein standardisiertes Klassifizierungssystem für Luftschadstoffe. Obwohl Deutschland und die Niederlande Beispiele für Klassifizierungssysteme vorlegten, die in diesen Ländern benutzt werden, hatte der TWG keinen Erfolg, zu einer generellen Übereinstimmung darüber zu kommen, wie diese Informationen in Bezug auf die Lagerung von Flüssigkeiten und Flüssiggasen benutzt werden könnten. Das Klassifizierungssystem für Ausbreitungsklassen von Feststoffen, das in den Niederlanden benutzt wird, wurde jedoch für den Gebrauch in diesem BREF angenommen, was die Diskussion und Entwicklung von BVT Beschlüssen bedeutend vereinfachte.

Während es den Geltungsbereich eines BREF-Merkblatts übersteigen würde, ein allgemein anerkanntes Klassifizierungssystem für Luftschadstoffe zu erstellen, würde ein solches System bedeutenden Wert für die Entwicklung von BVT für Emissionen aus der Lagerung haben. Solch ein System wäre sehr hilfreich beim Feststellen, wann eine Emission als „signifikant“ betrachtet werden kann, da dies von der emittierten Menge im Verhältnis zu den Eigenschaften des Stoffes abhängt. Dies ist ein Beispiel dafür, weshalb dieser TWG nicht zu einer generellen Übereinstimmung über BVT Beschlüsse, bezüglich welcher Emissionen die Anwendung von Abgasreinigung eine BAT darstellt, kommen konnte. Obwohl es anerkannterweise ein kompliziertes und zeitaufwändiges Unterfangen wäre, wird der DG Umwelt empfohlen, eine solche Initiative in Betracht zu ziehen.

Während der Entwicklung dieses BREF-Dokuments wurde deutlich, dass sich die Lagerung und der Umschlag von Flüssigkeiten und Flüssiggasen deutlich von der Lagerung und dem Umschlag von Feststoffen unterscheiden und demzufolge unterschiedliches Fachwissen erfordern. Bei der neuerlichen Ansicht dieses BREF-Dokuments ist es empfohlen, diese Themen zu trennen, um produktivere Besprechungen und einen wirkungsvolleren Austausch von Informationen zu fördern.

In diesem TWG konnte keine Übereinstimmung darüber erlangt werden, wie Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) überwacht werden könnten und wie dies überprüft werden könnte. Normalerweise werden diese Emissionen berechnet und das Berechnungsmodell kann überprüft werden, indem eine Messmethode angewandt wird, wie zum Beispiel DIAL. DIAL wird in Schweden allgemein für die Überwachung von Emissionen aus Tanks in Raffinerien und Ölterminalen angewandt, die Kohlenwasserstoffprodukte enthalten. Für die neuerliche Ansicht dieses BREF-Dokumentes wird empfohlen, zusätzliche Informationen über die Überwachung von VOC Emissionen zu sammeln.

In Abschnitt 4.1.6.1.5 wird die Risikomethode für die Bestimmung von Bodenemissionen unterhalb von Tanks behandelt, und der TWG stimmte zu, dass dieser Ansatz eine BVT darstellt. Es wurde jedoch in der abschließenden Besprechung generell anerkannt, dass es höchst ratsam wäre, die Vorgehensweisen, die in Tabelle 4.5 genannt ist, neu zu bewerten, die in , wo die Techniken zur Verhinderung oder Verringerung von Emissionen aufgeführt sind, genannt werden. In der Praxis ist dies ein Gesuch an die Niederlande, da dieser Ansatz und die Tabelle beide von ihnen beigesteuert wurden.

Der derzeitige Text in Abschnitt 4.2.8 über das Be- und Entladen von Transportern wurde von TETSP nach der abschließenden Besprechung eingereicht, und deshalb waren die Möglichkeiten für eine Überprüfung durch den ganzen TWG beschränkt. Während und nach der Besprechung konnte keine allgemeine Zustimmung über den BVT Beschluss zu diesem Thema erlangt werden. Es wurde jedoch erkannt, dass das Be- und Entladen von Transportern eine mögliche Emissionsquelle darstellt, die beurteilt werden sollte.

Der TWG erkennt an, dass die Bewertungsmethodik, die in Abschnitt 4.1.1 beschrieben wird, nicht in der Praxis von den genehmigenden Behörden getestet worden ist. Es wird daher empfohlen, dass die Rückkopplung, besonders von den genehmigenden Behörden, über den Gebrauch dieser Methode für eine neuerliche Ansicht dieses BREF gesammelt wird.

### **7.5. Für künftige FuE-Projekte vorgeschlagene Themen**

Die Europäische Kommission lanciert und unterstützt über ihre FTE-Programme eine Reihe von Projekten, die sich mit sauberen Technologien, mit in Entwicklung befindlichen Technologien im Bereich der Aufbereitung von Ableitungen sowie mit Recyclingtechnologien und Managementstrategien befassen. Diese Projekte könnten einen sinnvollen Beitrag zu künftigen Überarbeitungen des BVT-Merkblatts leisten. Die Leser werden daher ersucht, das EIPPCB über eventuelle Forschungsergebnisse, die für den Anwendungsbereich dieses Dokuments relevant sind, zu unterrichten (siehe auch das Vorwort dieses Dokuments).

Die folgenden Themen könnten für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte in Betracht gezogen werden:

- wirtschaftliche Messmethoden für VOC Emissionen
- geschlossenen Transportsysteme.

---

**REFERENZEN**

- 1 CPR (1993). "CPR 9-1: Vloeibare aardolieprodukten; ondergrondse opslag in stalen tanks en afleverinstallaties voor motorbrandstof, opslag in grondwaterbeschermingsgebieden", vijfde druk.
- 3 CPR (1984). "CPR 9-3: Vloeibare aardolieprodukten; bovengrondse opslag grote installaties".
- 6 CPR (1992). "CPR 15-3E: Storage of pesticides in distribution and related enterprises (in excess of 400 kg.)", first edition.
- 7 CPR (1992). "CPR 15-1E: Storage of packaged hazardous materials; storage of liquids and solids (0-10 tons)", first edition.
- 8 CPR (1991). "CPR 15-2E: Storage of packaged hazardous materials, chemical waste and pesticides; storage of large quantities", first edition.
- 15 InfoMil (2001). "NeR; Netherlands Emission Regulations".
- 16 Concawe (1995). "VOC emissions from external floating roof tanks: comparison of temote measurements by laser with calculation methods.", 95/52.
- 17 UBA, G. (2001). "Emissions from dusty bulk materials", FKZ 299 94 304.
- 18 UBA, G. (1999). "draft BAT on Emissions from storage of dangerous substances", BATGer.doc, Draft E8.
- 24 IFA/EFMA (1992). "handbook for the safe storage of ammonium nitrate based fertilizers".
- 25 IFA/EFMA (1990). "Recommendations for safe storage and handling of wet process phosphoric acid".
- 26 UNIDO-IFDC (1998). "Transportation and Storage of Ammonia", Fertilizers Manual.
- 28 HMSO (1990). "Bulk Storage Installations", Process Guidance Note IPR 4/17.
- 35 HSE (1998). "Chemical warehousing; the storage of packaged dangerous substances", HSE Books, 0 7176 1484 0.
- 36 HSE (1998). "The storage of flammable liquids in containers", HSE Books, 0 7176 1471 9.
- 37 HSE (1998). "The storage of flammable liquids in tanks", HSE Books, 0 7176 1470 0.
- 41 Concawe (1999). "draft BAT Storage for Crude Oil".
- 43 Austria, U. (1991). "Austrian legislation", Bundesgesetzblätter für die Republik Österreich.
- 45 Vlaanderen "Vlaamse Reglementen I and II: Besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaamse reglement betreffende de milieuvergunning en algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiene.", relevante milieuwetgeving in Vlaanderen.
- 50 EuroChlor (1993). "Pressure Storage of Liquid Chlorine", GEST 72/10 8th edition.
- 51 EuroChlor (1996). "Low pressure storage of liquid chlorine", GEST 73/17 5th edition.

- 52 Staatliches Umweltamt Duisburg (2000). "Stand der Technik zur Emissionsminderung beim Umgang mit staubenden Gütern."
- 58 KWS2000 (1991). "Efficiente seals voor uitwendig drijvende daken (EFR)", Factsheet KWS2000.
- 66 EPA (1997). "Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Fifth Edition, Volume I Stationary Point and Area Sources; Chapter 7, Liquid Storage Tanks, Supplement D", [www.epa.gov/ttn/chief/ap42.html](http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42.html).
- 74 Corus (2002). "Comments on first draft BREF, solids part", personal communication.
- 78 DCMR Milieudienst Rijnmond (1995). "Onderzoek naar nieuwe stofbestrijdingstechnieken", ROM Project D.7.2.
- 79 BoBo (1999). "Richtlijn bodembescherming, eindrapport richtlijn bodembescherming voor atmosferische bovengrondse opslagtanks.", EBB/juli 1999.
- 81 Neste Engineering (1996). "Neste. Underground caverns, oil storage technology, implementation and operations expert.", VAT NO FI15406185.
- 84 TETSP (2001). "Best Available Techniques Reference Document on Emissions from Storage, Version TETSP".
- 86 EEMUA (1999). "Guide for the prevention of bottom leakage from vertical, cylindrical, steel storage tanks", Publicationnr. 183 : 1999.
- 87 TETSP (2001). "Input TETSP.doc", personal communication.
- 89 Associazione Italiana Technico Economica del Cemento (2000). "The best available techniques for stockpiling raw materials, clinker, cement, fuels and wastes for material or energy recovery in plants for the production of hydraulic binder".
- 91 Meyer and Eickelpasch (1999). "Konstruktionsmethodik für minimale freie Oberflächen bei Verarbeitung, Transport und Lagerung von Schüttgütern", Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 3-89701-288-X.
- 110KWS2000 (1992). "Inwendige drijvende dekken: constructie", 12.
- 113TETSP (2001). "Comments draft May 2001 and August 2002".
- 114UBA (2001). "Comments draft 1 liquid, copies for 6a-d".
- 116Associazione Italiana Commercio Chimico (2001). "Draft Best Available Techniques Reference Document on Emissions from Storage of the Chemical Distribution".
- 117Verband Chemiehandel (1997). "Leitfaden zur sicheren Lagerung von Chemikalien im Chemiehandelsbetrieb".
- 118RIVM (2001). "SERIDA - Safety Environmental Risk DAtabase", <http://www.rivm.nl/serida/>.
- 119EIPPCB (2001). "Best Available Techniques Reference Document on the Intensive Rearing of Poultry and Pigs, Draft Dated July 2001".

- 120VROM (1999). "Safety policy for companies with large amounts of dangerous substances; The Seveso II Directive and the Hazards of Major Accidents Decree 1999", The Hazards of Major Accidents Decree 1999.
- 121CIWM (1999). "PROTEUS", <http://www.riskanalysis.nl/proteus/>.
- 122JPM Ingenieurstechnik GMBH (2002). "Studie Tassentanks, Informationsunterlagen", personal communication.
- 123Provincie Zeeland (2002). "Verslag bezoek aan terminal van Oiltanking te Gera (D)", personal communication.
- 124Oiltanking (2002). "CPR 9-3 versus TRbF, veiligheidsaspecten van ringmanteltanks", 3312001.
- 125Oiltanking (2002). "Fixed roof tank with cup-tank", personal communication.
- 126Walter Ludwig (2001). "Double skin tanks with bottom outlet".
- 127Agrar (2001). "IVA-Leitlinie, Sichere Lagerung von Pflanzenschutz- und Schadlingsbekämpfungsmitteln".
- 129VROM and EZ (1989). "Milieubedrijfstakingstudie, hoofdstuk 5".
- 130VROM (2002). "Proposal for Chapter 5 BAT-Document ' Emissions from Storage'", personal communication.
- 131W-G Seals Inc. (2002). "W-G Seals, Inc.", <http://ww.ctcn.net/~wgseals/index.htm#home>.
- 132Arthur D. Little Limited (2001). "MBTE and the Requirements for Underground Storage Tank Construction and Operation in Member States, A Report to the European Commission", ENV.D.1/ETU/2000/0089R.
- 133OSPAR (1998). "OSPAR Recommendation 98/1 concerning BAT on Best Environmental Practice for the Primary Non-Ferrous Metal Industry (Zinc, Copper, Lead and Nickel Works)", 98/14/1-E, Annex 41.
- 134Corus (1995). "Combats dust from open sources".
- 135C.M. Bidgood and P.F. Nolan (1995). "Warehouse fires in the UK involving solid materials", J. Loss Prev. Process Ind.
- 137suppliers information (2002). "Extending the Scope of Continuous Vertical Conveyor Systems by Employing Steel and Aramid High-Strength Tension Members", Bulk solids handling.
- 138suppliers information (2001). "Space-Restricted In-Plant Bulk Solids Elevating", Bulk solids handling.
- 139suppliers information (2001). "Limestone and Gypsum Handling Using the New Pipe Conveyor", Bulk solids handling.
- 140suppliers information (2001). "Energy Efficient Belt Conveyor at BHP Gregory/Crinum", Bulk solids handling.
- 141suppliers information (2001). "The Waihi Gold Mine Materials Handling Plant Upgrade", Bulk solids handling.

- 142 Martin Engineering (2001). "Transfer Chute Design for Modern Materials Handling Operations", Bulk solids handling.
- 143 suppliers information (2001). "Druckstossfeste Siloanlage", Schuttgut.
- 145 Hoerbicher (2001). "Effizienter Explosionsschutz mit Entlastungsventilen", Schuttgut.
- 147 EIPPCB (2002). "Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector".
- 148 VDI-Verlag, G. (1994). "VDI-Lexikon Umwelttechnik / hrsg. von Franz Joseph Dreyhaupt", Lexikon Umwelttechnik.
- 149 ESA (2004). "Sealing technology - BAT guidance notes", ESA Publication No. 014/07 - draft 7.
- 150 Geostock (2002). "Revision to the sections on caverns and salt domes provided by Geostock".
- 151 TETSP (2002). "TETSP Leak Detection (13.9.02)".
- 152 TETSP (2002). "Transfer and handling of liquids and liquefied gases".
- 153 TETSP (2002). "Comparison of VOC Emission Recovery and Abatement Processes Described With Those Applicable For Gasoline Storage Tank Emission Control".
- 154 TETSP (2002). "Compatibility of ECMs for gas emissions (operational)".
- 156 ECSA (2000). "Storage and Handling of Chlorinated Solvents".
- 157 VDI (2001). "Emissionsminderung Raffinerieferne Mineralöltanklager", VDI 3479 entwurf.
- 158 EIPPCB (2002). "Reference document on the general principles of monitoring".
- 159 DCMR/VOPAK (2000). "Note of workshop '0-emission terminal'".
- 160 Sidoma Systeme GmbH (2003). "Double wall storage tank with monitored bottom discharge".
- 162 GRS Europe (2002). "Gas Recovery Systems Europe".
- 163 Cefic (2002). "Silos and hoppers".
- 164 DCMR (2003). "Proposal for BAT Reference document on Storage, Chapter V (BAT)".
- 166 EEMUA (2003). "Users' guide to the inspection, maintenance and repair of aboveground vertical cylindrical steel storage tanks, (EEMUA 159)", 159.
- 175 TWG (2003). "Master Comments draft 2 Storage BREF".
- 176 EIPPCB Ineke Jansen (2004). "Background paper for second technical working group meeting, Sevilla 10-12 May 2004".
- 178 Länsstyrelsen Västra Götaland (2003). "Fugitive VOC-emissions measured at Oil Refineries in the Province of Västra Götaland in Wouth West Sweden", written by Lennart Frisch at consulting bureau Agenda Enviro AB, 2003:56.

179UBA Germany (2004). "German remarks/proposals/reasonings on the split views of the 2nd TWG meeting", personal communication.

180Netherlands (2004). "Views concerning the content of the final BREF", InfoMil, personal communication.

183EIPPCB (2004). "Conclusions of the 2nd TWG meeting on emissions from storage, 10, 11 and 12 May 2004", EC, personal communication.

184TETSP (2004). "Loading and unloading of transporters", personal communication.

185UBA Germany (2004). "Pictures of floating roofs, seals and diagrammes on efficiencies of floating roofs", personal communication.





## GLOSSAR

### Definition von Materialien

**Brennbarer Stoff:**

Ein Stoff, der auch nachdem die Zündquelle entfernt wurde, weiterhin eine Brennreaktion mit normal zusammengesetzter Luft und bei normalem Druck zeigt.

**Krebserzeugender Stoff:**

Ein Stoff, von dem bekannt ist, dass er bei Menschen Krebs erzeugt.

**Ätzender Stoff:**

Ein Stoff, der bei Berührung mit der Haut eine zerstörerische Wirkung auf das lebende Gewebe haben kann.

**Explosiver Stoff:**

Ein Stoff, der bei Berührung mit einer Flamme explodieren kann, oder der sensibler auf Stoß oder Reibung reagiert als Nitrobenzen.

**Reizender Stoff:**

Ein Stoff, der durch direkten, längeren oder wiederholten Kontakt mit der Haut oder Schleimhäuten eine Infektion verursachen kann.

**Leichtentzündlicher Stoff:**

Ein Stoff der:

- bei Kontakt mit der Umgebung unter normalen Temperaturbedingungen aufheizen kann bis er sich schließlich ohne Zusatz von Energie entzündet;
- in fester Form, unter der kurzzeitigen Wirkung einer Zündquelle leicht entzünden kann und weiter brennt oder glimmt nachdem die Zündquelle entfernt wurde:
- in flüssiger Form einen Flammpunkt unter 21°C hat;
- in Gasform unter normalen Druckbedingungen mit Lüft entzündet werden kann, oder
- bei Kontakt mit Wasser oder feuchter Luft, leichtentzündliche Gase in gefährlichen Mengen bilden kann (ein Stoff der leichtentzündliche Gase entwickelt, wenn er mit Wasser in Berührung kommt).

**Umweltschädlicher Stoff:**

Ein Stoff, der in Ökosystemen akute oder chronische Auswirkungen haben kann; die Klassifizierung umweltschädlicher Stoffe erfolgt gemäß den Vereinbarungen unter der Direktive 67/548/EWU.

**Mutagener Stoff:**

Ein Stoff, von dem bekannt ist, dass er die DNA-Struktur beeinflusst.

**Entzündlicher Stoff:**

Ein Stoff, der in flüssiger Form einen Flammpunkt von mindestens 21 °C und nicht höher als 55 °C hat.

**Oxidant:**

Ein Stoff der stark exotherm reagieren kann wenn er mit anderen Stoffen, insbesondere entzündlichen Stoffen, in Kontakt gebracht wird.

**Schädlicher Stoff:**

Ein Stoff, der durch Einatmen oder Aufnahme über den Mund oder die Haut eine Erkrankung begrenzter Art hervorrufen kann.

**Teratogener Stoff:**

Ein Stoff, von dem bekannt ist, dass er beim Menschen Missbildungen hervorrufen kann.

**Toxischer Stoff:**

Ein Stoff, der durch Einatmen oder Aufnahme über den Mund oder die Haut ernsthaft akute oder chronische Erkrankungen oder sogar den Tod verursachen kann.

Hochtoxischer Stoff:

Ein Stoff, der durch Einatmen oder Aufnahme über den Mund oder die Haut ernsthaft akute oder chronische Erkrankungen oder sogar den Tod verursachen kann.

Staubend (für feste Stoffe):

Die Fähigkeit, vom Wind verteilt zu werden

## Definitionen im Zusammenhang mit der Lagerung von Flüssigkeiten und verflüssigten Gasen

**Anschließen/Trennen:** Anschluss eines Transportsystems an einen Tank, Be- bzw. Entladen des Systems oder eines anderen Transportsystems über trennbare Anschlüsse (Spulenteile usw.). Mögliche Flüssigkeits- oder Gasverschüttungen bei der Herstellung oder beim Trennen der Verbindung.

**Befüllen:** Ein Flüssigkeitsstrom ersetzt den Dampfinhalt eines Systems.

**Betrieblich:** Emissionen, die bei normalbetrieblichen Aktivitäten entstehen. Frequenz, Volumina und Belastungen sind meistens im Voraus bekannt, oder sie können geschätzt und einige können geplant werden. Beim Setzen von Prioritäten und zur Bestimmung der geeignetsten emissionsmindernden Technik kann dies verwendet werden, um das beste Verhältnis von Investition gegenüber Wirksamkeit zu ermitteln. Flüchtige Emissionen und Druckentlastung werden als betriebliche Vorgänge angesehen, da sie unter normalen Betriebsbedingungen entstehen.

**Druckentlastung:** Eine Vorkehrung durch die ein flüssiges oder gasförmiges System gegen Überdruck gesichert wird, der durch Veränderungen in der Umgebungstemperatur (z.B. tagsüber) entstehen könnte, wobei etwas von dem flüssigen Inhalt in ein Sammelsystem abgegeben wird.

**(Ent)kopplung:** Anschluss eines Transportsystems an einen Tank oder anderes Be- oder Entladesystem (Flüssigkeits- oder Gasbehältersystem, z.B. Lastwagen, Schiffe, Isobehälter usw.) über speziell konstruierte Ladearme und/oder Schläuche. Mögliche Flüssigkeits- oder Gasverschüttungen bei der Herstellung oder beim Trennen der Verbindung.

**Entleeren:** Den flüssigen Inhalt eines Systems in ein Sammelsystem oder anderes Lagersystem entleeren, wodurch möglicherweise ein flüssiger Abfallstrom entsteht.

**Flüchtige Emissionen:** Gasförmige Emission aus Systemkomponenten (Pumpendichtungen, mechanische Dichtungen, allgemeine Dichtungen usw.), meistens durch Permeation des Gases über Schraubverbindungen.

**Füllungsfreier Raum:** Der Raum über dem Produkt in einem Lagertank.

**Leckage:** Verschüttung von flüssig- oder gasförmigem Inhalt eines Systems aufgrund von System-/Geräteversagen.

**Manuelle Füllstandsmessung:** Eine Methode zur Bestimmung der Flüssigkeitshöhe in einem Tank, meistens dadurch, dass ein Messband mit Gewicht durch die Öffnung im Tankdach herabgelassen wird.

Molch:	Das Herausschieben von Produkt- oder sonstigen Resten mittels eines rotationssymmetrischen Passkörpers aus einer Rohrleitung, mit dem Ziel keine Rückstände zu hinterlassen. Dabei wird der Passkörper mit einem Gas oder einer Flüssigkeit durch die Rohrleitung gepresst. Mögliche Flüssigkeits- oder Gasverschüttungen an der Systemöffnung.
Probenentnahme:	Entnahme eines kleinen repräsentativen Volumenanteils des flüssigen Inhalts eines Systems zwecks Prüfung. Erfolgt meistens dadurch, dass ein direkt mit dem Hauptsystem verbundenes Ventil geöffnet und Flüssigkeit in einem (halb) geschlossenen oder offenen Probenentnahmesystems gesammelt wird.
Reinigung:	Entfernen des flüssigen oder gasförmigen Inhalts eines System durch Ablassen, Spülen, Abkratzen, Ausdrücken usw. um das System auf Wartungs-/Inspektionsmaßnahmen oder für die Aufnahme anderer Produkte vorzubereiten. Verursacht meistens einen (kleinen) Flüssigabfallstrom.
Ruhende Lagerung:	Das Produkt wird im Tank weder umgewälzt noch ein- oder ausgepumpt.
Spülen:	Austausch des gasförmigen Inhalts eines Systems durch Luft oder Edelgase.
Störfälle:	Emissionen aufgrund von Störfällen sind solche, die durch das Versagen von Schutzsystemen und/oder durch menschliches Versagen entstehen. Mengen und Häufigkeiten können dabei nicht vorhergesagt werden, und es können nur dämpfende Maßnahmen bereitgestellt werden.
Tankatmung (Entweichung):	Durch Änderung der Umgebungstemperatur verursachte gasförmige Emission; üblicherweise die tagsüber auftretende Erwärmung des Tankinhaltes (Entweichen durch volumenmäßige Zunahme des Gases und Verdampfung von Flüssigkeit). Einatmung (Ansaugen) aufgrund einer Abkühlung des Inhalts (nächtliche volumenmäßige Verringerung des Gases und Dampfkondensation) wird nicht als Emissionsquelle angesehen.
(Tank)entleerung:	Entnahme (eines Teils) des flüssigen Inhalts eines Systems (z.B. relevant für Schwimmdachtanks).
Überfüllung:	Verschüttung von Flüssigkeit aufgrund dessen, dass ein System über den zulässigen Füllstand hinaus gefüllt wurde, weil der Überfüllschutz nicht reagiert hat.
Wasserstoß:	Unter Wasserstoß (Druckstoß, Druckschlag) versteht man eine kurze Druckzunahme, die in einem Wassersystem dadurch entsteht, dass sich die Strömungsrichtung oder die Geschwindigkeit des Wassers plötzlich verändert. Verhindert ein schnell schließendes Ventil plötzlich die Strömung von Wasser in einer Leitung, wird die Druckenergie auf das Ventil und die Rohrwand übertragen. Im System entstehen Schockwellen. Druckwellen wandern rückwärts bis sie auf das nächste feste Hindernis stoßen, dann vorwärts und wieder zurück. Die Druckwelle bewegt sich dabei mit Schallgeschwindigkeit fort; deshalb auch der ‚Knall‘ während sie sich hin und her bewegt bis sie durch Reibungsverluste abgeflacht wird. Weitere Einzelheiten hierzu siehe: <a href="http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/articles/OT/WI03/Water_Hammer.html">http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/articles/OT/WI03/Water_Hammer.html</a>

## Definitionen – Allgemein

Überliegezeit:	Wird ein Charterschiff nicht innerhalb der mit dem Eigentümer vereinbarten Zeit be- oder entladen, wird eine entsprechende Säumnisgebühr vom Schiffsmieter an den Eigentümer fällig. (‘surestaries’ auf Französisch)
----------------	--

## Abkürzungen

AP-42:	U.S. EPA Publikation: 'Compilation of Air Pollutant Emission Factors', bestellbar über die EPA-Website: <a href="http://www.epa.gov/ttn/chief/index.html">http://www.epa.gov/ttn/chief/index.html</a> . Kapitel 7 des AP-42 behandelt das Thema Lagerung, und die EPA TANKS Software enthält die Algorithmen in diesem Kapitel
BVT:	Beste verfügbare Techniken
BLEVE:	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
CAPEX:	Capital Expenditure (Investitionsausgaben)
CEFIC:	European Chemical Industry Council
CONCAWE:	Oil Companies Organisation for Health, Safety, and Environment
CMR:	Krebserzeugende, erbgutverändernde und reproduktionstoxische Stoffe
CWW BREF:	BREF-Dokument über übliche Abwasser- und Abgasbehandlungen und -management im Chemiebereich
EFR:	External Floating Roof - Schwimmdach
EFRT:	External Floating Roof Tank - Schwimmdachtank
ECM:	Emission Control Measures - Emissionskontrollmaßnahmen
EPA:	U.S. Environmental Protection Agency
FECC:	Federation Association of Chemical Distribution
FETSA:	ederation of European Tank Storage Association
FGD:	Flue Gas Desulphurisation - Rauchgasentschwefelung
FRP:	Fibreglass Reinforced Polyester - faserverstärkter Kunststoff
FRT:	Fixed Roof Tank - Festdachtank
HD-Polyethylen:	HD-Polyethylen
IFR:	Internal Floating Roof - innere Schwimmdecke
IFRT:	Internal Floating Roof Tank - Festdachtank mit innerer Schwimmdecke
LECA:	Light Expanded Clay Aggregate
LPG:	Liquefied Petroleum Gas - Flüssiggas
MBTE:	Methyl-tert-butylether
OPEX:	Operational Expenditure - Betriebsaufwand
PTFE:	Polytetrafluorethylen
PVRV:	Pressure/Vacuum Relief Valve - Überdruck- und Unterdruckventil
TEQ:	toxisches Äquivalent
TETSP:	Technical European Tank Storage Platform; Mitglieder sind: CEFIC, CONCAWE, FETSA, und FECC
VDI:	Verein Deutscher Ingenieure
VOC:	Volatile Organic Compound - flüchtige organische Verbindung
VRU:	Vapour Recovery Units - Dampfückgewinnungsanlage

## Allgemeine Einheiten, Maße und Symbole

BEGRIFFE	BEDEUTUNG
atm	Normalatmosphäre (1 atm = 101.325 N/m <sup>2</sup> )
bar	bar (1,013 bar = 1 atm)
barg	bar gauge (bar + 1 atm)
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
d	Tag
g	Gramm
GJ	Gigajoule
h	Stunde
J	Joule
K	Kelvin (0 °C = 273,15 K)
kcal	Kilokalorie (1 kcal = 4,19 kJ)
kg	Kilogramm (1 kg = 1.000 g)
kJ	Kilojoule (1 kJ = 0,24 kcal)
kPa	Kilopascal
kt	Kilotonne
kWh	Kilowattstunde (1 kWh = 3.600 kJ = 3,6 MJ)
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
mbar	Millibar (1 mbar = 10 <sup>-3</sup> bar)
mg	Milligramm (1 mg = 10 <sup>-3</sup> gram)
MJ	Megajoule (1 MJ = 1000 kJ = 10 <sup>6</sup> Joule)
mm	Millimeter (1 mm = 10 <sup>-3</sup> m)
m/min	Meter pro Minute
mmWG	Millimeter Wassersäule
Mt	Megatonne (1 Mt = 10 <sup>6</sup> Tonnen)
Mt/yr	Megatonnen pro Jahr
MW <sub>e</sub>	Megawatt elektrisch (Energie)
MW <sub>th</sub>	Megawatt thermisch (Energie)
ng	Nanogramm (1 ng = 10 <sup>-9</sup> gramm)
Nm <sup>3</sup>	Normal-Kubikmeter (101,325 kPa, 273 K)
Pa	Pascal
ppb	parts per billion
ppm	parts per million (per Gewicht)
s	Sekunde
t	metrische Tonne (1.000 kg or 10 <sup>6</sup> gram)
t/d	Tonnen pro Tag
t/yr	Tonnen pro Jahr
V	Volt
vol-%	Volumenprozent (Deutsch Vol-%)
W	Watt (1 W = 1 J/s)
wt-%	Gewichtsprozent (Deutsch Gew-%)
yr	Jahr
~	circa, mehr oder weniger
µm	Mikrometer (1 µm = 10 <sup>-6</sup> m)
µg	Mikrogramm (1 µg = 10 <sup>-6</sup> g)
% v/v	Volumenprozent (Deutsch vol-%)
% w/w	Gewichtsprozent (Deutsch Gew-%)





---

**8.****8.1. International Codes****STORAGE of LIQUID PRODUCTS****OVERVIEW of INTERNATIONAL  
CODES, STANDARDS and GUIDELINES**

By Main Storage Mode (January 2001)

<b>No.</b>	<b>Item</b>
	Introduction
	- Codes, Standards and Guidelines (and Countries) considered
	- Storage Modes considered
	- Applicability
	- Questions
1	Aboveground Storage
2	Underground Storage
3	Pressurised Storage
4	Refrigerated Storage
5	ISO Containers or IBC's
6	Caverns for LPG Pressurised Storage or Mineral Oil
7	Example for Chemical Distribution – Storage of Packed product

## INTRODUCTION

### Codes, Standards and Guidelines (and Countries) considered

The overview is limited to codes, standards and guidelines published in the following countries:

- United States of America
- Germany
- United Kingdom
- France
- the Netherlands.

Please note that some of the codes and standards have been listed under a specific country since that country adopts them in this form; other countries may have used this code and used a unique number.

In alphabetical order, the following codes, standards and guidelines, amongst others, have been included: ABS, AFNOR, AMCA, AMD, ANSI, API, ARI, AS, ASME, ASTM, AWMA, AWS, BS, CAS, CEN, CGA, CODAP, CODRES, CPR, DIN, EEMUA, EIA, EMC, EN, ENV, FED, GPA, IEC, IEEE, IP, ISO, NACE, NFPA, PD, PEI, UL.

Please note that this is an overview that might not contain all available references yet. All readers are encouraged to list additional (inter)national codes, standards and guidelines, which can then be incorporated in this reference list.

### Storage modes considered

Six storage modes for bulk liquids (and one example for storage of packed product) have been considered:

1. Above ground storage tanks
2. Underground storage tanks
3. Pressurised storage
4. Refrigerated Storage
5. ISO Containers or IBC's
6. Caverns for LPG pressurised storage or mineral oil
7. A typical example has been included for: Chemical distribution: Storage buildings for packaged storage (UK based).

### Applicability

The attached preliminary overview comprises a listing of codes, standards and guidelines with respect to:

- design
- construction
- inspection and maintenance
- and, where possible, environmental prevention techniques of various storage modes for liquid products.

Several listed codes, standards and guidelines are applicable for the same storage mode and for other storage modes as well. No qualification is made on the suitability and/or applicability.

## 1. ABOVE GROUND STORAGE

### 1.0 General

**EN 14015, 2004** Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, above ground, welded, metallic tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above. Part 1: Steel Tanks

The following normative references are quoted in **EN 14015**:

**EN 287-1** Approved testing of welders for fusion testing. Part 1: Steels

**EN 288-1** Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 1: General rules for fusion welding

**EN 288-2** Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 2: Welding procedure specification for arc welding

**EN 288-3** Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 3: Welding procedure tests for the arc welding of steels

**EN 444** Non-destructive testing. General principles for radiographic examination of metallic material by X-ray and Gamma-rays

**EN 462-1** Image quality indicators (wire type). Determination of image quality value

**EN 462-2** Image quality indicators (step/hole type). Determination of image quality value

**EN 473** General principles for the qualification and certification of NDT personnel

**EN 571-1** Non-destructive testing, Penetrant testing. Part 1: General principles

**EN 970** Non-destructive examination of fusion welds, visual inspection

**EN 1092-1** Flanges and their joints. Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designed. Part 1: Steel flanges

**EN 1290** Non-destructive examination of welds. Magnetic particle testing of welds

**EN 1418** Welding personnel. Approval testing of welding operators for fusion welding and resistance weld setters for fully mechanised and automatic welding of metallic materials.

**EN 1435** Non-destructive examination of welds. Radiographic examination of welded joints

**EN 1714** Non-destructive examination of welds. Ultrasonic examination of welded joints

**prEN 1759-1** Flanges. Part 1: Class designated circular steel flanges NPT ½" to 24"

**EN 10025** Hot rolled products of non-alloy structural steels. Technical delivery conditions

**EN 10028-2** Flat products made of steels for pressure purposes. Part 2: Non-alloy and alloy-steels with specified elevated temperature properties

- EN 10028-3** Flat products made of steels for pressure purposes. Part 3: weldable grain steels, normalised
- EN 10029** Hot rolled steel plates 3mm thick or above. Tolerances on dimensions, shape and mass
- EN 10045-1** Metallic materials, Charpy impact test. Part 1: Test method
- EN 10088-1** Stainless steels. Part 1: List of stainless steels
- EN 10088-2** Stainless steels. Part 2: Technical delivery conditions for steel sheet/plate and strip for general purposes
- EN 10088-3** Stainless Steels. Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods and sections for general purposes
- EN 10113-2** Hot rolled products in weldable fine grain structural steels. Part 2: Delivery conditions for normalised/normalised rolled steels
- EN-10113-3** Hot rolled products in weldable fine grain structural steels. Part 3: Delivery conditions for thermomechanical rolled steels
- EN 10204** Metallic products. Types of inspection documents
- EN 10210-1** Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels. Part 1: Technical delivery conditions
- prEN 10216-1** Seamless steel tubes for pressure purposes, technical delivery conditions. Part 1: Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties
- prEN 10216-5** Seamless steel tubes for pressure purposes, technical delivery conditions. Part 5: Stainless steel tubes
- prEN 10217-1** Welded steel tubes for pressure purposes, technical delivery conditions. Part 1: Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties
- prEN 10217-7** Seamless steel tubes for pressure purposes, technical delivery conditions. Part 7: Stainless steel tubes
- prEN 12874** Flame arresters. Specification requirements and test procedures
- EN 26520** Classifications of imperfections in metallic fusion welds, with explanations
- ENV 1991-2-1** Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part 2-1: Actions on structures – Densities, self-weight and imposed loads
- ENV 1991-2-3** Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part 2 - 3: Actions on structures – Snow loads
- ENV 1993-1-1** Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
- prEN ISO 14122** Safety of machinery. Permanent means of access to machines and industrial plants
- EN 485** Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate

**EN 754** Aluminium and aluminium alloys. Cold drawn rod/bar and tube

**EN 755** Aluminium and aluminium alloys. Extruded rod/bar, tube and profiles

## 1.1 United States of America

**API 048 (RS)** 1-DEC-1989 The Net Social Cost of Mandating Out-of-Service Inspections of Aboveground Storage Tanks in the Petroleum industry

**API 065 (RS)** 1-SEP-1992 Estimated Costs and Benefits of Retrofitting Aboveground Petroleum Industry Storage Tanks with Release Prevention Barriers

**ANSI/API 12B** 1-FEB-1995 Specification for Bolted Tanks for Storage of Production Liquids

**ANSI/API 12D** 1-NOV-1994 Specification for Field Welded Tanks for Storage of Production Liquids

**ANSI/API 12F** 1-NOV-1994 Specification for Shop Welded Tanks for Storage of Production Liquids

**ANSI/API 2610** 1-JUL-1994 Design, Construction, Operation, Maintenance, and Installation of Terminal and Tank Facilities

**API 1629** 10-OCT-1993 Guide for Assessing and Remediating Petroleum Hydrocarbons in Soils

**API 2000** 1-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Non-refrigerated and Refrigerated

**API 2015** 1-MAY-1994 Safe Entry and Cleaning of Petroleum Storage Tanks, Planning and Managing Tank Entry From Decommissioning Through Recommissioning

**API 2021A** 1-JUN-1998 Interim Study Prevention and Suppression of Fires in Large Aboveground Atmospheric Storage Tanks

**API 2202** 1991 Dismantling and Disposing of Steel from Aboveground Leaded Gasoline Storage Tanks

**API 2350** 1996 Overfill Protection for Petroleum Storage Tanks

**API 2517D** 1-MAR-1993 Documentation File for API Publication 2517, Evaporation Loss from External Floating-Roof Tanks

**API 2519D** 1-MAR-1993 Documentation File for API Publication 2597, Evaporation Loss from Internal Floating-Roof Tanks

**API 301** 1991 Aboveground Tank Survey: 1989, 1991

**API 306** 1991 An Engineering Assessment of Volumetric Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

**API 307** 1991 An Engineering Assessment of Acoustic Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

**API 322** 1994 An Engineering Evaluation of Acoustic Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks

- API 323** 1994 An Engineering Evaluation of Volumetric Methods of Leak Detection in Aboveground Storage Tanks
- API 325** 1-MAY-1994 An Evaluation of a Methodology for the Detection of Leaks in Aboveground Storage Tanks
- API 327** 1-SEP-1994 Aboveground Storage Tank Standards: A Tutorial
- API 334** 1-SEP-1995 A Guide to Leak Detection for Aboveground Storage Tanks
- API 340** 1-OCT-1 997 Liquid Release Prevention and Detection Measures for Aboveground Storage Facilities
- API 341** 1-FEB-1998 A Survey of Diked-Area Liner Use at Aboveground Storage Tank Facilities
- API 351** 1-APR-1999 Overview of Soil Permeability Test Methods
- API 579** 2000 Recommended Practice for Fitness-for-Service
- API 620** 1-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition
- API 650** 1-NOV-1998 Welded Steel Tanks for Oil Storage
- ANSI/API 651** 1-DEC-1 997 Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks
- ANSI/API 652** 1-DEC-1997 Lining of Aboveground Petroleum Storage Tank Bottoms
- API 653** 1-DEC-1995 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction
- API 910** 1-NOV-1997 Digest of State Boiler, Pressure Vessel, Piping, and Aboveground Petroleum Storage Tank Rules and Regulations
- API MPMS Chapter 19.2** 1-APR-1997 Evaporative Loss Measurement: Documentation File for API Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.2 – Evaporative Loss from Floating Roof Tanks
- API MPMS Chapter 19.3C** 1-JUL-1998 Evaporative Loss Measurement - Part C: Weight Loss Test Method for the Measurement of Rim-Seal Loss Factors for Internal Floating-Roof Tanks
- API MPMS Chapter 7.4** 1993 Static Temperature Determination Using Fixed Automatic Tank Thermometers
- API RP 575** 1-NOV-1995 Inspection of Low pressure Storage Tanks
- AWMA 91.15.5** 1-JUN-1991 Detection of Leaks in the Floor of Aboveground Storage Tanks by Means of a Passive Acoustic Sensing System
- ANSI/AWWA D110-95** 1995 Wire-wound Circular Prestressed Concrete Water Tanks (includes addendum D110a-96)
- UL 142** 1992 Steel Aboveground Storage Tanks for Flammable and Combustible Liquids
- NFPA 30A** Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages, 2000 Edition

**NFPA 22** Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, 1998 Edition

**NFPA 395** Standard for the Storage of Flammable and Combustible Liquids at Farms and Isolated Sites, 1993 Edition

## 1.2 Germany

**DIN 4119-1** 1-JUN-1979 Aboveground Cylindrical Flat-Bottomed Tank Installations of Metallic Material – Fundamentals, Design, Tests, Standard

**DIN 4119-2** 1-FEB-1980 Aboveground Cylindrical Flat-Bottom Tank Installations of Metallic Material – Calculation

**DIN 6600** 1-SEP-1989 Steel Tanks for the Storage of Flammable and Non-Flammable Water Polluting Liquids; Concepts and Inspection

**DIN 6601** -OCT-1990 Material resistance of steel tanks against liquids (positive list) (+ DIN 6601/A1 Revision)

**DIN 6616** -SEP-1989 Horizontal steel tanks, single and double wall, for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6618-1** -SEP-1989 Vertical steel tanks, single wall, for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6618-2** -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, without leak detection system for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6618-3** -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, with leak detection system for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6618-4** -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, without leak detection system, with external sucking pipe for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6623-1** -SEP-1989 Vertical steel tanks, single wall, with less than a volume of 1000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6623-2** -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, with less than a volume of 1000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6624-1** -SEP-1989 Horizontal steel tanks, single wall, with a volume of 1000 to 5000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6624-2** -SEP-1989 Horizontal steel tanks, double wall, with a volume of 1000 to 5000 litre for aboveground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 11622** -JUL-1994 Silos for ferment feed and liquid manure tanks (6 parts)



**DIN EN 617** -MAY-2002 Continuous handling equipment and systems – Safety and EMC requirements for the equipment for the storage of bulk materials in silos, bunkers, bins and hoppers

**DIN EN 12285-2** -FEB-2002 Workshop fabricated steel tanks – Part 2: Horizontal cylindrical single skin and double skin tanks for the aboveground storage of flammable and non-flammable water polluting liquids

**DIN EN 12573-1** -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 1: General principles

**DIN EN 12573-2** -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 2: Calculation of vertical cylindrical tanks

**DIN EN 12573-3** -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 3: Design and calculation for single skin rectangular tanks

**DIN EN 12573-4** -DEC-2000 Welded static non-pressurised thermoplastic tanks. Part 4: Design and calculation of flanged joints

**DIN EN 13121-1** -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 1: Raw materials - Specification conditions and acceptance conditions

**DIN EN 13121-2** -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 2: Composite materials, chemical resistance

**DIN EN 13121-3** -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 3: Calculation, construction and design

**DIN EN 13121-4** -AUG-1998 GRP tanks and vessels for use above ground. Part 4: Delivery, installation and maintenance

**DIN EN 13352** -DEC-1998 Specification for the performance of automatic tank contents gauges

**DIN EN 13530-1** -AUG-2002 Cryogenic Vessels – Large transportable vacuum insulated vessels. Part 1: Fundamental requirements

**DIN EN 13530-2** -JUL-1999 Cryogenic Vessels – Large transportable vacuum insulated vessels. Part 2: Design, fabrication, inspection and testing

**DIN EN 13575** -AUG-1999 Overfill Prevention Devices for tanks for liquid petroleum

**DIN EN 13617-1** -SEP-1999 Petrol Filling Station. Part 1: Construction and performance of metering pumps, dispenser and remote pumping units

**DIN EN 14015-1** -JAN-2001 Specification for the design and manufacture of site build, vertical, cylindrical, flat-bottomed, aboveground, welded, metallic tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above. Part 1: Steel tanks

**DIN EN 14398-2** -APR-2002 Cryogenic vessels - Large transportable non-vacuum insulated vessels. Part 2: Design, fabrication, inspection and testing

**DIN EN ISO 17654** -JUN-2000 Destructive tests on welds in metallic materials – Resistance welding – Pressure test on resistance seam welds

**DIN EN ISO 17654** -JUN-2000 Petroleum and related products – Determination of the flammability characteristics of fluids in contact with hot surfaces – Manifold ignition test

### 1.3 United Kingdom

**BS 2654** 1989 Specification for Manufacture of Vertical Steel Welded Non-Refrigerated Storage Tanks with Butt-Welded Shells for the Petroleum Industry

**BS 2654 Amendment 1** 1997 Amendment 1 – Specification for Manufacture of Vertical Steel Welded Non- Refrigerated Storage Tanks with Butt-Welded Shells for the Petroleum Industry

**BS 8007** 1987 Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids

**EEMUA 154** Guidance to Owners on Demolition of Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks

**EEMUA 159** 1994 Users' Guide to the Maintenance and Inspection of Aboveground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks

**EEMUA 180** 1996 Guide for Designers and Users on Frangible Roof Joints for Fixed Roof Storage Tanks

**EEMUA 183** 1999 Guide for the Prevention of Bottom Leakage from Vertical, Cylindrical, Steel Storage Tanks

**EMC** 1980 European model code of safe practice in the storage and handling of petroleum products, part II, design, layout and construction

**IP 34/99** Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

**IP 35/63 (86)** Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

**IP 36/84 (89)** Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

**IP 170/99** Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

**IP 303/83 (88)** Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

**IP 304/80** Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

**IP 378/87** Storage Stability at 43°C of Distillate Fuel IP-ASTM Joint Method ASTM D 4625-92 (98)

**IP 403/94** Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

**IP 404/94** Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

**IP PM CE/1996** Determination of flashpoint – transparent liquids – Pensky-Martens closed tester Obsolete; Proposed Method

**IP PM CH/99** Determination of the hot storage stability of modified bituminous binders Proposed Method

**IP Model Code of Safe Practice, part 19** Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations

**IP Code of Practice, 1994** Internal floating roofs for oil storage tanks

#### 1.4 France

**CODRES 1991** Code Français de construction des réservoirs cylindriques verticaux en acier avec tôles de robe soudées bout à bout, pour stockage de produits pétroliers liquides. – FRENCH

#### 1.5 The Netherlands

**Rules for Pressure Vessels** Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section G. Sections G801, G802 and G803

**CPR 9-2 1985** Vloeibare aardolieproducten. Bovengrondse opslag, kleine installaties – DUTCH

**CPR 9-3 1984** Vloeibare aardolieproducten. Bovengrondse opslag, grote installaties – DUTCH

**CPR 9-6 25 mei 1998 Nr. 98/88** De opslag van vloeibare aardolieproducten

**CPR 9-6 19 juli 1999 Nr. 99/135** Richtlijn voor opslag tot 150 m<sup>3</sup> van brandbare vloeistoffen met een vlammpunt van 55 tot 100 °C in bovengrondse tanks

**CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998** Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

**CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

**CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for determining and processing probabilities

**CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 15-1 1994**Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld ‘Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)’, tweede druk, uitgave 1994

**CPR 15-2 1991**Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld ‘Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden’, eerste druk, 1991

**CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

**CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the determination of possible damage

**CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194** Guidelines for quantitative risk assessment

**CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013** RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

**NEN-EN 14015, 2000 (draft version only available)** Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, aboveground, welded, metallic tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, Part 1: Steel Tanks (see also CEN/TC 265 under section General)

## 1.6 Austria

**OENORM C 2115:** 1981 01 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2116-1:** 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahl-einwandig-für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2116-2:** 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahl-doppelwandig-mit Unterdruck-Leckanzeige für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2116-3:** 1984 06 01 (Standard), Stehende zylindrische Behälter aus Stahl-doppelwandig-mit Flüssigkeits-Leckanzeige für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2117-1:** 1982 03 01 (Standard), Standortgefertigte prismatische Behälter aus Stahl für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten; Ausführung

**OENORM C 2117-2:** 1982 03 01 (Standard), Standortgefertigte prismatische Behälter aus Stahl für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten; Berechnung

**OENORM C 2118:** 1985 04 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; Nenninhalt 1m<sup>3</sup> bis 5m<sup>3</sup>; einwandig und doppelwandig für oberirdische Lagerung von Flüssigkeiten

## 2. UNDERGROUND STORAGE

### 2.1 United States of America

**API 1604** 1-MAR-1996 Closure of Underground Petroleum Storage Tanks

**API 1615** 1-MAR-1996 Installation of Underground Petroleum Storage Systems

**API 1621** 1-MAY-1993 Bulk Liquid Stock Control at Retail Outlets

**API 1629** 10-OCT-1993 Guide for Assessing and Remediating Petroleum Hydrocarbons in Soils

**API 1631** 1-OCT-1997 Interior Lining of Underground Storage Tanks

**API 1632** 1-MAY-1996 Cathodic Protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping Systems

**API 1650** 1989 Set of Six API Recommended Practices on Underground Petroleum Storage Tank Management

**API 1663A** Underground Storage Tank Installation Training Module – SET – Includes API 1663B, 1663C, 1663D, and 1663E

**API 1663B** Underground Storage Tank Installation Training Module

**API 1663C** Underground Storage Tank Installation Workbook/Exhibit Book Set To accompany API 1663B

**API 1663D** Underground Storage Tank Removal Training Module

**API 1663E** Underground Storage Tank Removal Workbook/Exhibit Book Set To accompany API 1663D

**API 2000** 1-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Non-refrigerated and Refrigerated

**ASTM D4021-92** 15-JUN-1992 Standard Specification for Glass-Fibre-Reinforced Polyester Underground Petroleum Storage Tanks

**ASTM E1430-91** 6-SEP-1991 Standard Guide for Using Release Detection Devices with Underground Storage Tanks

**ASTM E1526-93** 15-MAR-1993 Standard Practice for Evaluating the Performance of Release Detection Systems for Underground Storage Tank Systems

**ASTM E1 990-98** 10-OCT-1998 Standard Guide for Performing Evaluations of Underground Storage Tank Systems for Operational Conformance with 40 CFR, Part 280 Regulations

**ASTM G158-98** 10-SEP-1998 Standard Guide for Three Methods of Assessing Buried Steel Tanks

**NACE RP0285-95** 1995 Standard Recommended Practice – Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection

**NFPA (fire) 326** 1999 Safe Entry of Underground Storage Tanks

**PEI RP100** 1997 Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems

**PEI RP 100-2000** Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems

**UL 1316** 1994 Glass Fibre Reinforced Plastic Underground Storage Tanks for Petroleum Products, Alcohols, and Alcohol -Gasoline Mixtures

**UL 1746** 1993 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 1 3-NOV-1997 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 2 24-SEP-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 3 16-MAY-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

## 2.2 Germany

**DIN 6600** 1-SEP-1989 Steel Tanks for the Storage of Flammable and Non-Flammable Water Polluting Liquids; Concepts and Inspection

**DIN EN 1918-5** JUL-1998 Gas supply systems – Underground gas storage. Part 5: Functional recommendations for surface facilities

**DIN EN 976-1** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP)-Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 1: Requirements and Test Methods for Single Wall Tanks – GERMAN

**DIN EN 976-2** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 2: Transport, Handling, Storage and Installation of Single Wall Tanks – GERMAN

**DIN EN 977** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Method for One Side Exposure to Fluids – GERMAN

**DIN EN 978** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Determination of Creep Factor and Factor – GERMAN

**DIN 6607** -JAN-1991 Corrosion protection – Coatings of underground tanks: requirements and testing

**DIN 6608-2** -SEP-1989 Horizontal steel tanks, double wall, for underground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6619-2** -SEP-1989 Vertical steel tanks, double wall, for underground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN 6626** -SEP-1989 Domes of steel for tanks for underground storage of flammable and not flammable liquids and liquids hazardous to waters

**DIN EN 976-3** -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels. Part 3: Requirements and test methods of double walled tanks

**DIN EN 976-4** -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels. Part 4: Transport, handling, intermediate storage and installation of double walled tanks

**DIN EN 12917** -OCT-1997 Underground tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal cylindrical tanks for the non-pressure storage of liquid petroleum based fuels – conformity assessment according EN 976-1 and 976-3

**DIN EN 13160-1** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 1: General principles

**DIN EN 13160-2** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 2: Pressure and vacuum systems

**DIN EN 13160-3** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 3: liquid systems

**DIN EN 13160-4** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 4: Liquid and/or vapour sensor systems for use in leakage containments or interstitial spaces

**DIN EN 13160-5** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 5: Tank content sensor systems

**DIN EN 13160-6** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 6: Sensors in monitoring wells

**DIN EN 13160-7** -MAY-1998 Leak detection systems. Part 7: General requirements and test methods for interstitial spaces, leak protecting linings and leak protecting jackets

**DIN EN 13636** -OCT-1999 Cathodic corrosion protection of underground metallic tanks and their pipes

**DIN EN 14125** -MAY-2001 Underground pipes for petrol filling stations

**DIN EN 14129** -JUL-2001 Safety valves for tanks for liquified gases

### 2.3 United Kingdom

**BS 2594** 1975 Specification for Carbon Steel Welded Horizontal Cylindrical Storage Tanks

**BS EN 1918-1** 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Aquifers

**BS EN 1918-2** 10-JAN-1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Oil and Gas Fields

**BS EN 1918-5** 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Surface Facilities

**BS EN 976-1** 1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 1: Requirements and Test Methods for Single Wall Tanks – ENGLISH

**BS EN 976-2** 1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 2: Transport, Handling, Storage and Installation of Single Wall Tanks – ENGLISH

**BS EN 977** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Method for One Side Exposure to Fluids – ENGLISH

**BS EN 978** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Determination of Creep Factor and Factor – ENGLISH

**IP 34/99** Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

**IP 35/63(86)** Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

**IP 36/84 (89)** Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97



**IP 170/99** Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

**IP 303/83 (88)** Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

**IP 304/80** Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

**IP 403/94** Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

**IP 404/94** Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

## 2.4 France

**AFNOR NF EN 976-1** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP)-Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 1: Requirements and Test Methods for Single Wall Tanks – FRENCH

**AFNOR NF EN 976-2** 1-SEP-1997 Underground Tanks of Glass-Reinforced Plastics (GRP) – Horizontal Cylindrical Tanks for the Non-Pressure Storage of Liquid Petroleum Based Fuels. Part 2: Transport, Handling, Storage and Installation of Single Wall Tanks – FRENCH

**AFNOR NF M 88-514** 1-MAR-1980 Dual Material Tanks for Underground Storage of Liquid Petroleum Products. Steel Exterior Tank. Plastic Interior Tank

**AFNOR NF M 88-550** 1979 Storage Tanks in Reinforced Plastic. Underground Tanks for Liquid Petroleum Products.

## 2.5 The Netherlands

**CPR 9-1** 1983 Vloeibare aardolieprodukten. Ondergrondse opslag – DUTCH

**CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998** Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

**CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

**CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for determining and processing probabilities

**CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 15-1 1994** Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld ‘Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)’, tweede druk, uitgave 1994

**CPR 15-2 1991** Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld ‘Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden’, eerste druk, 1991

**CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

**CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the determination of possible damage

**CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194** Guidelines for quantitative risk assessment

**CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013** RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

## 2.6 Austria

**OENORM C 2110:** 1990 07 01 (Standard), Liegende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig, für unterirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2121:** 1986 01 01 (Standard), Stehende Behälter aus Stahl; einwandig und doppelwandig für unterirdische Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2122:** 1992 06 01 (Standard), Domschächte aus Stahl für Behälter zur unterirdischen Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM C 2123:** 1992 09 01 (Standard), Domschachtkragen aus Stahl bei Domschächten in Massivbauweise für Behälter zur unterirdischen Lagerung von Flüssigkeiten

**OENORM EN 12285:** 1996 03 01 (Draft Standard), Werksfertige Tanks aus metallischen Werkstoffen – Liegende ein- und doppelwandige Tanks zur unterirdischen Lagerung v. brennbaren u. nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

**OENORM EN 12917:** 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis – Konformitätsbewertung nach EN 976-1 und 976-3

**OENORM EN 14075:** 2001 02 01 (Draft Standard), Static welded steel cylindrical tanks, serially produced for the storage of Liquefied Petroleum Gas (LPG) having a volume not greater than 13 m<sup>3</sup> and for installation underground – Design and manufacture

**OENORM EN 976-1:** 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis

**OENORM EN 976-2:** 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis

**OENORM EN 976-3:** 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis. Teil 3: Anforderungen und Prüfverfahren für doppelwandige Tanks

**OENORM EN 976-4:** 1997 09 01 (Draft Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis. Teil 4: Transport, Handhabung, Zwischenlagerung und Einbau doppelwandiger Tanks

**OENORM EN 977:** 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Prüfanordnung zur einseitigen Beaufschlagung mit Fluiden

**OENORM EN 978:** 1998 04 01 (Standard), Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) – Bestimmung des Faktors Alpha und des Faktors Beta

### **3. PRESSURISED STORAGE**

#### **3.1 United States of America**

**API 520-1** 2000 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part 1 – Sizing and Selection

**AS 1210 Amendment 1** 1-FEB-1998 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction

**AS 1210 Supplement 1** 1990 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction – Remains current as supplement for 1997 edition

**AS 1210 Supplement 1 - Amd 1** 5-SEP-1995 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction (Amendment 1 to Supplement 1)

**AS 1210 Supplement 1 - Amd 2** 1-JUL-1997 Unfired Pressure Vessels – Advanced Design and Construction (Amendment 2 to Supplement 1)

**ASME Section IIA** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part A: Ferrous Material Specifications

**ASME Section IIB** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part B: Nonferrous Material Specifications

**ASME Section IIC** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part C: Specifications for Welding Rods, Electrodes and Filler Metals

**ASME Section IID** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 11: Materials. Part D: Properties

**ASME Section V** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V: Non-destructive Examination

**ASME Section VIII-DIV 1** 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1: Pressure Vessels

**ASME Section VIII-DIV 2** 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 3: Alternative Rules

**ASME Section VIII-DIV 3** 1998 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 3: Alternative Rules for Construction of High Pressure Vessels

**ASME Section X** 1-JAN-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section X: Fibre-Reinforced Plastic Pressure Vessels

**ASME CodeCases: BPV** 01-JUL-98 ASME Boiler and Pressure Vessel Code – Code Cases: Boilers and Pressure Vessels

**NACE RP0285-95** 1995 Standard Recommended Practice – Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection

**NFPA (fire) 326** 1999 Safe Entry of Underground Storage Tanks

**PEI RP100** 1997 Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems

**UL 1746** 1993 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 1 3-NOV-1997 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 2 24-SEP-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

**UL 1746** Amendment 3 16-MAY-2000 External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks

### 3.2 United Kingdom

**BS 5276-1-1984** Pressure vessel details (dimensions). Specification for davits for branch covers of steel vessels

**BS EN 286-1** 1998 Simple Unfired Pressure Vessels Designed to Contain Air or Nitrogen – Pressure Vessels for General Purposes

**BS PD 5500** 15-NOV-1999 Specification for unfired fusion welded pressure vessels

**BS 7005-1988** Specification for design and manufacture of carbon steel unfired pressure vessels for use in vapour compression refrigeration systems

**AMD 10830** Amendment to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

**Enquiry Case 5500/33:2000** Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

**Enquiry Case 5500/119:2000** Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

**Enquiry Case 5500/127:2000** Enquiry case to PD 5500:2000. Specification for unfired fusion welded pressure vessels

**PD 6497-1982** Stresses in horizontal cylindrical pressure vessels supported on twin saddles: a derivation of the basic equations and constants used in G.3.3 of BS 5500:1982

**PD 6550-1-1989** Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Domed ends (heads)

**PD 6550-2-1989** Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Openings and branch connections

**PD 6550-3-1989** Explanatory supplement to BS 5500:1988 Specification for unfired fusion welded pressure vessels, section three Design. Vessels under external pressure

**BS TH42069** 1993 Pressure Vessels – Germany

**BS TH42070** 1993 Pressure Vessels – France

**EEMUA 190 2000** Guide for the Design, Construction and Use of Mounded Horizontal Cylindrical Vessels for Pressurised Storage of LPG at Ambient Temperature

**IP 34/99** Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

**IP 35/63(86)** Determination of open flash and fire point – Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

**IP 36/84 (89)** Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

**IP 170/99** Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

**IP 303/83 (88)** Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

**IP 304/80** Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

**IP 403/94** Petroleum products - Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

**IP 404/94** Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

**IP 410/99** Liquefied petroleum products – Determination of gauge vapour pressure – LPG method

### 3.3 France

**CODAP 95** French Code for Construction of Unfired Pressure Vessels

### 3.4 The Netherlands

**Rules for Pressure Vessels** Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section D.

**CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998** Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen

**CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen

**CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for determining and processing probabilities

**CPR 13-1** Ammonia, Storage and Loading

**CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the calculation of physical effects

**CPR 15-1 1994** Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994

**CPR 15-2 1991** Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991

**CPR 16 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen

**CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the determination of possible damage

**CPR 17-1 Nr. 98/88 25 mei 1998** De richtlijn aardgas-afleverstations voor motorvoertuigen

**CPR 17-2 11 januari 1999 Nr. 99/001** Richtlijn voor het veilig stellen en repareren van motorvoertuigen

**CPR 17-3 16 maart 1999 Nr. 99/038** Concept richtlijn voor installaties voor de inspannige aflevering van gecompriemd aardgas aan motorvoertuigen (Concept CPR 17-3)

**CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194** Guidelines for quantitative risk assessment

**CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013** RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

#### **4. REFRIGERATED STORAGE**

##### **4.1 United States of America**

**API 620** 1-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition – Appendix Q Liquids down to -168 °C

**API 620** 1-FEB-1996 Design and Construction of Large, Welded, Low pressure Storage Tanks, Ninth Edition – Appendix R Liquids down to -51 °C

**API 2000** 1-APR-1998 Venting Atmospheric and Low pressure Storage Tanks: Non-refrigerated and Refrigerated

**NFPA 50** Standard for Bulk Oxygen Systems at Consumer Sites, 1996 Edition

**NFPA 50A** Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites, 1999 Edition

**NFPA 50B** Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites, 1999 Edition

**NFPA 57** Liquefied Natural Gas (LNG) Fuel Systems Code, 1999 Edition

**NFPA 59** Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases at Utility Gas Plants, 1998 Edition

**NFPA 59A** Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). 1996 Edition

**UL 641** 1994 Type L Low-Temperature Venting Systems

**UL 873** 1994 Temperature-Indicating and -Regulating Equipment

## 4.2 United Kingdom

**BS 5429**-1976 Code of practice for safe operation of small-scale storage facilities for cryogenic liquids

**BS 6364**-1984 Specification for valves for cryogenic service

**BS EN 1160**-1997 Installations and equipment for liquefied natural gas. General characteristics of liquefied natural gas

**BS 7777-1** 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 1: Guide to the General Provisions Applying for Design, Construction, Installation, and Operation

**BS 7777-2** 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 2: Specification for the Design and Construction of Single, Double and Full Containment Metal Tanks for the Storage of Liquefied Gas at Temperatures Down to 165 °C

**BS 7777-3** 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 3: Recommendations for the Design and Construction of Prestressed and Reinforced Concrete Tanks and Tank Foundations, and Design and Installation of Tank Insulation, Liners and Coatings

**BS 7777-4** 1993 Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service. Part 4: Specification for the Design and Construction of Single Containment Tanks for the Storage of Liquid Oxygen, Liquid Nitrogen and Liquid Argon

**EEMUA 147** Recommendations for the Design and Construction of Refrigerated Liquefied Gas Storage Tanks

**IP 34/99** Determination of Flashpoint – Pensky-Martens closed cup method IP-ASTM Joint Method ASTM D 93-97

**IP 35/63(86)** Determination of open flash and fire point - Pensky-Martens method Equivalent Standards: BS 2000: Part 35: 1993

**IP 36/84 (89)** Determination of Open Flash and Fire Point – Cleveland Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 92-97

**IP 170/99** Petroleum products and other liquids – Determination of flashpoint – Abel closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 170: 1998; \BS EN ISO 13736: 1998; ISO 13736: 1997

**IP 251/76** Static Measurement of Refrigerated Hydrocarbon Liquids Published as Part XII Section 1 of the IP Petroleum Measurement Manual

**IP 252/76** Static Measurement of Refrigerated Hydrocarbon Liquids Published as Part XIII Section 1 of the IP Petroleum Measurement Manual

**IP 264/72 (85)** Determination of Composition of LPG and Propylene Concentrates – Gas chromatography Method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2163-91 (96)



**IP 303/83 (88)** Determination of closed flashpoint – mini equilibrium method IP-ASTM Joint Method ASTM D 3828-97

**IP 304/80** Determination of Flashpoint Closed Cup Equilibrium Method

**IP 317/95** Determination of residues in liquefied petroleum gases (LPG) – Low temperature evaporation method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2158-92 Equivalent Standards: BS 2000: Part 317: 1995

**IP 337/78 (95)** Composition of Non-associated Natural Gas – Quantitative Gas Chromatography Method

**IP 345/80** Composition of Associated Natural Gas – Gas Chromatography Method

**IP 395/98** Liquefied petroleum gases – Assessment of the dryness of propane – Valve freeze method IP-ASTM Joint Method ASTM D 2713-91 (95) Equivalent Standards: BS 2000: Part 395: 1997; BS EN ISO 13758: 1997; ISO 13758: 1996

**IP 403/94** Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 403: 1994; BS EN 22592: 1994; ISO 2592: 1973

**IP 404/94** Petroleum products and lubricants – Determination of flashpoint – Pensky-Martens closed cup method Equivalent Standards: BS 2000: Part 404: 1994; BS EN 22719: 1994; ISO 2719: 1988

**IP 405/94** Commercial propane and butane – Analysis by gas chromatography Equivalent Standards: BS 2000: Part 405: 1994; BS EN 27941: 1994; ISO 7941: 1988

**IP 410/99** Liquefied petroleum products – Determination of gauge vapour pressure – LPG method Equivalent Standards: BS 2000: Part 410: 1998; BS EN ISO 4256: 1998; ISO 4256: 1996

**IP 432/2000** Liquefied petroleum gases – Calculation method for density and vapour pressure Equivalent Standards: BS 2000: Part 432: 1999; BS EN ISO 8973: 1999; ISO 8973: 1997

**IP PM CD/96** Determination of the composition of liquefied petroleum gases – gas chromatography method. Proposed Method

**IP Model Code of Safe Practice** LPG, Volume 1, Part 9 Large bulk pressure Storage and refrigerated LPG

#### 4.3 Germany

**EN 14620** Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, metallic tanks for the storage of liquefied gases at temperatures between -5 °C and -165 °C.

#### 4.4 The Netherlands

**Rules for Pressure Vessels** Dutch Code for Construction of Unfired Pressure Vessels. Section G. Sections G804 and G805

**CPR 8-3** Distributiedepots voor LPG – Dutch.

- CPR 11-6 Nr. 98/88 25 mei 1998** Propana. Vulstations voor spuitbussen met propana, butaan en demethyl-ether als drijfgas
- CPR 12E Nr. 98/11 3 februari 1998** Berekeningsmethoden voor opstellen risicoanalyse gevaarlijke stoffen
- CPR-12 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen en verwerken van kansen
- CPR 12E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for determining and processing probabilities
- CPR 13 Nr. 99/137 21 juli 1999** Richtlijnen voor opslag en verlading van ammoniak en voor de toepassing van ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen
- CPR 13-1 Nr. 98/88 25 mei 1998** De opslag en verlading van ammoniak
- CPR 13-1 Nr. 99/137 21 juli 1999** Ammoniak; opslag en verlading
- CPR 13-2 Nr. 99/137 21 juli 1999** Ammoniak; toepassing als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen
- CPR 14E Nr. 97/13128 juli 1997** Methods for the calculation of physical effects
- CPR 14E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the calculation of physical effects
- CPR 15-1 1994** Richtlijn 15-1 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen in emballage; Opslag van vloeistoffen en vaste stoffen (0 ton tot 10 ton)', tweede druk, uitgave 1994
- CPR 15-2 1991** Richtlijn 15-2 van de CPR, getiteld 'Opslag gevaarlijke stoffen, chemische afval stoffen en bestrijdingsmiddelen in emballage; opslag van grote hoeveelheden', eerste druk, 1991
- CPR-16 Nr. 97/13128 juli 1997** Methoden voor het bepalen van mogelijke schade aan mensen en goederen
- CPR 16E 1 November 1999 Nr. 99/194** Methods for the determination of possible damage
- CPR 18E 1 November 1999 Nr. 99/194** Guidelines for quantitative risk assessment
- CPR 20 31 januari 2000 Nr. 2000/013** RIB, Rapport Informatie-eisen BRZO'99

## **5. ISO CONTAINERS OR IBC'S**

### **5.1 United States of America**

- AS/NZS 3833-1998** 5-SEP-1998. The Storage and Handling of Mixed Classes of Dangerous Goods in Packages and Intermediate Bulk Containers
- ABS 13-1998** 1998 Rules for Certification of Cargo Containers
- AMCA 99** 1986 Standards Handbook
- ANSI MH26.1-1998** 1998 Specifications for Industrial Metal Containers

- ANSI MH5.1.3M-1992** 1992 Requirements for Tank Containers for Liquids and Gases
- ANSI MH5.1.5-1990** 1990 Road/Rail Closed Dry Van Containers
- ANSI MH5.1.9-1990** 1990 Freight Containers – Automatic Identification
- ANSI PRD1-1998** 1998 Pressure Relief Devices for Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers
- ARI Guideline K (1997)** 1997 Containers for Recovered Fluorocarbon Refrigerators
- ARI Guideline N (1995)** 1995 Assignment of Refrigerant Container Colours
- AS 2278-1986** 1986 Metal Aerosol Containers
- AS 2278-1986 Amendment 1** 1-JUN-1988 Metal Aerosol Containers
- ASTM C148-00** 2000 Standard Test Method for Polariscope Examination of Glass Containers
- ASTM C149-86(1995)** 31-JAN-1986 Standard Test Method for Thermal Shock Resistance of Glass Containers
- ASTM C224-78(R1999)** 27-JAN-1978 Standard Practice for Sampling Glass Containers
- ASTM C225-85(R1999)** 26-JUL-1985 Standard Test Methods for Resistance of Glass Containers to Chemical Attack
- ASTM D2463-95** 10-NOV-1995 Standard Test Method for Drop Impact Resistance of Blow-Moulded Thermoplastic Containers
- ASTM D2561-95** 10-NOV-1995 Standard Test Method for Environmental Stress-Crack Resistance of Blow-Moulded Polyethylene Containers
- ASTM D2659-95** 10-NOV-1995 Standard Test Method for Column Crush Properties of Blown Thermoplastic Containers
- ASTM D2684-95** 10-NOV-1995 Standard Test Method for Permeability of Thermoplastic Containers to Packaged Reagents or Proprietary Products
- ASTM D3074-94** 15-NOV-1994 Standard Test Method for Pressure in Metal Aerosol Containers
- ASTM D3694-95** 15-FEB-1995 Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents
- ASTM D3844-96** 10-JUN-1996 Standard Guide for Labelling Halogenated Hydrocarbon Solvent Containers
- ASTM D4306-97** 10-DEC-1997 Standard Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination
- ASTM D4728-95** 10-NOV-1995 Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers
- ASTM D4991-94(R1999)** 15-JUN-1994 Standard Test Method for Leakage Testing of Empty Rigid Containers by Vacuum Method

**ASTM D6063-96** 10-DEC-1996 Standard Guide for Sampling Drums and Similar Containers by Field Personnel

**ASTM D997-80(R1986)** 3-MAR-1980 Standard Test Method for Drop Test for Loaded Cylindrical Containers

**ASTM D998-94** 15-MAY-1994 Standard Test Method for Penetration of Liquids into Submerged Loaded Shipping Containers

**ASTM D999-96** 10-FEB-1996 Standard Methods for Vibration Testing of Shipping Containers

**ASTM ES26-93** 28-JUL-1993 Emergency Standard Specification for Cautionary Labelling for Plastic Five-Gallon Open-Head Containers (Buckets)

**ASTM F1115-95** 10-SEP-1995 Standard Test Method for Determining the Carbon Dioxide Loss of Beverage Containers

**ASTM F1615-95** 10-SEP-1995 Standard Specification for Cautionary Labelling for Five-Gallon Open-Head Plastic Containers

**ASTM F302-78(R1989)** 25-AUG-1978 Standard Practice for Field Sampling of Aerospace Fluids in Containers

**ASTM F926-85** 23-AUG-1985 Standard Specification for Cautionary Labelling of Portable Kerosene Containers for Consumer Use

**EIA 556B** 1-NOV-1999 Outer Shipping Container Bar Code Label Standard

**EIA JEP130** 1-AUG-1997 Guidelines for Packing and Labelling of Integrated Circuits in Unit Container Packing

**IEC 60096-1 Amendment 2** 25-JUN-1993 Amendment No. 2

**IEC 60249-1 Amendment 4** 13-MAY-1993 Amendment No. 4

**IEC 60249-2-10 Amendment 3** 18-MAY-1993 Amendment No. 3

**IEC 60249-2-11 Amendment 2** 18-MAY-1993 Amendment No. 2

**IEC 60249-2-12 Amendment 2** 18-MAY-1993 Amendment No. 2

**IEC 60249-2-14 Amendment 3** 18-MAY-1993 Amendment No. 3

**IEC 60249-2-5 Amendment 3** 13-MAY-1993 Amendment No. 3

**IEC 60249-2-6 Amendment 2** 13-MAY-1993 Amendment No. 2

**IEC 60249-2-7 Amendment 2** 13-MAY-1993 Amendment No. 2

**IEC 60249-2-9 Amendment 3** 18-MAY-1993 Amendment No. 3

**IEC 60264-1** 31-DEC-1969 Packaging of winding wires. Part 1: Containers for round winding wires

**IEC 60344 Amendment 1** 1985 Amendment No. 1

**IEC 60390A** 1976 First supplement

**IEC 60708-1 Amendment 3** 1988 Amendment No. 3

**IEC 60804 Amendment 1** 15-SEP-1989 Amendment No. 1

**IEC 60804 Amendment 2** 21-SEP-1993 Amendment No. 2

**IEEE C135.1-1999** 30-DEC-1999 Galvanized Steel, Bolts and Nuts for Overhead Line Construction

**UL 147B Amendment 1** 1-MAR-1999 Non-refillable (Disposable) Type Metal Container Assemblies for Butane

**UL 2003 Outline** 28-AUG-1992 Proposed Standard – Portable LP Gas Container Assemblies

**CGA G-6.7** 1996 Safe Handling of Liquid Carbon Dioxide Containers That Have Lost Pressure

**FED A-A-1235A** 6-DEC-1984 Containers, Plastic, Moulded (For Liquids, Pastes, and Powders)

**FED A-A-2597A** 25-JUL-1996 Dishpan (Food Container Pan)

**FED A-A-30132A** 18-MAY-1987 Disposable Container, Hypodermic Needle and Syringe

**FED A-A-50019B** 18-MAR-1988 Racks, Milk Container, Mobile and Racks, Egg Container, Mobile

**FED A-A-50486A** 23-NOV-1992 Container, Insulated, Shipping

**FED A-A-51625B** 24-NOV-1989 Disposal Container, Hypodermic Needle and Syringe (Non-Needle Removal)

**FED A-A-51703(DM)** 13-OCT-1986 Container and Pump, Dental (Mouth rinse)

**FED A-A-52193A** 18-JUL-1994 Food Container, Insulated, with Inserts

**FED A-A-52486** 13-DEC-1984 Mount, Shipping Container, Resilient: Shock and Vibration Damping

**FED A-A-58041** 15-MAR-1995 Trailer, LD-3 Container, Side Transfer, Turntable

**FED A-A-59209** 15-APR-1998 Paperboard, Ammunition Container

**FED O-F-1044B** 24-FEB-1975 Fuel, Engine Primer: Cold Starting, In Pressurised and Non-pressurised Containers

**FED RR-C-550D** 8-APR-1991 Containers, Fluid, for Paint Spray Equipment

**FED RR-C-550D Amendment** 19-FEB-1993 Amendment 1 – Containers, Fluid, for Paint Spray Equipment

## 5.2 Germany

**DIN 30823** MAR 1999 (draft) Intermediate bulk containers – Rigid IBC – Metal, rigid plastics and composite intermediate bulk containers; dimension, design, requirements, marking

**DIN 55461-1** FEB 1990 Large size packages; flexible IBC; concepts, forms, dimensions, testing of dimensions

**DIN 55461-2** JUL 1991 Large size packages; flexible IBC; dimensions

**DIN 10955** 1-APR-1983 Sensory Analysis - Testing of Container Materials and Containers for Food Products

**DIN 168-1** 1-DEC-1979 External Screw Threads. Part 1: Especially for Glass Containers – Thread Sizes

**DIN EN ISO 15867** NOV 1997 (draft) Intermediate bulk containers (IBC) for non-dangerous goods – Terminology

**ISO/DIS 11895** JAN 1996 (draft) Specification for flexible intermediate bulk containers for non-dangerous goods

**98/714098 DC** APR 2000 (draft) Pallet borne flexible intermediate bulk containers (PB FIBCs) for non-dangerous goods

**ISO 10327** 1-FEB-1995 Aircraft-Certified Aircraft Container for Air Cargo-Specification and Testing

**ISO 10374** 1-OCT-1991 Freight containers – Automatic identification

**ISO 11242** 1-JUN-1996 Aircraft-Pressure Equalization Requirements for Cargo Containers

**ISO 11418-1** 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 1: Drop-dispensing bottles

**ISO 11418-2** 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 2: Screw-neck bottles for syrups

**ISO 11418-4** 1-OCT-1996 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 4: Tablet bottles

**ISO 11418-5** 1-OCT-1997 Containers and accessories for pharmaceutical preparations. Part 5: Dropper assemblies

**ISO 1161** 1984 Series 1 Freight Containers – Corner Fittings – Specification

**ISO 1496-1** 1990 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 1: General Cargo Containers for General Purposes – Includes Amendments 1(1993) and 2 (1998)

**ISO 1496-1/AMD1** 1-OCT-1993 Amendment 1 to ISO 1496-1:1990 1AAA and 1BBB containers

**ISO 1496-2** 1996 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 2: Thermal Containers - Includes Technical Corrigendum 1:1997

**ISO 1496-3** 1995 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 3: Tank Containers for Liquids, Gases and Pressurised Dry Bulk

**ISO 1496-4** 1991 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 4: Non-Pressurised Containers for Non-Bulk

**ISO 1496-4/AMD1** 1-OCT-1994 AMENDMENT 1 to ISO 1496-4:1991 1AAA and 1BBB containers

**ISO 1496-5** 1991 Series 1 Freight Containers – Specification and Testing. Part 5: Platform and Platform-Based Containers

**ISO 1496-5/AMD1** 1-OCT-1993 Amendment 1 to ISO 1496-5:1991 1AAA and 1BBB containers

**ISO 2308** 1972 Hooks for Lifting Freight Containers of Up To 30 Tonnes Capacity – Basic Requirements

**ISO 3871** 1-FEB-1980 (HISTORICAL ITEM) Labelling of Containers for Petroleum or Non-Petroleum Base Brake Fluid

**ISO 3874** 1988 (HISTORICAL ITEM) Series 1 Freight Containers – Handling and Securing

**ISO 3874** 1-OCT-1997 Series 1 freight containers – Handling and securing

**ISO 4118** 1-APR-1996 Non-Certified Lower Deck Containers for Air Transport- Specification and Testing

**ISO 4128** 1-SEP-1985 Air Mode Modular Containers

**ISO 6346** 1995 Freight Containers – Coding, Identification, and Marking

**ISO 668** 1995 Series 1 Freight Containers – Classification, Dimensions and Ratings

**ISO 6967** 1-SEP-1994 Wide Body Aircraft Main Deck Container/Pallet Loader-Functional Requirements

**ISO 6968** 1-SEP-1994 Wide Body Aircraft Lower Deck Container/Pallet Loader-Functional Requirements

**ISO 7458** 1984 Glass Containers - Internal Pressure Resistance - Test Methods

**ISO 7459** 1984 Glass Containers – Thermal Shock Resistance and Thermal Shock Endurance – Test Methods

**ISO 8106** 1985 Glass Containers – Determination of Capacity by Gravimetric Method – Test Method

**ISO 8162** 1985 Glass Containers – Tall Crown Finishes – Dimensions

**ISO 8163** 1985 Glass Containers – Shallow Crown Finishes – Dimensions

**ISO 8164** 1990 Glass Containers – 520 ml Euro-form Bottles – Dimensions

**ISO 8167** 1-OCT-1989 Projections for resistance welding

**ISO 830** 1981 (HISTORICAL ITEM) Freight Containers – Terminology



**ISO 830** 1-OCT-1999 Freight containers – Vocabulary

**ISO 8323** 1995 Freight Containers – Air/Surface (Intermodal) General Purpose Containers – Specification and Tests

**ISO 90-2** 1-OCT-1997 Light gauge metal containers – Definitions and determination of dimensions and capacities. Part 2: General use containers

**ISO 9009** 1991 Glass Containers – Height and Non-Parallelism of Finish with Reference to Container Base – Test Methods

**ISO 9056** 1990 Glass Containers – Series of Pilferproof Finish – Dimensions

**ISO 9057** 1991 Glass Containers – 28 mm Tamper-Evident Finish for Pressurised Liquids – Dimensions

**ISO 9058** 1992 Glass Containers – Tolerances

**ISO 9100** 1-OCT-1992 Wide-mouth glass containers – Vacuum lug finishes – Dimensions

**ISO 9669** 1990 Series 1 Freight Containers – I Interface Connections for Tank Containers

**ISO 9711-1** 1990 Freight Containers – Information Related to Containers on Board Vessels. Part 1: Bay Plan System

**ISO 9711-2** 1990 Freight Containers – Information Related to Containers on Board Vessels. Part 2: Telex Data Transmission

**ISO 9897** 1-OCT-1997 Freight containers – Container equipment data exchange (CEDEX) – General communication codes

**ISO/IEC 2258** 31-DEC-1976 Printing ribbons – Minimum markings to appear on containers

**ISO/TR 15070** 1996 Series 1 Freight Containers – Rationale for Structural Test Criteria

### 5.3 United Kingdom

**BS 1133-7.7** 1990 Packaging Code – Paper and Board Wrappers, Bags and Containers – Composite Containers

**BS 3951-2 Section 2.5** 1992 Freight Containers. Specification and Testing of Series 1 Freight Containers. Platform and Platform-Based Containers

**BS 5045-1 Amendment 1** 1-AUG-1986 Amendment 1 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5045-1 Amendment 2** 1991 Amendment 2 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5045-1 Amendment 3** 1-NOV-1993 Amendment 3 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5045-1 Amendment 4** 1997 Amendment 4 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5045-1 Amendment 5** 15-SEP-1997 Amendment 5 – Transportable Gas Containers. Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers above 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5045-5** 1986 Transportable Gas Containers – Specification for Aluminium Alloy Containers Above 0.5 Litre up to 130 Litres Water Capacity with Welded Seams

**BS 5045-6** 1987 Transportable Gas Containers – Specification for Seamless Containers of Less than 0.5 Litre Water Capacity

**BS 5430-1** 31-MAY-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Steel Containers of Capacity 0.5 Litres and Above

**BS 5430-2** 31-DEC-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Welded Steel Containers of Water Capacity 0.5 L up to 150 L

**BS 5430-3** 31-DEC-1990 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Aluminium Alloy Containers of Water Capacity 0.5 Litres and Above

**BS 5430-6** 15-JUL-1994 Periodic Inspection, Testing and Maintenance of Transportable Gas Containers (Excluding Dissolved Acetylene Containers). Specification for Seamless Steel and Aluminium Alloy Containers Having a Water Capacity of Less Than 0.5 Litre

**BS 7320 Amendment 1** 15-MAY-1994 Specification for Sharps Containers

**BS 7864** 1997 Specification for Plastics Containers for Surface Coatings

**BS EN 20090-2** 1993 Light Gauge Metal Containers – Definitions and Determination Methods for Dimensions and Capacities. Part 2: General Use Containers

**BS EN 20090-2 Amendment 1** 1-MAR-1993 Amendment 1 – Light Gauge Metal Containers – Definitions and Determination Methods for Dimensions and Capacities. Part 2: General Use Containers

**BS EN 28362-1** 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 1: Injection Vials Made of Glass Tubing

**BS EN 28362-2** 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 2: Closures for Injection Vials

**BS EN 28362-3** 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 3: Aluminium Caps for Injection Vials

**BS EN 28362-4** 1993 Injection Containers for Injectables and Accessories. Part 4: Injection Vials Made of Moulded Glass

#### 5.4 France

**AFNOR NF M 88-610** 1970 Petroleum Industry. Calibration Identification Plate for Containers

---

**6. CAVERNS FOR LPG PRESSURISED STORAGE OR MINERAL OIL****6.1 United States of America**

**API 1114** 1-JUN-1994 Design of Solution-Mined Underground Storage Facilities

**API 1115** 1-SEP-1994 Operation of Solution-Mined Underground Storage Facilities

**6.2 United Kingdom**

**BS EN 1918-3** 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Solution-mined Salt Cavities

**BS EN 1918-4** 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Storage in Rock Caverns

**BS EN 1918-5** 1998 Gas Supply Systems – Underground Gas Storage – Functional Recommendations for Surface Facilities

**CAS Z341-98** 1-DEC-1998 Storage of Hydrocarbons in Underground Formulations

## 7. Chemical Distribution – Standards, codes and regulations – A typical example in the UK

Series no	Title	Publ.	ISBN
	Chemical Industry:		
HSG71	Chemical warehousing – Storage of packaged dangerous substances (Revised)	1998	0 7176 1484 0
	Other Accident/Incident reports:		
	Fire and explosions at BandR Hauliers, Salford 25-9-82	1983	0 11 883702 8
	Fire at Allied Colloids, Bradford on 21 July 1992	1994	0 7176 0707 0
	Fire at Hickson and Welch	1994	0 7176 0702 X
	A report of the investigations into the fires and explosions at BP Oil, Grangemouth and Dalmeny, 13 and 22 March and 11 June 1987	1989	0 11 885493 3
	A report of the HSE investigation into the chemical release and fire at the Associated Octel Comp. Ltd.	1996	0 7176 0830 1
	The explosion and fires on the Pembroke Cracking Company plant at the Texaco refinery, Milford Haven on 24 July 1994	1997	0 7176 1413 1
HSG51	The storage of flammable liquids in containers	1998	0 7176 1471 9
HSG135	Storage and handling of industrial nitrocellulose	1995	0 7176 0694 5
HSG71	Chemical warehousing – Storage of packaged dangerous substances (Revised)	1998	0 7176 1484 0
HSG158	Flame arresters – Preventing the spread of fires and explosions in equipment that contains flammable gases and vapours	1996	0 7176 1191 4
HSG176	The storage of flammable liquids in tanks	1998	0 7176 1470 0
HSG186	The bulk transfer of dangerous liquids and gases between ship and shore	1999	0 7176 1644 4
INDG230	Storage and handling ammonium nitrate	1996	Single copy available
CS3	Storage and use of sodium chlorate and other similar strong oxidants	1998	0 7176 1500 6
CS15	Cleaning and gas freeing of tanks containing flammable residues	1985	0 7176 1365 8
CS18	Storage and handling of ammonium nitrate	1986	0 11 883937 3
CS21	Storage and handling of organic peroxides	1991	0 7176 2403 X

## 8.2. Dangerous substances and classification

[84, TETSP, 2001]

**Warning to the reader:** the contents of this annex reflects the status of the regulations at April 1<sup>st</sup>, 2001. This annex will need to be updated in the future according to the changes, which will occur to the regulation on classification of dangerous substances after this date.

### 1 Background

The classification of dangerous substances is the process of identifying their hazardous properties by using appropriate test methods, and allocating them to one or more hazard classes by comparing the results of the tests with the classification criteria. Preparations or mixtures may be classified either by testing or by applying calculation methods based upon the concentration of their hazardous components.

It should be noted that the classification systems described in this chapter do not necessarily cover all the criteria required for dangerous goods storage legislation in all Member States of the European Union. For example, in parts of Belgium, storage legislation covers flashpoints up to 250 °C.

### 2 Regulatory classification systems

In Europe there are two main regulatory classification systems that provide information that may be relevant to the storage of dangerous goods and the nature of their hazards.

#### 2.1 European Union supply legislation

There are two primary Directives;

- 67/548/EEC – Dangerous Substances Directive as amended
- 1999/45/EC – Dangerous Preparations Directive as amended.

A further relevant Directive is 91/155/EEC Safety Data Sheet Directive as amended.

#### 2.2 Transport legislation

The basis for transport legislation worldwide is the United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (UN RTDG), commonly known as the ‘Orange Book’. These are recommendations, not regulations, and as such have no legal force. However they are implemented by international transport modal regulations as follows;

- sea, global: IMDG Code
- air, global: ICAO Technical Instructions
- road, Europe: ADR Agreement
- rail, Europe: RID Agreement.

In Europe, ADR and RID are implemented at national level through the following Directives;

- road: 94/55/EC on the approximation of the laws of the Member States with regard to the transport of dangerous goods by road. (ADR Framework Directive)
- rail: 96/49/EC on the approximation of the laws of the Member States with regard to the transport of dangerous goods by rail. (RID Framework Directive).

As there are differences in the level of risk encountered in each transport mode, the international transport modal regulations do not fully replicate the UN RTDG. Therefore there are slight differences between them. For the purposes of this chapter, any references regarding transport are to the UN RTDG unless otherwise stated.

### 3 Scope of regulatory classification systems

Classification systems classify dangerous goods into three distinct groups of hazards;

- physico-chemical hazards
- health hazards
- environmental hazards.

Within each of these groups of hazards, there are individual hazard classes and further differentiation into levels of hazard. The scope of the two regulatory systems differs.

#### 3.1 European supply system

The European Supply system classifies dangerous goods into the following hazard classes:

physico-chemical hazards:

- explosive
- oxidising
- flammable.

health hazards:

- acute toxicity - lethal and irreversible effects after a single exposure
- sub-acute, sub-chronic or chronic toxicity
- corrosive and irritant
- sensitising
- specific effects on health:
  - carcinogenicity
  - mutagenicity
  - reproductive toxicity.

environmental hazards:

- aquatic environment
- non-aquatic environment.

Environmental Hazards for the non-aquatic environment includes substances listed in Annex I to Council Regulation (EC) No 2037/2000 on substances that deplete the ozone layer, and preparations containing them. Currently there are no classification criteria for Environmental Hazards for the non-aquatic environment in the primary Directives.

Annex V of the Dangerous Substances Directive 67/548/EEC contains the tests and procedures for classification.

There is differentiation into levels of hazard in a number of the hazard classes.

### 3.2 UN RTDG transport system

The UN RTDG Transport system covers substances, mixtures (preparations) and also articles such as batteries (articles are not covered by the EU supply system). It deals with immediate hazards arising from a single exposure, and therefore health hazards in this system only include acute effects. All dangerous goods that are classified are assumed to be environmentally hazardous, but at present there are no separate criteria for this hazard. The ADR and RID modal regulations do contain criteria for aquatic toxicity and covers substances that are not otherwise classified. This is based on a subset of the EU supply criteria. The IMDG Code has its own system that can classify any substance as a severe marine pollutant or marine pollutant, but mixtures can only be classified as a marine pollutant. The UN RTDG Transport system also includes other hazards not covered by the EU supply system, i.e. gases that are compressed, liquefied, refrigerated or in solution, biological hazards and radioactive materials. The UN RTDG is also more comprehensive than the EU supply system in describing physico-chemical hazards.

The UN RTDG Transport system classifies into the following hazard classes and 'Divisions' of hazard classes as follows:

#### **Class 1 - Explosives**

- Division 1.1 substances and articles, which have a mass explosion hazard
- Division 1.2 substances and articles, which have a projection hazard but not a mass explosion hazard;
- Division 1.3 substances and articles, which have a fire hazard and either a minor blast hazard or a minor projection hazard or both, but not a mass explosion hazard. This comprises substances and articles:
  - (i) which give rise to considerable radiant heat; or
  - (ii) which burn one after another, producing minor blast or projection effects or both;
- Division 1.4 substances and articles which present no significant hazard
- Division 1.5 very insensitive substances which have a mass explosion hazard
- Division 1.6 extremely insensitive articles which do not have a mass explosion hazard

#### **Class 2 - Gases**

- Division 2.1 flammable gases
- Division 2.2 non-flammable, non-toxic gases (includes oxidising gases)
- Division 2.3 toxic gases (includes corrosive gases)

#### **Class 3 - Flammable liquids**

#### **Class 4 - Flammable solids; substances liable to spontaneous combustion; substances which, in contact with water, emit flammable gases**

- Division 4.1 flammable solids, self-reactive and related substances and desensitised explosives
- Division 4.2 substances liable to spontaneous combustion
- Division 4.3 substances which in contact with water emit flammable gases

#### **Class 5 - Oxidising substances and organic peroxides**

- Division 5.1 oxidising substances
- Division 5.2 organic peroxides



## **Class 6 - Toxic and infectious substances**

Division 6.1 toxic substances

Division 6.2 infectious substances

## **Class 7 - Radioactive material**

## **Class 8 - Corrosive substances**

## **Class 9 - Miscellaneous dangerous substances and articles (includes environmental hazards for dangerous goods not already classified in classes 1 to 8).**

The UN RTDG Manual of Tests and Criteria contains the test methods, procedures and criteria for the classification of dangerous goods for transport.

In most hazard classes there is differentiation into hazard levels, called packing groups. Packing groups are also used to determine the standard of packaging required, but because of the properties of explosives, self-reactive substances and organic peroxides, the packing group does not reflect the level of hazard of these.

### **4 Hazard communication within regulatory classification systems**

Hazard communication within the two main regulatory systems described in this chapter also differs.

In the EU supply system, the immediate hazard communication is by a label, and there are rules by which the requirements for most of the following label elements are determined:

- chemical name of a substance or the trade name or designation of a preparation
- chemical name of substances present in a preparation
- danger symbol(s) (pictogram in a square box on an orange background)
- indication(s) of danger
- risk phrases (R phrases)
- safety advice (S phrases)
- nominal quantity (nominal mass or nominal volume) if for sale to the general public
- EC Number for substances
- name, address and telephone number to contact for emergency information.

In the EU supply system, more detailed information is contained in the safety data sheet. The safety data sheet should always be considered as the primary source of hazard communication information for all purposes, and, in particular, storage.

In the UN RTDG, the label, UN number and proper shipping name on the packaging containing the dangerous goods provide the immediate information. The label is a diamond shape (a square on its point) containing a pictogram in the upper half. The colour of the label varies according to the hazard class. The IMDG Code has a marine pollutant label, a triangle (top half of the transport diamond) on a horizontal base. The UN RTDG lists UN numbers and the rules for deriving the proper shipping name. The proper shipping name is usually the name of the chemical, or the main chemicals leading to the classification, but the European road and rail regulations, ADR and RID, do not require this. In transport, there are different means of providing the more detailed information, but ADR and RID usually provide it in the form of a TREMcard (TRANSPORT EMERGENCY card). Emergency services make use of the transport label and UN number as a primary source of immediate information.

## 5 Physico-chemical hazards

### 5.1 Explosive hazards

#### 5.1.1 EU system

Explosives are assigned the danger symbol below and the indication of danger 'explosive':



One of the following risk phrases is obligatory;

- R2 risk of explosion by shock, friction, fire or other sources of ignition
- R3 extreme risk of explosion by shock, friction, fire or other source of ignition.

#### 5.1.2 UN RTDG transport system

Part I of the UN RTDG Manual of Tests and Criteria contains further tests, grouped into seven series, to determine the correct division in Class 1 for explosives.

Explosives are defined as:

- (a) explosive substance is a solid or liquid substance (or a mixture of substances) which is in itself capable by chemical reaction of producing gas at such a temperature and pressure and at such a speed as to cause damage to the surroundings. Pyrotechnic substances are included even when they do not evolve gases
- (b) pyrotechnic substance is a substance or a mixture of substances designed to produce an effect by heat, light, sound, gas or smoke or a combination of these as the result of non-detonative self-sustaining exothermic chemical reactions
- (c) explosive article is an article containing one or more explosive substances.

Substances classified as explosives of Divisions 1 to 3 are assigned a label containing a bomb symbol, and Substances of Divisions 4 to 6 are assigned a label without the 'bomb' symbol, but containing the Division number as per the following label examples:



## 5.2 Oxidising and organic peroxide hazards

### 5.2.1 EU system

This classification covers organic peroxides, inorganic peroxides and other oxidising substances. For organic peroxides, the tests and criteria in Annex V of the Dangerous Substances Directive 67/548/EEC can be used to determine their explosive properties, but not their oxidising properties. Organic peroxide substances not classified as explosive are classified on the basis of their structure, and preparations are classified using a calculation method based on the percentage of active oxygen. Any organic peroxide or preparation is classified as oxidising, if the peroxide or its formulation contains:

- more than 5 % of organic peroxides, or
- more than 0.5 % available oxygen from the organic peroxides, and more than 5 % hydrogen peroxide.

They are assigned the danger symbol below and the indication of danger 'oxidising';



One of the following risk phrases is obligatory;

- R7 may cause fire
- R8 contact with combustible material may cause fire
- R9 explosive when mixed with combustible material.

### 5.2.2 UN RTDG transport system

The UN RTDG classifies oxidising substances and organic peroxides separately.

#### (a) Division 5.1 *Oxidising substances*

These are defined as substances that, while in themselves are not necessarily combustible, may, generally by yielding oxygen, cause, or contribute to, the combustion of other material.

Classification distinguishes between solids, liquids and gases. For solids and liquids only, three levels of hazard are differentiated. The oxidising ability of gases is determined either by tests or by calculation methods adopted by ISO.

#### (b) Division 5.2 *Organic peroxides*

These are defined as Organic substances which contain the bivalent -O - O- structure and may be considered to be derivatives of hydrogen peroxide, where one or both of the hydrogen atoms have been replaced by organic radicals.

Organic peroxides are thermally unstable substances, which may undergo exothermic self-accelerating decomposition. In addition, they may have one or more of the following properties:

- be liable to explosive decomposition
- burn rapidly
- be sensitive to impact or friction
- react dangerously with other substances
- cause damage to the eyes.

Classification distinguishes between Solids and Liquids, and seven levels of hazard (Types A to G) are differentiated, but Type G is not regulated for transport.

Both oxidising substances and organic peroxides of types A to F are assigned the same label, which is a flame over an 'O';



Some organic peroxides may be subject to temperature control requirements or may have been desensitised by the use of compatible diluents, such as organic liquids or solids, inorganic solids or water so that, in case of spillage or fire, the organic peroxide will not concentrate to a dangerous extent.

### 5.3 Flammability hazards

#### 5.3.1 EU system

##### Liquids

Classification differentiates into three hazard levels:

- (a) extremely flammable liquids having a flashpoint lower than 0 °C and boiling point or initial boiling point lower than or equal to 35 °C

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'extremely flammable':



The following risk phrase is obligatory: R12 extremely flammable.

- (b) highly flammable liquids having a flashpoint below 21 °C and not classified as extremely flammable

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'highly flammable':



The following risk phrase is obligatory: R11 highly flammable.

- (c) Flammable liquids having a flashpoint equal to or greater than 21 °C, and less than or equal to 55 °C. However, preparations do not have to be classified as flammable if the preparation does not support combustion and there is no reason to fear risks to those handling the preparations or to other persons.

There is no symbol or indication of danger.

The following risk phrases is obligatory: R10 flammable.

##### Solids

There is a single hazard level for solids which may readily catch fire after brief contact with a source of ignition and which continue to burn or to be consumed after removal of the source of ignition.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'highly flammable':



The following risk phrase is obligatory: R11 highly flammable.

### **Gases**

There is a single hazard level for gases that are flammable in contact with air at ambient temperature and pressure.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'extremely flammable':



The following risk phrase is obligatory: R12 extremely flammable.

### **Pyrophoric/self heating**

There is a single hazard level for dangerous goods which may become hot and finally catch fire in contact with air at ambient temperature without any input of energy.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'highly flammable':



The following risk phrase is obligatory: R17 spontaneously flammable in air.

### **Water reactive evolving flammable gases**

There is a single hazard level for water reactive dangerous goods that, in contact with water or damp air, evolve extremely flammable gases at a minimum rate of one litre per kilogram per hour.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'highly flammable':



The following risk phrase is obligatory: R15 contact with water liberates extremely flammable gases.

## **5.3.2UN RTDG transport system**

### **Liquids**

Flammable liquids are defined as liquids, or mixtures of liquids, or liquids containing solids in solution or suspension, e.g. paints, which give off a flammable vapour at temperatures of not more than 60.5 °C, closed-cup test, or not more than 65.6 °C, open-cup test, normally referred to as the flashpoint.

Classification differentiates into three hazard levels:

- (a) high danger – packing group I

Flammable liquids having a boiling point or initial boiling point lower than or equal to 35 °C.

- (b) medium danger – packing group II

Flammable liquids having a boiling point or initial boiling point greater than 35 °C and a flashpoint below 23 °C

- (c) low danger – packing group III.

Flammable liquids having a boiling point or initial boiling point greater than 35 °C, and a flashpoint equal to or greater than 23 °C, and less than or equal to 60.5 °C. However, such liquids with a flashpoint of more than 35 °C which do not sustain combustion may not have been classified as flammable liquids. Liquids are considered to be unable to sustain combustion (i.e. they do not sustain combustion under defined test conditions) if:

- (i) they have passed a suitable combustibility test (see UN RTDG Manual of Tests and Criteria)
- (ii) their fire point according to ISO 2592:1973 is greater than 100 °C, or
- (iii) they are water miscible solutions with a water content of more than 90 % by mass.

All hazard levels of flammable liquids are assigned the same label:



Note: In the UN RTDG due to various derogations, the packing group is not always a true guide as to the flammability or flashpoint range of preparations/mixtures for storage purposes.

- (a) there are provisions in the UN RTDG allowing viscous liquid mixtures having a flashpoint of less than 23 °C to be placed in the low danger category, packing group III. This is usually on the basis of a combination of some of the following conditions:
- the viscosity expressed as the flow time in seconds
  - the closed-cup flashpoint
  - less than 3 % of the clear solvent layer separates in a solvent separation test, and
  - no content of any substance classified for acute toxicity in Division 6.1 or corrosivity in class 8.
- (b) in the UN RTDG, viscous preparations/mixtures in the low danger category, packing group III, may not have been regulated if:
- the flashpoint of 23 °C or above and less than or equal to 60.5 °C
  - they are not also classified for acute toxicity in Division 6.1 or corrosivity in Class 8
  - they contain no more than 20 % nitrocellulose provided the nitrocellulose contains no more than 12.6 % nitrogen by dry mass, and
  - they are packed in receptacles of less than 450 l capacity.

and:

- less than 3 % of the clear solvent layer separates in a solvent separation test, and
- the flow time in the viscosity test with a jet diameter of 6 mm is equal to or greater than:
  - 60 seconds, or
  - 40 seconds if the viscous preparations/mixture contains not more than flammable liquids.

**Note:** These provisions are not applied consistently across all the modal regulations.

### **Solids**

Flammable solids are defined as readily combustible solids which are powdered, granular, or pasty substances which are dangerous if they can be easily ignited by brief contact with an ignition source, such as a burning match, and if the flame spreads rapidly. The danger may come not only from the fire but also from toxic combustion products. Metal powders are especially dangerous because of the difficulty of extinguishing a fire since normal extinguishing agents such as carbon dioxide or water can increase the hazard.

Solids which may cause fire through friction are also defined as flammable solids and are classified by analogy with existing entries (e.g. matches).

Classification differentiates into two hazard levels:

- (a) medium danger – packing group II
- (b) low danger – packing group III.

Both hazard levels of flammable solids are assigned the same label:



### **Gases**

Flammable gases are defined as gases which at 20 °C and standard pressure of 101.3 kPa:

- are ignitable when in a mixture of 13 per cent or less by volume with air, or
- have a flammable range with air of at least 12 percentage points regardless of the lower flammable limit.

Flammability is generally determined by tests or by calculation in accordance with methods adopted by ISO (see ISO 10156:1996). For transport this classification includes aerosols and small receptacles containing gas.

Hazard levels of gases are not differentiated. They are assigned the label below:





## Self-reactive and related substances

Self-reactive substances are defined as thermally unstable substances liable to undergo a strongly exothermic decomposition even without participation of oxygen. Substances are not considered to be self-reactive substances if:

- they are explosives
- they are oxidising
- they are organic peroxides
- their heat of decomposition is less than 300 J/g, or
- the self-accelerating decomposition temperature is greater than 75 °C for a 50 kg package.

Substances related to self-reactive substances are defined as having a self-accelerating decomposition temperature greater than 75 °C. They can undergo a strongly exothermic decomposition and are liable, in certain packagings, to meet the criteria for explosives.

The decomposition of self-reactive substances can be initiated by heat, contact with catalytic impurities (e.g. acids, heavy-metal compounds, bases), friction or impact. The rate of decomposition increases with temperature and varies with the substance. Decomposition, particularly if no ignition occurs, may result in the evolution of toxic gases or vapours. For certain self-reactive substances, the temperature has to be controlled. Some self-reactive substances may decompose explosively, particularly if confined. This characteristic may be modified by the addition of diluents or by the use of appropriate packagings. Some self-reactive substances burn vigorously. Self-reactive substances are, for example, some compounds of the types listed below:

- aliphatic azo compounds (-C-N=N-C-)
- organic azides (-C-N<sub>3</sub>)
- diazonium salts (-CN<sub>2</sub>+Z-)
- N-nitroso compounds (-N-N=O), and
- aromatic sulphohydrazides (-SO<sub>2</sub>-NH-NH<sub>2</sub>).

Classification differentiates into seven levels of hazard (types A to G), but type G is not regulated for transport.

Types A to F are assigned the label below:



Some self-reactive substances may be desensitised through the use of a diluent. Diluents should not allow a self-reactive substance to concentrate to a dangerous extent in the event of leakage. The diluent has to be compatible with the self-reactive substance. Compatible diluents are those solids or liquids which have no detrimental influence on the thermal stability and hazard type of the self-reactive substance.

Some self-reactive substances may be subject to temperature control requirements. Liquid diluents in liquid formulations requiring temperature control have to have a boiling point of at least 60 °C and a flashpoint not less than 5 °C. The boiling point of the liquid has to be at least 50 °C higher than the control temperature of the self-reactive substance.

### **Desensitised explosives**

Desensitised explosives are substances which are wetted with water or alcohols or are diluted with other substances to suppress their explosive properties.

They are assigned the label below:



### **Pyrophoric/self heating**

Pyrophoric and self-heating substances are defined as:

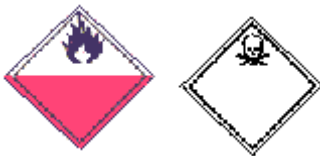
- pyrophoric substances are liquid or solid dangerous goods which even in small quantities ignite within five minutes of coming into contact with air. These are liable to spontaneous combustion
- self-heating substances are liquid or solid dangerous goods, other than pyrophoric substances, which in contact with air without energy supply are liable to self-heating. These substances will ignite only when in large amounts (kilograms) and after long periods of time (hours or days) and are called self-heating substances.

Self-heating of dangerous goods, leading to spontaneous combustion, is caused by reaction of the substance with oxygen and the heat developed not being conducted away rapidly enough to the surroundings. Spontaneous combustion occurs when the rate of heat production exceeds the rate of heat loss and the auto-ignition temperature is reached.

Classification differentiates into three hazard levels:

- |     |               |                   |                          |
|-----|---------------|-------------------|--------------------------|
| (a) | high danger   | packing group I:  | pyrophoric substances    |
| (b) | medium danger | packing group II  | self-heating substances  |
| (c) | low danger    | packing group III | self-heating substances. |

All hazard levels of pyrophoric and self-heating substances are assigned the same labels:



### **Water reactive evolving flammable gases**

These are defined as substances which in contact with water may emit flammable gases that can form explosive mixtures with air. Such mixtures are easily ignited by all ordinary sources of ignition, for example naked lights, sparking hand tools or unprotected light bulbs. The resulting blast wave and flames may endanger people and the environment.

Classification differentiates into three hazard levels based on the rate of evolution of the flammable gases:

(a) high danger packing group I

Evolution of flammable gases at a minimum rate of ten litres per kilogram per minute.

(b) medium danger packing group II

Evolution of flammable gases at a minimum rate of twenty litres per kilogram per hour.

(c) low danger packing group III

Evolution of flammable gases at a minimum rate of one litre per kilogram per hour.

All hazard levels of these water reactive substances are assigned the same label:



## 5.4 Other physico-chemical properties

### 5.4.1 EU system

The EU system uses additional risk phrases that are applicable to dangerous goods, which are already classified. These risk phrases do not represent a classification. They are:

R1 explosive when dry

For explosive dangerous goods put on the market in solution or in a wetted form, e.g. nitrocellulose with more than 12.6 % nitrogen.

R4 forms very sensitive explosive metallic compounds

For dangerous goods which may form sensitive explosive metallic derivatives, e.g. picric acid, styphnic acid.

R5 heating may cause an explosion

For thermally unstable dangerous goods not classified as explosive, e.g. perchloric acid > 50 %.

R6 explosive with or without contact with air

For dangerous goods which are unstable at ambient temperatures, e.g. acetylene.

R7 may cause fire

For reactive dangerous goods, e.g. fluorine, sodium hydrosulphite.

R14 reacts violently with water

For dangerous goods which react violently with water, e.g. acetyl chloride, alkali metals, titanium tetrachloride.

R16 explosive when mixed with oxidising substances

For dangerous goods which react explosively with an oxidising agent, e.g. red phosphorus.

R18 in use, may form flammable/explosive vapour-air mixture

For preparations not classified as flammable, which contain volatile components which are flammable in air.

R19 may form explosive peroxides

For dangerous goods which may form explosive peroxides during storage, e.g. diethyl ether, 1,4-dioxan.

R30 can become highly flammable in use

For preparations not classified as flammable, but which may become flammable due to the loss of non-flammable volatile components.

R44 risk of explosion if heated under confinement

For dangerous goods not classified as explosive, but which may nevertheless display explosive properties in practice if heated under sufficient confinement. For example, certain substances which would decompose explosively if heated in a steel drum do not show this effect if heated in less-strong containers.

#### 5.4.2 UN RTDG transport system

##### Corrosivity to metal

**Note:** There is no equivalent criteria in the EU system.

This is defined as exhibiting a corrosion rate on steel or aluminium surfaces exceeding 6.25 mm a year at a test temperature of 55 °C.

For the purposes of testing steel, type P235 (ISO 9328 (II):1991) or a similar type, and for testing aluminium, non-clad types 7075-T6 or AZ5GU-T6 shall be used. An acceptable test is prescribed in ASTM G31-72 (Reapproved 1990).

Only one hazard level, packing group III is differentiated, which is assigned the same level as for corrosive to living tissue;



##### Gases

The UN RTDG also classifies gases in other physical forms as listed below:

- compressed gas - a gas (other than in solution) which when packaged under pressure for transport is entirely gaseous at 20 °C
- liquefied gas - a gas which when packaged for transport is partially liquid at 20 °C
- refrigerated liquefied gas - a gas which when packaged for transport is made partially liquid because of its low temperature, or
- gas in solution - compressed gas which when packaged for transport is dissolved in a solvent.

This covers: compressed gases; liquefied gases; gases in solution; refrigerated liquefied gases; mixtures of gases; mixtures of one or more gases with one or more vapours of substances of other classes; articles charged with a gas; tellurium hexafluoride; aerosols.

## 6 Health hazards

### 6.1 Acute toxicity

#### 6.1.1 EU system

Three routes of exposure are considered:

- oral
- dermal
- inhalation.

and these are differentiated into three levels of hazard:

- very toxic
- toxic
- harmful.

### **Oral toxicity**

The criteria for the highest level of hazard, 'very toxic', are:

- LD50 oral, rat < 25 mg/kg
- less than 100 % survival at 5 mg/kg oral, rat by the fixed dose procedure, or high mortality at doses < 25 mg/kg oral, rat, by the acute toxic class method.

The following risk phrase is obligatory: R28 very toxic if swallowed.

The criteria for the second level of hazard, 'toxic' are:

- LD50 oral, rat: 25 < LD50 < 200 mg/kg
- Discriminating dose, oral, rat, 5 mg/kg: 100 % survival but evident toxicity, or
- high mortality in the dose range > 25 to < 200 mg/kg oral, rat, by the acute toxic class method.

The following risk phrase is obligatory: R25 toxic if swallowed.

There are two different criteria for the lowest level of hazard, 'harmful', which are:

(i) 'acute oral toxicity':

- LD50 per oral, rat: 200 < LD50 < 2000 mg/kg
- discriminating dose, oral, rat, 50 mg/kg: 100 % survival but evident toxicity
- less than 100 % survival at 500 mg/kg, rat oral by the fixed dose procedure, or
- high mortality in the dose range > 200 to < 2000 mg/kg oral, rat, by the acute toxic class method.

The following risk phrase is obligatory: R22 harmful if swallowed.

(ii) 'aspiration hazard'

This is defined as liquid substances and preparations presenting an aspiration hazard in humans because of their low viscosity:

- (a) for substances and preparations containing aliphatic, alicyclic and aromatic hydrocarbons in a total concentration equal to or greater than 10 % and having either:
  - a flow time of less than 30 sec. in a 3 mm ISO cup according to ISO 2431 (April 1996/July 1999 edition) relating to 'Paints and varnishes - Determination of flow time by use of flow cups'

- a kinematic viscosity measured by a calibrated glass capillary viscometer in accordance with ISO 3104/3105 of less than  $7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$  at  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  (ISO 3104, 1994 edition, relating to 'Petroleum products - Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity'; ISO 3105, 1994 edition, relating to 'Glass capillary kinematic viscometers - Specifications and operating instructions'), or
- a kinematic viscosity derived from measurements of rotational viscometry in accordance with ISO 3219 of less than  $7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$  at  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  (ISO 3219, 1993 edition, relating to 'Plastics – Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions - Determination of viscosity using a rotational viscometer with defined shear rate')
- Note that substances and preparations meeting these criteria need not be classified if they have a mean surface tension greater than  $33 \text{ mN/m}$  at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  as measured by the du Nouy tensiometer or by the test methods shown in Annex V Part A.5.

(b) for substances and preparations, based on practical experience in humans.

The following risk phrase is obligatory: R65 harmful: may cause lung damage if swallowed.

### **Dermal toxicity**

The criteria for the highest level of hazard, 'very toxic', is:

- LD50 dermal, rat or rabbit:  $< 50 \text{ mg/kg}$ .

The following risk phrase is obligatory: R27 very toxic in contact with skin.

The criteria for the second level of hazard, 'toxic', is:

- LD50 dermal, rat or rabbit:  $50 < \text{LD50} < 400 \text{ mg/kg}$ .

The following risk phrase is obligatory: R24 toxic in contact with skin.

The criteria for the lowest level of hazard, 'harmful', is:

- LD50 dermal, rat or rabbit:  $400 < \text{LD50} < 2000 \text{ mg/kg}$ .

The following risk phrase is obligatory: R21 harmful in contact with skin.

### **Inhalation toxicity**

The criteria for the highest level of hazard, 'very toxic', is:

- LC50 inhalation, rat, for aerosols or particulates:  $< 0.25 \text{ mg/litre/4hr}$
- LC50 inhalation, rat, for gases and vapours:  $< 0.5 \text{ mg/litre/4hr}$ .

The following risk phrase is obligatory: R26 very toxic by inhalation.

The criteria for the second level of hazard, 'toxic', is:

- LC50 inhalation, rat, for aerosols or particulates:  $0.25 < \text{LC50} < 1 \text{ mg/litre/4hr}$ ,
- LC50 inhalation, rat, for gases and vapours:  $0.5 < \text{LC50} < 2 \text{ mg/litre/4hr}$ .

The following risk phrase is obligatory: R23 toxic by inhalation.

The criteria for the lowest level of hazard, 'harmful', is:

- LC50 inhalation, rat, for aerosols or particulates:  $1 < LC50 < 5$  mg/litre/4hr,
- LC50 inhalation, rat, for gases or vapours:  $2 < LC50 < 20$  mg/litre/4hr.

The following risk phrase is obligatory: R20 harmful by inhalation.

Acute Health Effects are assigned danger symbols and indications of danger as below:

Hazard level 1 is assigned the indication of danger 'very toxic' and the danger symbol:



Hazard level 2 is assigned the indication of danger 'toxic' and the danger symbol:



Hazard level 3 is assigned the indication of danger 'harmful' and the danger symbol:



### 6.1.2UN RTDG transport system

The UN Transport system only classifies dangerous goods as posing health hazards when the effect is from a single exposure. Toxic dangerous goods are defined as substances liable either to cause death or serious injury or to harm human health if swallowed or inhaled or by skin contact. Except for Gases, these are differentiated into three levels of hazard.

- packing group I substances and preparations presenting a very severe toxicity risk
- packing group II substances and preparations presenting a serious toxicity risk
- packing group III substances and preparations presenting a relatively low toxicity risk.

For inhalation toxicity, vapours, dusts and mists (Division 6.1) are treated differently to gases (Division 2.3).

#### Oral toxicity

The criteria for classification are currently:

- packing group I  $LD50 < 5$  mg/kg
- packing group II  $5 < LD50 < 50$  mg/kg
- packing group III, solids  $50 < LD50 < 200$  mg/kg
- packing group III, liquids  $50 < LD50 < 500$  mg/kg.



### **Dermal toxicity**

The criteria for classification are currently:

- (i) packing group I      LD50 < 40 mg/kg
- (ii) packing group II     40 < LD50 < 200 mg/kg
- (iii) packing group III, solids 200 < LD50 < 1000 mg/kg.

### **Inhalation toxicity – dusts and mists**

The criteria for classification are currently:

- (i) packing group I      LC50 < 0.5 mg/litre/1hr
- (ii) packing group II     0.5 < LC50 < 2 mg/litre/1hr
- (iii) packing group III, solids 2 < LC50 < 10 mg/litre/1hr.

Whereas the corresponding EU supply criteria is based on 4 hour exposure figures, the corresponding UN RTDG, criteria for inhalation toxicity of dusts and mists are based on LC50 data relating to 1 hour exposures. Where only LC50 data relating to 4 hours exposures are available, these figures are multiplied by four and the product substituted in the above criteria, i.e. LC50 (4 hours) × 4 is considered the equivalent of LC50 (1 hour).

### **Inhalation toxicity –vapours**

In the UN RTDG system the volatility of liquids is taken into account in the classification criteria. Liquids having toxic vapours are assigned to the following packing groups, where 'V' is the saturated vapour concentration in millilitres per cubic metre of air at 20 °C and at standard atmospheric pressure:

- (i) packing group I if  $V > 10 LC50$  and  $LC50 < 1000 \text{ ml/m}^3$
- (ii) packing group II if  $V > LC50$  and  $LC50 < 3000 \text{ ml/m}^3$ , and not meeting the criteria for packing group I
- (iii) packing group III if  $V > 1/5 LC50$  and  $LC50 < 5000 \text{ ml/m}^3$ , and not meeting the criteria for packing groups I or II.

Whereas the corresponding EU supply criteria is based on mg/litre 4 hour exposure figures, the corresponding UN RTDG, criteria for inhalation toxicity of vapours are based on LC50 data relating to 1 hour exposures expressed as millilitres per cubic metre. Where only LC50 data relating to 4 hours exposures are available, these figures are multiplied by two and the product substituted in the above criteria, i.e. LC50 (4 hours) × 2 is considered the equivalent of LC50 (1 hour).

### **Inhalation toxicity –gases**

There is no differentiation into hazard levels and the criteria covers when the LC50 value is equal to or less than  $5000 \text{ ml/m}^3$  (ppm)

Hazard communication for toxic substances in the UN RTDG

All physical states and hazard levels of toxic dangerous goods are assigned the same label:



## 6.2 Sub-acute, sub-chronic or chronic toxicity

**Note:** These hazards are not covered in the UN RTDG Transport system

### 6.2.1 Very serious irreversible effects by a single exposure

Three routes of exposure are considered:

- (i) oral
- (ii) dermal
- (iii) inhalation

and these are differentiated into three levels of hazard:

- (i) very toxic
- (ii) toxic
- (iii) harmful.

The criteria is that there is strong evidence that irreversible damage other than Carcinogenic, Mutagenic or Reproductive toxic (CMR) effects are likely to be caused by a single exposure by an appropriate route, generally in the same dose range as the equivalent for acute toxicity.

The following risk phrases are obligatory:

For hazard level one 'very toxic' and hazard level two 'toxic': R39 danger of very serious irreversible effects.

For Hazard Level three 'harmful': R40 (R68 from 30/07/2002) possible risk of irreversible effects.

In order to indicate the route of exposure, these risk phrases are used in combinations with the relevant acute toxicity risk phrase(s): R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R40/20, R40/21, R40/22, R40/20/21, R40/20/22, R40/21/22, R40/20/21/22.

Hazard level 1 is assigned the indication of danger 'very toxic', and hazard level 2 is assigned the indication of danger 'toxic' and both are assigned the danger symbol:



Hazard level 3 is assigned the indication of danger 'harmful', and the danger symbol:



### 6.2.2 Very serious irreversible effects by repeated or prolonged exposure

Three routes of exposure are considered:

- (i) oral
- (ii) dermal
- (iii) inhalation

and these are differentiated into two levels of hazard:

- (i) toxic
- (ii) harmful.

The criteria is that there is serious damage (clear functional disturbance or morphological change which have toxicological significance) that is likely to be caused by repeated or prolonged exposure by an appropriate route.

Classification is as harmful when these effects are observed at levels of the order of:

- oral, rat < 50 mg/kg (bodyweight)/day
- dermal, rat or rabbit < 100 mg/kg (bodyweight)/day
- inhalation, rat < 0.25 mg/l, 6h/day.

These guide values are applied directly when severe lesions have been observed in a sub-chronic (90 days) toxicity test. When the results of a sub-acute (28 days) toxicity test have been used these figures are increased approximately three fold. If chronic (two years) toxicity test is available they are evaluated on a case-by-case basis. If results of studies of more than one duration are available, then those from the study of the longest duration are normally used. Classification is as at least as toxic when these effects are observed at levels of one order of magnitude lower (i.e. 10-fold) than those for harmful.

The following risk phrases are obligatory: For both hazard levels, the following risk phrase is obligatory: R48 danger of serious damage to health by prolonged exposure

In order to indicate the route of exposure, these risk phrases are used in combinations with the relevant Acute Toxicity risk phrase(s): R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22.

The highest hazard level is assigned the indication of danger 'toxic' and the danger symbol:



The lowest hazard level is assigned the indication of danger 'harmful', and the danger symbol:



### 6.3 Corrosive and irritant

**Note:** The UN RTDG Transport system only covers corrosive effects

#### 6.3.1 EU system - corrosive

Corrosive is defined as being if during the test when applied to healthy intact animal skin, full thickness destruction of skin tissue on at least one animal is produced.

Two levels of hazard are differentiated.

The criteria for the most severe hazard level is if, when applied to healthy intact animal skin, full thickness destruction of skin tissue occurs as a result of up to three minutes exposure.

The following risk phrase is obligatory: R35 causes severe burns.

The criteria for the less severe hazard level is if, when applied to healthy intact animal skin, full thickness destruction of skin tissue occurs as a result of up to four hours exposure.

The following risk phrase is obligatory: R34 causes burns.

Both hazard levels are assigned the indication of danger 'corrosive' and the danger symbol:



### 6.3.2 UN RTDG transport system

Corrosive dangerous goods are defined as substances which, by chemical action, will cause severe damage when in contact with living tissue.

**Note:** Although the definition refers to destruction of living tissue, the criteria only refers to destruction of skin tissue. Refer to physico-chemical hazards for corrosivity to metal.

Three levels of hazard are differentiated:

packing group I	is assigned to substances that cause full thickness destruction of intact skin tissue within an observation period up to 60 minutes starting after the exposure time of three minutes or less
packing group II	is assigned to substances that cause full thickness destruction of intact skin tissue within an observation period up to 14 days starting after the exposure time of more than three minutes but not more than 60 minutes
packing group III	is assigned to substances that cause full thickness destruction of intact skin tissue within an observation period up to 14 days starting after the exposure time of more than 60 minutes but not more than 4 hours.

The following label is assigned:



### 6.3.3 EU system - irritant

#### Skin

Dangerous goods are considered to be irritant if they cause significant inflammation of the skin which persists for at least 24 hours after an exposure period of up to four hours determined on the rabbit according to the cutaneous irritation test method, or if they cause significant

inflammation of the skin, based on practical observations in humans on immediate, prolonged or repeated contact.

The following risk phrase is obligatory: R38 irritating to skin.

### Eyes

Two hazard levels are differentiated.

- (i) serious damage to eyes (higher hazard level)
- (ii) irritating to eyes (lower hazard level).

Dangerous goods are classified if, when applied to the eye of the animal, cause significant ocular lesions which occur within 72 hours after exposure and which persist for at least 24 hours, or if they cause significant ocular lesions, based on practical experience in humans.

**Note:** When a substance or preparation is classified as corrosive and assigned R34 or R35, the risk of severe damage to eyes is considered implicit and R41 is not included in the label.

The following risk phrases are obligatory:

- (i)(higher hazard level) R41 risk of serious damage to eyes
- (ii) (higher hazard level) R36 irritating to eyes.

### Respiratory system

A single hazard level is differentiated.

Dangerous goods are classified based on:

- practical observation in humans
- positive results from appropriate animal tests.

The following risk phrase is obligatory: R37 irritating to respiratory system.

All these hazard levels and routes of exposure hazard levels are assigned the indication of danger 'irritant' and the danger symbol:



## **6.4 Sensitisation**

**Note:** These hazards are not covered in the UN RTDG transport system

### Sensitisation by inhalation

A single hazard level is differentiated.

Dangerous goods are classified as sensitising by inhalation:

- if there is evidence that they can induce specific respiratory hypersensitivity
- where there are positive results from appropriate animal tests, or
- if it is an isocyanate, unless there is evidence that the specific isocyanate does not cause respiratory hypersensitivity.

Evidence that the dangerous goods can induce specific respiratory hypersensitivity will normally be based on human experience. In this context hypersensitivity is normally seen as asthma, but other hypersensitivity reactions such as rhinitis and alveolitis are also considered. The condition will have the clinical character of an allergic reaction. However, immunological mechanisms do not have to be demonstrated.

The following risk phrase is obligatory: R42 may cause sensitisation by inhalation.

This is assigned the indication of danger 'harmful', and the danger symbol:



### **Sensitisation by skin contact**

A single hazard level is differentiated.

Dangerous goods are classified as sensitising by skin contact:

- if practical experience shows the dangerous goods to be capable of inducing a sensitisation by skin contact in a substantial number of persons, or
- where there are positive results from an appropriate animal test.

The following risk phrase is obligatory: R43 may cause sensitisation by skin contact.

This is assigned the indication of danger 'irritant', and the danger symbol:



## **6.5 Specific effects on health**

**Note:** These hazards are not covered in the UN RTDG transport system.

These are commonly known as CMR (Carcinogenic, Mutagenic and Reproductive toxic) effects). Each are differentiated into three levels of hazard. For the purpose of classification and labelling, and having regard to the current state of knowledge, they are divided into three categories. The placing into category 1 is done on the basis of epidemiological data; placing into categories 2 and 3 is based primarily on animal experiments.

Category 1      known to be CMR to man. There is sufficient evidence to establish a causal association between human exposure to a substance and the development of CMR effects

- Category 2 should be regarded as if they are CMR to man. There is sufficient evidence to provide a strong presumption that human exposure may result in the development of CMR effects, generally on the basis of:
- appropriate long-term animal studies
  - other relevant information
- Category 3 cause concern for man owing to possible CMR effects but in respect of which the available information is not adequate for making a satisfactory assessment. There is some evidence from appropriate animal studies, but this is insufficient to place the substance in category 2.

### **Carcinogenic**

The following risk phrases are obligatory:

- (i) (Category 1 and 2) R45, may cause cancer, or R49 may cause cancer by inhalation
- (ii) (Category 3) R40 limited evidence of a carcinogenic effect.

### **Mutagenic**

The following risk phrases are obligatory:

- (i) (Category 1 and 2) R46 may cause heritable genetic damage
- (ii) (Category 3) R68

### **Reproductive Toxic**

Reproductive toxic effects are considered for two different types of effects:

- fertility
- development.

The following risk phrases are obligatory:

#### **Fertility**

- (i) (Category 1 and 2) R60 may impair fertility
- (ii) (Category 3) R62 possible risk of impaired fertility.

#### **Development**

- (i) (Category 1 and 2) R61 may cause harm to the unborn child
- (ii) (Category 3) R63 possible risk of harm to the unborn child.

Dangerous goods which are classified as toxic to reproduction and which also cause concern due to their effects on lactation are in addition labelled with R64.

For each CMR effect of category 1 and 2 the following danger symbol is assigned:





For each CMR effect of category 3 the following danger symbol is assigned:



## 6.6 Other health effects

### 6.6.1 EU system

The EU system uses additional risk phrases that are applicable to dangerous goods, which are already classified. These risk phrases do not represent a classification. They are:

R29 Contact with water liberates toxic gas

For dangerous goods which in contact with water or damp air, evolve very toxic/toxic gases in potentially dangerous amounts.

R31 Contact with acids liberates toxic gas

For dangerous goods which react with acids to evolve toxic gases in dangerous amounts.

R32 Contact with acids liberates very toxic gas

For dangerous goods which react with acids to evolve very toxic gases in dangerous amounts.

R33 Danger of cumulative effects

For dangerous goods when accumulation in the human body is likely and may cause some concern.

R64 May cause harm to breastfed babies

For dangerous goods which are absorbed by women and may interfere with lactation or which may be present (including metabolites) in breast milk in amounts sufficient to cause concern for the health of a breastfed child.

R66 Repeated exposure may cause skin dryness or cracking

For dangerous goods which may cause concern as a result of skin dryness, flaking or cracking but which do not meet the criteria for R38 based on either:

- practical observation after normal handling and use, or
- relevant evidence concerning their predicted effects on the skin.

R67 Vapours may cause drowsiness and dizziness

For volatile dangerous goods containing substances which cause clear symptoms of central nervous system depression by inhalation and which are not already classified with respect to acute inhalation toxicity (R20, R23, R26, R68/20, R39/23 or R39/26).

### 6.6.2 UN RTDG transport system

The UN RTDG system classifies hazards that are not covered under the two prime EU Directives.

Division 6.2 Infectious substances

Infectious substances are defined as those substances known or reasonably expected to contain pathogens. Pathogens are defined as micro-organisms (including bacteria, viruses, rickettsia,

parasites, fungi) or recombinant micro-organisms (hybrid or mutant), that are known or reasonably expected to cause infectious disease in animals or humans.

They are classified on the basis of their allocation to one of three risk groups based on criteria developed by the World Health Organisation (WHO) and published in the WHO 'Laboratory Biosafety Manual, second edition (1993)'.

#### Class 7 Radioactive Materials

Radioactive materials are defined as any material containing radionuclides where both the activity concentration and the total activity in the consignment exceed the values specified in paragraphs 401 - 406 of the Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, (1996 Edition) IAEA Safety Standards Series No.ST-1.

### 7 Environmental hazards

#### 7.1 EU system

##### Aquatic toxicity

Substances classification is usually on the basis of experimental data for acute aquatic toxicity, degradation, and log Pow (or BCF if available). Classification of preparations is normally made by a calculation method based on the individual concentration limits of the components.

Classification differentiates into three hazard levels:

(a) very toxic

(i) acute aquatic toxicity criteria are:

- acute toxicity 96 hr LC50 (for fish) < 1 mg/l
- acute toxicity 48 hr EC50 (for Daphnia) < 1 mg/l, or
- acute toxicity 72 hr IC50 (for algae) < 1 mg/l.

The following risk phrase is obligatory: R50 very toxic to aquatic organisms.

(ii) acute/chronic aquatic toxicity

- acute toxicity 96 hr LC50 (for fish) < 1 mg/l
- acute toxicity 48 hr EC50 (for Daphnia) < 1 mg/l, or
- acute toxicity 72 hr IC50 (for algae) < 1 mg/l

and:

- the substance is not readily degradable, or
- the log Pow (log octanol/water partition coefficient) > 3.0 (unless the experimentally determined BCF < 100).

The following risk phrases are obligatory: R50 very toxic to aquatic organisms; and R53 may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'dangerous for the environment'.



## (b) toxic - acute/chronic aquatic toxicity

- acute toxicity 96 hr LC50 (for fish) 1 mg/l < LC50 < 10 mg/l
- acute toxicity 48 hr EC50 (for Daphnia) 1 mg/l < EC50 < 10 mg/l, or
- acute toxicity 72 hr IC50 (for algae) 1 mg/l < IC50 < 10 mg/l

and:

- the substance is not readily degradable, or
- the log Pow (log octanol/water partition coefficient) > 3.0 (unless the experimentally determined BCF < 100).

The following risk phrases are obligatory: R51 toxic to aquatic organisms; and R53 may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

They are assigned the symbol below and the indication of danger 'dangerous for the environment'.



## (c) harmful

## (i) acute aquatic toxicity criterion is:

Substances not falling under the criteria listed above, but which on the basis of the available evidence concerning their toxicity may nevertheless present a danger to the structure and/or functioning of aquatic ecosystems.

The following risk phrase is obligatory: R52 harmful to aquatic organisms.

## (ii) acute/chronic aquatic toxicity:

- acute toxicity 96 hr LC50 (for fish) 10 mg/l < LC50 < 100 mg/l
- acute toxicity 48 hr EC50 (for Daphnia) 10 mg/l < EC50 < 100 mg/l, or
- acute toxicity 72 hr IC50 (for algae) 10 mg/l < IC50 < 100 mg/l

and

- the substance is not readily degradable

This criterion applies unless there exists additional scientific evidence concerning degradation and/or toxicity sufficient to provide an adequate assurance that neither the substance nor its degradation products will constitute a potential long-term and/or delayed danger to the aquatic environment.

The following risk phrases are obligatory: R52 harmful to aquatic organisms, and R53 may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

## (iii) chronic aquatic toxicity

Substances not falling under the criteria listed above in this chapter, but which, on the basis of the available evidence concerning their persistence, potential to accumulate, and predicted or observed environmental fate and behaviour may nevertheless present a long-term and/or delayed danger to the structure and/or functioning of aquatic ecosystems.

The following risk phrase is obligatory: R53 may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

### **Non-aquatic toxicity**

Dangerous goods are classified on the basis of the available evidence concerning their toxicity, persistence, potential to accumulate and predicted or observed environmental fate and behaviour may present a danger, immediate or long-term and/or delayed, to the structure and/or functioning of natural ecosystems. Detailed criteria is to be elaborated later.

One or more of the following risk phrases is obligatory as appropriate:

R54 toxic to flora

R55 toxic to fauna

R56 toxic to soil organisms

R57 toxic to bees

R58 may cause long-term adverse effects in the environment.

Similarly regarding danger for the atmosphere, dangerous goods are classified on the basis of the available evidence concerning their properties and their predicted or observed environmental fate and behaviour may present a danger to the structure and/or the functioning of the stratospheric ozone layer. This includes the substances which are listed in Annex I to Council Regulation (EC) No 2037/2000 on substances that deplete the ozone layer (OJ No L 244, 29.9.2000, p.1) and its subsequent amendments.

The following risk phrases is obligatory: R59 dangerous for the ozone layer.

All of these are assigned the symbol below and the indication of danger 'dangerous for the environment'.

























## **7.2 UN RTDG transport system**

Currently the UN RTDG has no criteria for environmentally hazardous dangerous goods, although there is a placeholder for them in class 9 of the UN RTDG. In Europe the road and rail transport regulations classify for environmental hazards utilising the very toxic and toxic hazard levels from the EU system. This applies to substances and mixtures that are not otherwise classified for transport. The UN RTDG class 9 label is used to communicate this hazard.

For sea transport, the IMDG code classifies substances as either severe marine pollutants or marine pollutants, but mixtures can only be classified as marine pollutants based on a content of 1 % or more of severe marine pollutants or 10 % or more of marine pollutants. The IMDG code system applies irrespective of whether the substances or mixtures are already classified for transport or not. This is essentially not a self-classification system for substances as IMO has a group of scientific experts, GESAMP, who have overall responsibility for the criteria and substance classifications. The label that is used is reproduced below (Note: in IMDG parlance this is called a mark rather than a label).



### 8.3. Compatibility of hazardous substances

		CLASS	2	3	4	5	6	8				
		<b>CLASS</b>		 	 	 	 	 				
COMPRESSED GASES	2.1 Flammable		KEEP APART	Segregate from DR KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Segregate from	Segregate from	Segregate from	ISOLATE	KEEP APART	KEEP APART
	2.2 Non-Flammable/ non-toxic		KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	Separation may not be necessary	Segregate from	Separation may not be necessary	Segregate from	Segregate from	Separation may not be necessary	KEEP APART
	2.3 Toxic		Segregate from DR KEEP APART	KEEP APART	Segregate from	KEEP APART	Segregate from	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Separation may not be necessary	KEEP APART
FLAMMABLE LIQUIDS	3		Segregate from	KEEP APART	Segregate from	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Segregate from	ISOLATE	KEEP APART	KEEP APART
FLAMMABLE SOLIDS	4		Segregate from	Separation may not be necessary	KEEP APART	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Segregate from	Segregate from	KEEP APART	Separation may not be necessary
4.2 Spontaneously combustible		Segregate from	Segregate from	Segregate from	Segregate from	KEEP APART	KEEP APART	Segregate from	ISOLATE	KEEP APART	KEEP APART	
4.3 Dangerous when wet		Segregate from	Separation may not be necessary	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	KEEP APART	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Separation may not be necessary	Separation may not be necessary
OXIDISING SUBSTANCES	5		Segregate from	Separation may not be necessary	Separation may not be necessary	Segregate from	KEEP APART	Segregate from	Segregate from	Segregate from	KEEP APART	KEEP APART
5.2 Organic peroxides		ISOLATE	Segregate from	Segregate from	ISOLATE	Segregate from	ISOLATE	Segregate from	Segregate from	Segregate from	KEEP APART	KEEP APART
TOXIC SUBSTANCES	6		KEEP APART	Separation may not be necessary	Separation may not be necessary	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART
CORROSIVE SUBSTANCES	8		KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	Separation may not be necessary	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART	KEEP APART



## 8.4. Dispersiveness classes of solid bulk materials

	Product (specification)	Dispersion class
Alum earth		S1
Baryta		S3
Baryla (ground)		S1
Bauxite	Calcined	S1
	China calcined	S1
	Raw bauxite	S5
Bimskies		S4
Blast furnace slag		S4
Borax		S3
Calcium carbide		S1
Carborundum		S5
Cement		S1
	Clinker bricks	S4
Clay	Bentonite, chunks	S3
	Bentonite, ground	S1
	Chamotte clay, chunks	S4
	Chamotte clay, ground	S1
	Kaoline (China) clay, chunks	S3
	Kaoline (China) clay, ground	S1
Coal	Anthracite	S2
	Brown coal, briquettes	S4
	Coal	S4
	Coal	S2
	Powder coal	S1
Cokes	Coal cokes	S4
	Fluid cokes	S1
	Petroleum coke, calcined	S1
	Petroleum coke, coarse	S4
	Petroleum coke, fine	S2
Derivates and related products	Alfalfa pellets	S3
	Almond flour	S3
	Apple pulp pellets	S3
	Babassu pellets	S3
	Barley meal	S1
	Barley pellets	S3
	Bone meal	S1
	Brewer's grain pellets	S3
	Buckwheat flour	S1
	Cassava pellets, hard	S3
	Cassava root	S3
	Cattle feed pellets	S3
	Citrus pellets	S3
	Cocoa beans	S3 <sup>3)</sup>
	Coffee pulp pellets	S3
	Compound feed pellets	S3
	Copra	S5
	Copra cakes	S3
	Copra chips	S3
	Copra pellets	S3
	Corn distiller grain flour	S3
	Corn distiller grain pellets	S3

	<b>Product (specification)</b>	<b>Dispersion class</b>
Derivates and related products	Corn plant pellets	S3
	Corncob pellets	S3
	Cottonseed pellets	S3
	D.F.G. pellets (maize sprout pellets)	S3
	Extracted babossu	S3
	Extracted bone	S3
	Extracted copra	S3
	Extracted cottonseed	S3
	Extracted groundnuts	S3
	Extracted kapok seed	S3
	Extracted kardi seed	S3
	Extracted linseed	S3
	Extracted macoja	S3
	Extracted mango	S1
	Extracted olive fruit	S3
	Extracted palm pit	S3
	Extracted rapeseed	S3
	Extracted safflower seed	S3
	Extracted salseed	S1
	Extracted sesame seed	S3
	Extracted sorghum seed	S3
	Extracted soyameal	S3
	Extracted sunflower seed	S3
	Extracted tucum	S3
	Groundnut pellets	S3
	Groundnuts	S5
	Hominecy chop pellets	S3
	Kapok seed pellets	S3
	Leaf meal pellets	S3
	Linseed pellets	S3
	Lucerne pellets	S3
	Macoja pellets	S3
	Macuno meal	S3
	Maize flour	S3
	Maize gluten meal	S3
	Maize gluten pellets	S3
	Malt sprout pellets	S3
	Malt sprout pellets	S3
	Mango pellets	S3
	Mill run pellets	S3
	Milo flour	S3
	Milo gluten pellets	S3
	Oat pellets	S3
	Oatmeal	S1
	Olive pulp pellets	S3
	Palm pit cakes	S3
	Palm pit pellets	S3
	Palm pits	S5
	Peanut hull pellets	S3
	Pineapple pellets	S3
	Pollard pellets	S3
	Potato flour	S1
	Potato slices	S3



	<b>Product (specification)</b>	<b>Dispersion class</b>	
Derivates and related products	Quar bean meal	S3	
	Quar bean meal pellets	S3	
	Rapeseed pellets	S3	
	Rice bran	S1	
	Rice hull pellets	S3	
	Rice husk pellets	S3	
	Rye meal	S1	
	Rye pellets	S3	
	Safflower seed pellets	S3	
	Salseed extraction pellets	S3	
	Sesame seed pellets	S3	
	Soiulac pellets	S3	
	Sorghum seed pellets	S3	
	Sorghum seed pellets	S3	
	Soya chips	S3	
	Soya flour	S3	
	Soya pellets	S3	
	Splent grain pellets	S3	
	Sugar beet pulp pellets	S3	
	Sugar cane pellets	S3	
	Sunflower seed pellets	S3	
	Sweet potato pellets	S3	
	Tapioca chips	S1	
	Tapioca cubes	S1	
	Tapioca pellets, hard	S3	
	Tapioca pellets, natives	S1	
	Tea pellets	S3	
	Wheat meal	S1	
	Wheat pellets	S3	
	Hominecychop meal	S3	
	Dolomite	Chunks	S5
		Ground	S1
	Feldspar		S5
Ferrochromium, chunks		S5	
Ferromanganese, chunks		S5	
Ferro-phosphorus, chunks		S5	
Ferrosilicon, chunks		S3	
Fertiliser	Ammonium sulphate nitrate	S3	
	Di ammonium phosphate	S1	
	Double super-phosphate, granules	S3	
	Double super-phosphate, powder	S1	
	Lime ammonium nitrate	S3	
	Sulphuric ammonia	S3	
	Triple super-phosphate, powder	S1	
Fluorspor		S5	
Fly ash		S2	
Glass waste		S5	

	Product (specification)	Dispersion class
Grain	Barley	S3
	Buckwheat	S3
	Groats	S3
	Kafi corn	S3
	Linseed screenings	S3
	Maize	S3
	Malt	S3
	Milicorn	S3
	Oat screenings	S3
	Oats	S5
	Rapeseed screenings	S3
	Rice	S5
	Rice husk	S3
	Rye	S3
	Sorghum seed	S3
	Soya grits	S3
	Wheat	S3
Gravel		S5
Gypsum	Gypsum	S4
	Calcined gypsum (plaster)	S1
Heavyspar		S5
Household refuse		
Iron ore	Beeshoek, fine ore	S5 <sup>1)</sup>
	Beeshoek, lump ore	S5 <sup>1)</sup>
	Bomi Hill, lump ore	S4
	Bong Range concentrate	S4 <sup>2)</sup>
	Bong Range pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Broz. Nat. ore	S4
	Carol Lake concentrate	S4 <sup>2)</sup>
	Carol Lake pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Cassinga pellets	S5
	Cassinga, fine ore	S4
	Cassinga, lump ore	S5 <sup>1)</sup>
	Cerro Bolivar ore	S4
	Coto Wagner ore	S5 <sup>2)</sup>
	Dannemora ore	S4
	El Poo, fine ore	S4
	Fabrica pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Fabrica Sinter Feed	S5
	Fabrica Special pellet ore	S5
	F'Derik Ho	S4
	Fire Lake pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Grbngesberg ore	S4
	Homersley Pebble	S5 <sup>1)</sup>
	Itabira Run of Mine	S5 <sup>1)</sup>
	Itabiro Special sinter feed	SS
	Kiruna B, fine ore	S5
	Kiruna pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Ilmenite ore	S5
	Malmberg pellets	S5
	Manoriver Ho	S4
	Menera, fine ore	S5

	Product (specification)	Dispersion class
Iron ore	Migrolite	S4
	Mount Newman pellets	S4
	Mount Wright concentrate	S4 <sup>2)</sup>
	Nimba ore	S4
	Nimba, fine ore	S5
	Pyrite ore	S4
	Robe River, fine ore	S5 <sup>1)</sup>
	Samarco pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Sishen, fine ore	S5 <sup>1)</sup>
	Sishen, lump ore	S5 <sup>1)</sup>
	Svappavaaro ore	S4
	Svoppavaara pellets	S4
	Sydvaranger pellets	S5 <sup>1)</sup>
	Tazadit, fine ore	S5 <sup>1)</sup>
Kyanite		S4
Lime	Chunks	S5
	Ground	S1
Lime salt		S5
Nepheline		S3
Olivin stone		S4
Ore	Chromium ore	S4
	Copper ore	S4
	Emery ore, chunks	S5
	Iron ore (see Iron ore)	
	Lead ore	S2
	Manganese ore	S5 <sup>1)</sup>
	Tantalite ore	S4
	Titanium ore (see Titanium)	
Zinc blend	S4	
Phosphate	Moisture-free content > 4 weight %	S4
Phosphate	Moisture-free content < 1 weight %	S1
Pig iron		S4
Polymer products	Plastic powder	S1
Potash		S3
Pulse	Beans	S3
	Guar split	S3
	Horse beans	S3
	Lentil	S3
	Lupine seed	S3
	Peas	S3
	Soya bean husk	S3
	Soya beans	S3
	Soya screenings	S3
	Vetch	S3
Pumice		S5
Pyrietas		S2
Pyrite cinder		S2
Pyrolusite		S2
Quicklime		S1
Road salt		S5

	Product (specification)	Dispersion class
Sand	Coarse sand	S4
	fine sand	S3
	Olivin sand	S4
	Rutile sand (see Titanium)	
	Silver sand	S3
	Zircon sand	S3
Scoria, slag		S4
Scrap, metal		S4
Seeds and related products	Canary seed	S5
	Dariseed	S3
	Kardiseed	S3
	Linseed	S5
	Millite seed	S5
	Mustard seed	S5
	Oilseed rape	S3
	Paricum seed	S3
	Poppy seed	S5
	Rapeseed	S5
	Safflower seed	S5
	Sesame seed	S5
	Sorghum seed	S5
	Sunflower seed	S5
	Tamorin seed	S3
Sillimanite		S5
Sinter magnesite		S3
Soda		S3
Soot		S1
Sugar		S5
Sulphur	Coarse	S4
	Fine	S1
Talk	Crushed	S3
	Ground	S1
Tapioca (see Derivates)		
Titanium	Ilmenite	S5
	Rutile	S3
	Rutile sand	S3
	Rutile slag	S5
Urea		S3
Vanadium slag		S4
Vermiculite	Chunks	S3
	Ground	S1
Wollastonite		S5
1) Applies to storage; loading and unloading S4.		
2) Applies to storage; loading and unloading S5.		
3) Temporary classification.		





## 8.6. Summary of MS requirements on underground tank storage modes and equipment for liquids

Country	Double walled or single + containment	Use of corrosion-resistant materials	Leak detection systems	Specifications for pipes and hydrocarbon separators
Austria	S	S	S	S
Belgium, Brussels	S	S	S	S
Belgium, Flanders	S	S	S	S
Belgium, Wallonia	S	S	S	S
Denmark	R	S	S	S
Finland	R	S	R	S
France	S	S	S	S
Germany	S	S	S	S
Greece	N	R	R	N
Ireland	S	S	G	G
Italy	S	S	S	N
Luxembourg	S	S	S	S
Netherlands	S	S	S	S
Portugal	S	S	R	R
Spain	S	S	S	S
Sweden	R	S	R	N
United Kingdom	G	G	G	G
Key: <b>S</b> : primary or statutory requirement under national legislation for all systems <b>R</b> : required for specific situations or recommended wherever practicable by national legislation <b>G</b> : good practice cited by competent authorities <b>N</b> : no information available at time of study				
Note: As indicated in the table, all MS now have some form of published requirement for underground systems, whether issued as part of the sovereign legislation (e.g. Italy or Portugal) or as guidelines for good practice (e.g. UK and the Republic of Ireland). There are very few gaps in these requirements when assessed against the four keys areas of construction and operation listed in the table, indicating a level of national awareness of the problems associated with gasoline underground tank systems and groundwater contamination.				

**Table 8.2: Summary of MS requirements on underground tanks**  
[132, Arthur D. Little Limited, 2001]



## 8.7. Storage modes and relevant solid bulk materials

	Grain	Pit-coal	Brown-coal	Pit-coal coke	Iron ores and concentrates	Copper ores and concentrates	Other non-iron metal ores and concentrates	Calcined gypsum	Gypsum	Fertilisers
Open storage (outdoor)	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Heap in shed/under roof	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Bunker			X						X	X
Silo	X	X	X					X	X	X
Packed (sack, big-bags)								X	X	X

Tabelle 8.3: Storage modes and relevant bulk materials  
[17, UBA, 2001]

## 8.8. Handling techniques and relevant solid bulk material

	Grain	Pit-coal	Brown-coal	Pit-coal coke	Iron ores and concentrates	Copper ores and concentrates	Other non-iron metal ores and concentrates	Calcined gypsum	Gypsum	Fertilisers
Grab	X	X		X		X	X	X	X	
Hopper	X	X		X		X	X	X	X	
Tube							X	X	X	
Mobile loading device	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Silo (truck or train)	X	X	X					X	X	
Tilting cart (truck or train)	X	X	X	X	X			X	X	
Dump pit	X	X		X	X			X	X	
Gravity conveyor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cascade chute	X	X					X	X	X	
Band conveyor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Double belt conveyor	X							X	X	
Scraper conveyor	X	X	X		X			X	X	
Trough chain conveyor	X		X					X	X	
Chain conveyor (as unloader)	X							X	X	
Screw conveyor	X	X						X	X	
Bucket conveyor	X	X			X			X	X	
Bucket elevator (ship unloader)		X			X			X		
Pneumatic conveyor	X	X	X					X	X	

Table 8.4: Loading and unloading techniques and relevant bulk materials

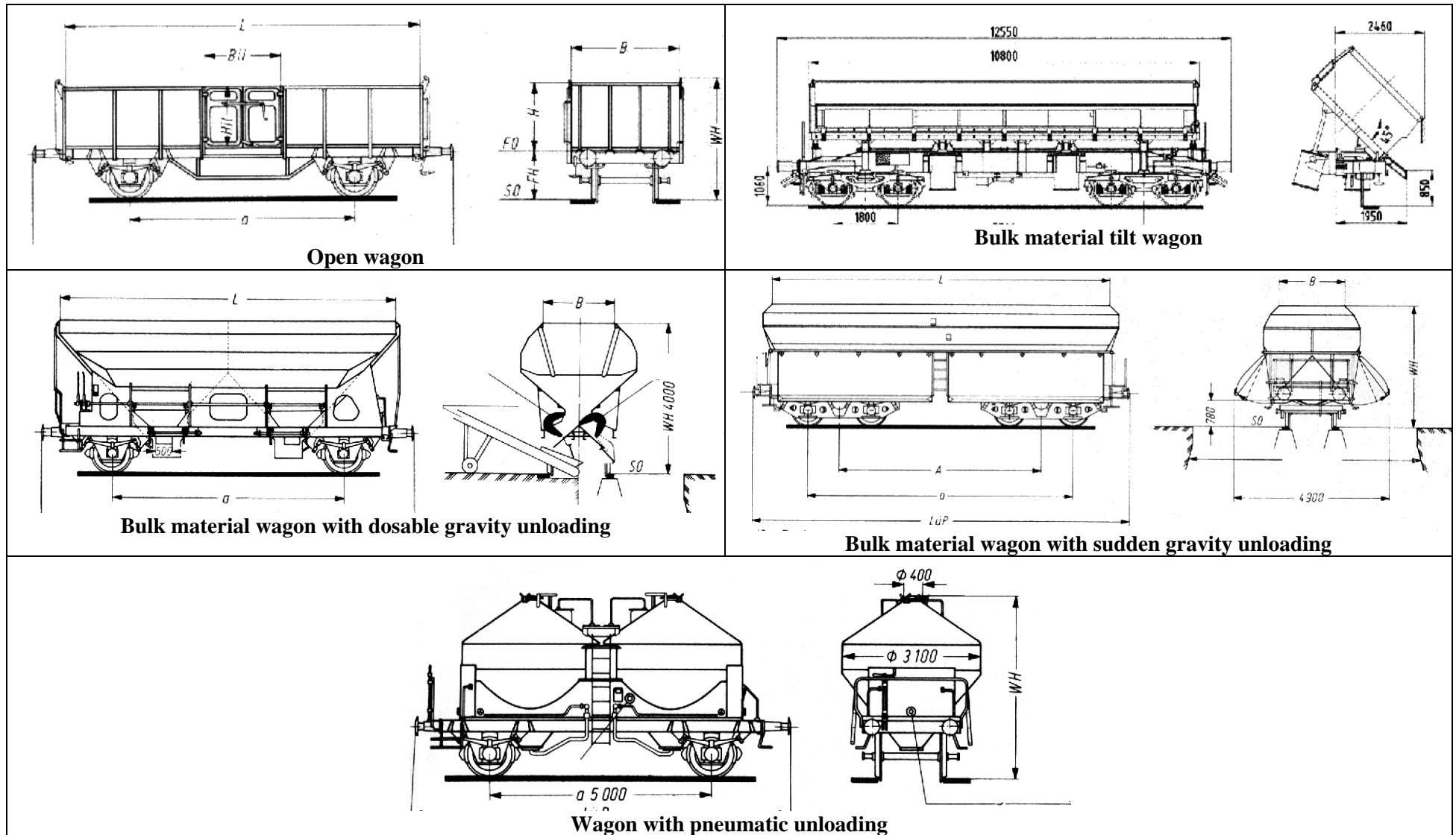


Figure 8.1: Wagons for transporting solid bulk materials, used in Germany [17, UBA, 2001] with reference to Railway Wagons, 1994

## 8.9. ECM Scorecards for storing liquid and liquefied gas - operational

Aboveground Atmospheric Storage: Open Top Tank				
Operational emissions				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
Potential Emission Source	Emission Frequency Note 1	Emission Volume Note 2	Emission Score	POSSIBLE ECM
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Floating covers
				Flexible or tent covers
				Fixed/rigid covers
				Vapour treatment (if covered)
Standing	3	3	9	Paint colour
				Floating covers
				Flexible or tent covers
				Fixed/rigid covers
				Sun covers/heat shields
				Vapour treatment (if covered)
Emptying	2	1	2	Floating covers
				Flexible or tent covers
				Fixed/rigid covers
				Vapour treatment (if covered)
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
				Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training
				Fixed, closed drain system
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	Operating procedures/training
				Liquid tight sampling system
				Containment

Table 8.5: ECM-cards operational emissions; Aboveground Open Top Tank

Aboveground Atmospheric Storage: External Floating Roof				
Operational emissions				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
Potential Emission Source	Emission Frequency Note 1	Emission Volume Note 2	Emission Score	POSSIBLE ECM
<b>Gas Emissions</b>				
Filling (until roof floats on liquid)	1	3	3	Operating procedures/training Instrumentation
Standing	3	1	3	Shell/roof paint colour Dome roof Pontoon roof - with vapour mounted primary seal - with liquid mounted primary seal - with mechanical shoe seal - with secondary seal Double deck roof - with vapour mounted primary seal - with liquid mounted primary seal - with mechanical shoe seal - with secondary seal Sealing roof penetrations - guide pole - roof legs - still well cover
Emptying (film of product left on shell)	2	1	2	Inner shell coating Shell scrapers (e.g. for crudes)
Emptying (after roof lands on legs)	1	1	1	Operating procedures/training Instrumentation Secondary seal
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training Closed cleaning system
Blanketing				N/A
Manual gauging	2	1	2	Semi-closed gauging system (sealing still well openings) Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system Shell-side sampling
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance (including roof-shell seal tightness)
Draining	2	1	2	Semi-automatic water draw-off
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training Automatic drain valve Fixed, closed drain system
Roof draining	2	0	0	Operating procedures/training Fixed, closed drain system
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	Operational procedures/training Closed sampling system Containment

**Table 8.6: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: External Floating Roof Tank**

<b>Aboveground Atmospheric Storage: Fixed Roof Tank</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Pressure Vacuum Relief Valve (PVRV)
				Innerfloat/internal floating roof (IFR)
				- with primary seal
				- with secondary seal
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Breathing	3	2	6	PVRV
				Paint colour
				Sun covers/heat shields
				Innerfloat/IFR
				- with primary seal
				- with secondary seal
				Vapour collection
				- vapour holding tank
				- treatment
Emptying	2	1	2	PVRV
				Innerfloat/IFR
				- with primary seal
				- with secondary seal
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	3	2	6	PVRV
				Vapour collection
				- treatment
Manual gauging	2	1	2	Mechanical gauging system
				Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
				(NB: only with PVRV with high pressure settings)
				Shell-side sampling
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Semi-automatic water draw-off
				Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training
				Fixed, closed drain system
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	Operating procedures/training
				Liquid tight sampling system
				Containment

**Table 8.7: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: Fixed Roof Tank**

<b>Aboveground Atmospheric Storage: Horizontal Storage Tank</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Pressure Vacuum Relief Valve (PVRV)
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Breathing	3	2	6	PVRV
				Paint colour
				Sun covers/heat shields
				Vapour collection
				- vapour holding tank
				- treatment
Emptying	2	1	2	PVRV
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	3	2	6	PVRV
				Vapour collection
				- treatment
Manual gauging	2	1	2	Mechanical gauging system
				Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
				(NB: only with PVRV with high pressure settings)
				Shell-side sampling
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Operating procedures/training
				Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training
				Fixed, closed drain system
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	Operating procedures/training
				Liquid tight sampling system
				Containment

**Table 8.8: ECM-cards operational emissions; Aboveground Atmospheric Storage: Horizontal Storage Tank**



<b>Aboveground Pressurised Storage: Spheres</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	1	2	Control filling rate (non-condensables vented)
Breathing				N/A
Emptying				N/A
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	2	1	2	Vapour collection
				- treatment
Gauging				N/A
Sampling	2	1	2	Vapour collection
				- treatment
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	2	4	Fixed, closed drain system (connected to vapour treatment)
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	0	0	
Cleaning	1	1	1	Operating procedures/closed cleaning procedures
Sampling	2	0	0	

**Table 8.9: ECM-cards operational emissions; Aboveground Pressurised Storage: Spheres**

<b>Aboveground Pressurised Storage: Horizontal Storage Tank</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	1	2	Control filling rate (non-condensables vented)
Breathing				N/A
Emptying				N/A
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training Closed cleaning system
Blanketing	2	1	2	Vapour collection - treatment
Gauging				N/A
Sampling	2	1	2	Vapour collection - treatment
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	2	4	Fixed, closed drain system (connected to vapour treatment)
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	0	0	
Cleaning	1	1	1	Operating procedures/closed cleaning procedures
Sampling	2	0	0	

**Table 8.10: ECM-cards operational emissions; Aboveground Pressurised Storage: Horizontal Storage Tank**

<b>Aboveground Refrigerated Storage</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	1	2	Normally closed system (non-condensables vented)
Breathing				N/A (failure of refrigeration not considered)
Emptying				N/A
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	2	1	2	Vapour collection
				- treatment
Gauging				N/A
Sampling	2	1	2	Vapour collection
				- treatment
Fugitive	2	1	2	Inspection/maintenance
Draining				N/A
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining				N/A
Cleaning				N/A
Sampling				N/A

Table 8.11: ECM-cards operational emissions; Aboveground Refrigerated Storage

<b>Underground Atmospheric Storage: Horizontal Storage Tank</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Pressure Vacuum Relief Valve (PVRV)
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Breathing	2	1	2	PVRV
Emptying	2	1	2	PVRV
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	3	1	3	PVRV
				Vapour collection
				- treatment
Gauging	2	1	2	Mechanical gauging system
				Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
				(NB: only with PVRV with high pressure settings)
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining				N/A
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	1	1	1	Fixed, closed drain system
				Operating procedures/training
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
Sampling				N/A

Table 8.12: ECM-cards operational emissions; Underground Tank

<b>Underground Atmospheric Storage: Caverns</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Pressure Vacuum Relief Valve (PVRV)
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Breathing	2	1	2	PVRV
Emptying	2	1	2	PVRV
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Cleaning				N/A
Blanketing				N/A
Gauging	2	1	2	Mechanical gauging system
				Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
				(NB: only with PVRV with high pressure settings)
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Maintain sufficient water bottom by means of automation
Cleaning				N/A
Sampling	2	0	0	

**Table 8.13: ECM-cards operational emissions; Atmospheric Cavern**

<b>Underground Atmospheric Storage: Salt Domes</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
Potential Emission Source	Emission Frequency Note 1	Emission Volume Note 2	Emission Score	POSSIBLE ECM
<b>Gas Emissions</b>				
Filling				? - to be investigated
Breathing				N/A
Emptying				? - to be investigated
Cleaning				? - to be investigated
Blanketing				N/A
Gauging				? - to be investigated
Sampling				? - to be investigated
Fugitive				? - to be investigated
Draining				? - to be investigated
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Maintain sufficient water bottom by means of automation
Cleaning				N/A
Sampling	2	0	0	

Table 8.14: ECM-cards operational emissions; Atmospheric Salt Dome

<b>Underground Pressurised Storage: Caverns</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
Potential Emission Source	Emission Frequency Note 1	Emission Volume Note 2	Emission Score	POSSIBLE ECM
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	1	2	Control filling rate (non-condensables vented)
Breathing				N/A
Emptying				N/A
Cleaning				N/A
Blanketing				N/A
Gauging				N/A
Sampling	2	1	2	Vapour collection - treatment
Fugitive	2	1	2	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining				Maintain sufficient water bottom by means of automation
Cleaning				N/A
Sampling				N/A

Table 8.15: ECM-cards operational emissions; Pressurised Cavern

<b>Aboveground Atmospheric Storage: Lagoons and Basins</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling (lagoon)	2	3	6	None
Filling (basin)	2	3	6	Floating cover
Standing (lagoon)	3	3	9	None
Standing (basin)	3	3	9	Floating cover
				Fixed cover
Emptying	2	1	2	N/A
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system (NB: only if cover installed)
Blanketing				N/A
Manual gauging				N/A
Sampling				N/A
Fugitive				N/A
Draining				N/A
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Fixed, closed drain system
				Operating procedures/training
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	

**Table 8.16: ECM-cards operational emissions; Lagoon and Basin**



<b>Floating Storage</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	3	6	Pressure Vacuum Relief Valve (PVRV)
				Vapour collection
				- balancing
				- treatment
Breathing	3	2	6	PVRV
				Paint colour deck
				Vapour collection
				- vapour holding tank
				- treatment
Emptying	2	1	2	PVRV
				Vapour collection
				- balancing
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system
Blanketing	3	2	6	PVRV
				vapour collection
				- treatment
Gauging	2	1	2	Mechanical gauging system
				Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
				(NB: only with PVRV with high pressure settings)
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	0	0	
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	

**Table 8.17: ECM-cards operational emissions; Floating Storage**

<b>Aboveground Atmospheric Storage: Lifter Roof Tank</b>				
<b>Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 0 - 3: 3 = largest, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Breathing	3	0	0	N/A
Filling	2	3	6	PVRV
				Vapour collection - treatment
Emptying	2	1	2	PVRV
				Vapour collection - treatment
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training Closed cleaning system
Blanketing	3	2	6	PVRV
				Vapour collection - treatment
Manual gauging	2	1	2	Mechanical gauging system Instrumentation
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system (NB: only with PVRV with high pressure settings) Shell-side sampling
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Draining	2	1	2	Semi-automatic water draw-off Fixed, closed drain system
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training Fixed, closed drain system
Cleaning	1	3	3	Operating procedures/training
Sampling	2	0	0	Operating procedures/training Liquid tight sampling system Containment

**Table 8.18: ECM-cards operational emissions; Lifter Roof Tank**

## 8.10. ECM Scorecards for transfer and handling of liquid and liquefied gas

<b>Aboveground Transfer Systems: Closed Piping; Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 1 - 3: 3 = large, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM's</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	2	4	Operating procedures/training
				Vapour collection
				- treatment
				- balancing
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
				Closed cleaning system (etc.)
Pigging	2	1	2	operating procedures/training
				Vapour collection
				- treatment
				- balancing
Purging	1	2	2	Operating procedures/training
				Vapour collection
				- treatment
				- balancing
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
(Dis)connecting	2	1	2	Operating procedures/training
Opening	1	2	2	Operating procedures/training
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
Emptying/draining	2	1	2	Operating procedures/training
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures
				Fixed, closed drain systems
				Containment
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
Sampling	2	1	2	Operating procedures/training
Pigging	2	1	2	Operational procedures
				Containment
(Dis)connecting	2	1	2	Operational procedures
				Containment
Pressure relief	2	1	2	Operational procedures
				Closed relief system
				Containment
Opening	2	1	2	Operational procedures
				Containment

**Table 8.19: ECM-cards operational emissions; Aboveground Transfer Systems: Closed Piping**

<b>Aboveground Transfer Systems: Open Piping; Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 1 - 3: 3 = large, 0 = zero or negligible			
	These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode			
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM's</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling (incl. Standing)	2	3	6	Operating procedures/training Closed system (where applicable)
Cleaning	2	2	4	Operating procedures/training Closed system (where applicable)
Pigging				N/A
Purging				N/A
Sampling				N/A
(Dis)connecting				N/A
Opening				N/A
Fugitive				N/A
Emptying/draining				N/A
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures/training
Cleaning	2	2	4	Operating procedures/training
Sampling	2	1	2	Operating procedures/training
Pigging				N/A
(Dis)connecting				N/A
Pressure relief				N/A
Opening				N/A

**Table 8.20: ECM-cards operational emissions; Aboveground Transfer Systems: Open Piping**

<b>Underground Transfer Systems: Closed Piping; Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 1 - 3: 3 = large, 0 = zero or negligible			
These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode				
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM's</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	2	4	Operating procedures/training Vapour collection - treatment - balancing
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training Closed cleaning system (etc.)
Pigging	2	1	2	Operating procedures/training Vapour collection - treatment - balancing
Purging	1	2	2	Operating procedures/training Vapour collection - treatment - balancing
Sampling	2	1	2	Semi-closed sampling system
(Dis)connecting	2	1	2	Operating procedures/training
Opening	1	2	2	Operating procedures/training
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance (valve pits etc.)
Emptying/draining	2	1	2	Operating procedures/training
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Operating procedures Fixed, closed drain systems
Cleaning	1	2	2	Operating procedures/training
Pigging	2	1	2	Operational procedures
(Dis)connecting				N/A
Pressure relief	2	1	2	Operational procedures Closed relief system
Opening	1	1	1	Operational procedures
Sampling	2	1	2	Operating procedures/training

Table 8.21: ECM-cards operational emissions; Underground Transfer Systems: Closed Piping

<b>Product Handling Methods: Pumps &amp; Compressors; Operational emissions</b>				
Note 1:	Emission Frequency Score 1 - 3: 3 = frequent (daily), 1 = infrequent (once per few years)			
Note 2:	Emission Volume Score 1 - 3: 3 = large, 0 = zero or negligible			
These scores are relative values and are to be considered only for each storage mode				
<b>Potential Emission Source</b>	<b>Emission Frequency Note 1</b>	<b>Emission Volume Note 2</b>	<b>Emission Score</b>	<b>POSSIBLE ECM's</b>
<b>Gas Emissions</b>				
Filling	2	0	0	N/A
Cleaning	1	0	0	N/A
Pigging				N/A
Purging				N/A
Sampling				N/A
(Dis)connecting				N/A
Opening	1	1	1	Operating procedures/training
Fugitive	3	1	3	Inspection/maintenance
				Secondary seals or canned pumps
Emptying/draining	2	0	0	N/A
<b>Liquid Emissions</b>				
Draining	2	1	2	Fixed, closed drain systems
				Operational procedures
				Containment
Cleaning	1	1	1	Operating procedures/training
Sampling				N/A
Pigging				N/A
(Dis)connecting				N/A
Pressure relief				N/A
Opening	1	1	1	Operational procedures
				Containment

**Table 8.22: ECM-cards operational emissions; Product Handling Methods: Pumps & Compressor**

## 8.11. Methodology for completion of the ECM Assessment Table

The methodology to complete an ECM Assessment Table (as shown in Annex 8.12) is outlined below. The method can be used iteratively to establish if a combination of ECM can be considered to meet BAT.

It is assumed that non-hardware type ECM e.g. operational procedures, inspection and maintenance, etc. are already in place.

The method can be used for the assessment of ECM for a single tank or for a number of similar tanks on compatible products. The steps outlined below assume only one tank is to be assessed, but the methodology is the same for a group of tanks.

The methodology can be used for a planned new tank or an existing tank. The methodology differs slightly.

This methodology requires emission estimation to be undertaken. For the majority of ECM installed on atmospheric pressure tanks, this estimation can be undertaken using available models e.g. API, US EPA, TNO. However for pressurised tanks there are no equivalent models and emission estimates have to be undertaken using operating data, best engineering judgement, etc.

Four case studies are given in Annex 8.13.

### **Initial Assessment of ECM**

**Step 1:** Estimate the annual average emissions from the ‘base case’ tank for the tank location. For all atmospheric fixed roof tanks, the base case is an FRT of the same diameter and shell height and fitted with open vents. For EFRTs two cases should be considered – the ‘uncontrolled case’ and the base case. The ‘uncontrolled case’ is an FRT of equivalent size to the EFRT; the base case should be taken as an EFRT with the roof fitted with a vapour mounted primary seal. Base case for other storage tank modes must be agreed between all parties involved in the assessment of ECM for the tank.

Emissions calculations should be undertaken using an estimation method that is acceptable to the local authorities.

**Step 2:** For an existing tank, if the tank already has an ECM installed estimate the annual average emissions from the tank as existing.

**Step 3:** Compare the emissions from an existing tank with those from the base case tank (or ‘uncontrolled case’ for EFRTs) and calculate the emission reduction efficiency as a percentage from:

*For FRT:*  $[(\text{Base case tank emissions} - \text{Existing tank emissions}) \times 100] \div (\text{Base case tank emissions})$

*For EFRT:*  $[(\text{Uncontrolled case tank emissions} - \text{Existing tank emissions}) \times 100] \div (\text{Uncontrolled case tank emissions})$

If the emission reduction efficiency meets BAT then no further emission reduction measures are considered necessary. Otherwise, continue as below.



**Step 4:** Identify the ECM for the particular storage mode that have an emissions score of 3 or more in the relevant table in Chapter 3 (showing the possible emissions to air from ‘operational sources’) and from Annex 8.9.

**Step 5:** Undertake separate emission estimations for the base case tank fitted with each of the ECM identified.

**Step 6:** From the emission estimations determine the percentage efficiency at reducing the emissions relative to the base case for the ECM being considered using:

$$\frac{[(\text{Emissions from base case tank} - \text{Emissions from tank with an ECM installed}) \times 100] \div \text{Emissions from base case tank}}$$

**Step 7:** From the efficiencies obtained, determine a score rating system that covers 0 to 100 % in five ranges. The score rating system should take account of the properties of the material scored, site-specific factors, etc.

For example, where the product is considered to be reasonably environmentally benign, the ERP score rating system could be agreed (between the operators and permit writer) to be:

Score	Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 20 %
2	20 to < 40 %
3	40 to < 60 %
4	60 to < 80 %
5	80 to 100 %

Alternatively, where the product is considered to be very hazardous to the environment, the score rating system could be agreed to be:

Score	Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 95 %
2	95 to < 98 %
3	98 to < 99 %
4	99 to < 99.5 %
5	99.5 to 100 %

Examples are given in the case studies (Annex 8.13). The score rating system used needs to be agreed upon by all parties involved in the assessment for the tank.

**Step 8:** Complete the Emission Reduction Potential column of the ECM Assessment Table using scores of 1 to 5 (where 1 is the lowest and 5 is the highest efficiency) from the emission reduction efficiency data in **Step 6**.

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from previous experience with the product and storage mode complete the four ‘Operation Aspects’ columns in the Assessment Table (i.e. Operability, Applicability, Safety aspects, Energy/waste/cross-media).

The scoring is 1 to 5, with a score of 5 meaning:

- **Operability:** the easiest to operate;
- **Applicability:** most applicable for the widest range of products;
- **Safety:** safest to use by operators, and
- **Energy/waste/cross-media:** requires the least energy consumption, produces the least waste and has the lowest cross-media effects.

**Step 10:** Establish the approximate costs of procuring and installing the possible ECM. These will vary depending upon whether the tank is a planned new tank or an existing tank with the ECM being retrofitted. The costs for retrofitted ECM should, where appropriate, include all measures required to ensure safe installation e.g. tank cleaning/gas freeing.

**Step 11:** From the range of costs obtained, determine a score rating system that covers the lowest to the highest costs in 5 ranges – examples are given in the case studies.

**Step 12:** Complete the CAPEX column in the ranges 1 to 5, where 5 is the lowest and 1 is the highest installed cost, from the cost data in **Step 10**.

**Step 13:** Establish the approximate costs of operating the possible ECM over a ten-year period. These should include both the cost of utilities to operate the ECM (e.g. the electricity used by a VRU), the training costs and the maintenance costs.

**Step 14:** From the range of costs obtained, determine a score rating system that covers the lowest to the highest costs in 5 ranges - examples are given in the case studies.

**Step 15:** Complete the OPEX column in the ranges 1 to 5, where 5 is the lowest and 1 is the highest operating cost, from the cost data in **Step 13**.

**Step 16:** Calculate the ‘Operational Score’, ‘Cost Score’ and ‘Overall Score’ as outlined in Annex 8.12.

**Step 17:**

1. For a new tank, the initial assessment of ECM is the tank fitted with the ECM with the highest overall score.
2. For an existing tank, compare the emissions from the base case tank fitted with the ECM determined with the highest score in 1) with those from the tank as existing (from Steps 1 and 2). If the existing tank has lower emissions, then the initial assessment of ECM is the tank with ECM(s) as installed.

Compare the emissions from the tank configuration with BAT associated emission levels and other legislative requirements. If the tank meets these requirements then no further emission reduction measures are considered necessary. Otherwise, continue with an iterative process as outlined below.

**Second Round Assessment of ECM**

**Step A:** From the ECM compatibility table in Section 4.1.3.16 determine what ECM are compatible with that established in **Step 17(1)** above (or those fitted to an existing tank if this is deemed initially to meet BAT in **Step 17(2)** above).

**Step B:** From the initial ECM Assessment Table establish which of the compatible ECM had a medium to high overall score – as an example ECM could be considered which have an overall score in excess of 50 % of the overall score for the initial identified ECM.

**Step C:** Draw up a new ECM Assessment Table to include the ECM with the highest score and the compatible ECM – an example is given in the case studies.

**Step D:** Estimate the emissions from the tank with the highest scoring ECM installed plus one of the available compatible ECM. Repeat for the highest scoring ECM with each compatible ECM.

**Step E:** From the emission calculations determine the incremental efficiency at reducing emissions relative to the initial ECM assessment case, using:

((Emissions from tank fitted with highest scoring ECM – Emissions from tank with highest scoring ECM plus another compatible ECM) × 100) - (Emissions from tank fitted with highest scoring ECM)

**Step F:** From the incremental emission reduction efficiencies obtained, determine a score rating system that covers 0 to 100 % in five ranges.

**Step G:** Complete the Emission Reduction Potential column of the ECM Assessment Table using scores of 1 to 5 (where 1 is the lowest and 5 is the highest incremental efficiency) from the incremental emission reduction efficiency data in **Step E**.

**Step H:** From the information in Chapter 4 and from previous experience with the product and storage mode complete the four ‘Operation Aspects’ columns in the Assessment Table (i.e. Operability, Applicability, Safety aspects, Energy/waste/cross-media). These scores will be as in **Step 9**.

**Step J:** Determine the CAPEX and OPEX costs for the additional ECM being considered. These will be as in Steps 10 and 13. From the range of costs obtained, determine a score rating systems that covers the cheapest to the highest costs in 5 ranges – examples are given in the case studies.

**Step K:** Complete the CAPEX and OPEX columns.

**Step L:** Calculate the ‘Operational Score’, ‘Cost Score’ and ‘Overall Score’ as outlined in Annex 8.12.

The second round assessment of ECM is the tank fitted with the combination of ECM with the highest overall score.

A third round of assessment can be carried out if deemed necessary. This would review the ECM from the second round assessment table that had medium to high overall scores – as an example ECM could be considered which have an overall score in excess of 50 % of the overall score for the second round highest scoring ECM combination.

## 8.12. Gaseous and liquid emission control measure assessment matrix

Aboveground Atmospheric Storage: External Floating Roof														
Operational emissions														
Potential Emission Source Only scores >= 3 are considered	POSSIBLE ECM	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety aspects	Cross-media	Operational Score	CAPEX (new)	CAPEX (retrofit)	OPEX (Utilities)	OPEX (Ops and Main)	Cost score (new)	Cost score (retrofit)	Overall score
<b>Gas Emissions</b>														
		A	B	C	D	E	=B+C+D+E	F	G	H	I	=F*(H+I)	=G*(H+I)	
filling	operating procedures/training													
(until roof floats on liquid)	instrumentation													
standing	shell/roof paint colour													
	dome roof													
	pontoon roof													
	- with vapour mounted primary seals													
	- with liquid mounted primary seals													
	- with mechanical shoe seal													
	- with secondary seals													
	double deck roof													
	- with vapour mounted primary seals													
	- with liquid mounted primary seals													
	- with mechanical shoe seal													
	- with secondary seals													
	sealing roof penetrations													
	- guide pole													
	- roof legs													
	- still well cover													
fugitive	inspection/maintenance													
	(incl. roof-shell seal tightening)													
<b>Liquid Emissions</b>														
cleaning	operational procedures/training													
<b>Scoring definitions:</b>														
All scores range from 1 to 5														
5-score on emission reduction potential indicates the highest reduction potential														
5-score on operability means easiest to operate														
5-score on applicability indicates that the ECM is suitable for the widest range of products														
5-score on safe to use indicates safest to use for operators														
5-score on Amount of Waste produced indicates the lowest amount of (additional) waste produced														
5-score on all CAPEX/OPEX columns indicates lowest costs														

## 8.13. Case studies for ECM assessment methodology

This annex provides five case studies that show how the ECM assessment methodology outlined in Annex 8.11 is undertaken for atmospheric pressure storage modes.

The case studies are for the following tank modes and stored products:

1. 100000 cubic metre capacity EFR tank storing crude oil
2. and 2a. 10000 cubic metre capacity FRT tank storing light naphtha
3. 1000 cubic metre capacity FRT tank storing acrylonitrile (ACN)
4. 100 cubic metre capacity FRT tank storing ACN

These case studies are provided only to demonstrate the methodology and, as such, should not be used to draw conclusions for the tank types or products used. The ECM assessment needs to be undertaken taking account of site location, tank operations, local cost factors, etc.

### 8.13.1. Case study number 1; existing EFRT

**Tank type:** Existing EFR, storing crude oil with a Reid Vapour Pressure of 34 kPa

**Location:** Northern Europe – average annual temperature 10 °C, average annual solar radiation 120 W/m<sup>2</sup>, average annual wind speed 4 m/s.

**Details:**

- Double deck type EFR with primary vapour mounted seal
- Welded shell, colour mid grey, good condition.
- Internal shell has light rust
- Size: diameter 90 m, height 16 m, capacity 101787 m<sup>3</sup>
- Fitted with slotted still well/guide pole
- Turnovers: average 12 per year

#### Case study number 1 - Initial ECM Assessment

**Step 1:** Emission estimates are undertaken. In the example below these were made using the US EPA Tanks 4 software.

Base case for an EFR is a mid-grey painted tank with the floating roof fitted only with a vapour mounted primary seal. If a guide pole or still well is installed, the base case should take the type installed without emission control devices fitted. The existing tank is, therefore, equivalent to the base case.

a) 'Uncontrolled Case' (FRT of same capacity) emissions = 518187 kg/year

b) Base Case (in this case: existing tank) emissions = 24425 kg/year

**Step 2:** Not required as existing EFRT has no additional ECM over base case.

**Step 3:** Percentage reduction over 'uncontrolled case' = 95.3 %

As this is an example, it will be assumed that further controls are deemed necessary.

**Step 4:** The emission sources with a score of 3 or more are given in Table 3.6. The ECM to control these emissions are shown in the scorecard in the Annex in Table 8.6.

The ECM to be considered to control standing emissions are:

- Change primary seal to mechanical shoe type
- Change primary seal to liquid mounted type
- Change seal to liquid mounted primary and rim-mounted secondary
- Install 'socks' over roof legs
- Install float in slotted still well
- Install sleeve over slotted still well
- Change tank paint colour to white
- Install domed roof over tank.

The effect of these ECM can be determined by using the Tanks 4 software.

In addition, to control filling emissions (until roof floats on liquid surface), level-measuring instrumentation is identified as an ECM. The effectiveness of this ECM at controlling emissions has to be determined from the reduction in the number of times that the EFR would be landed on its legs per year and the total volume and concentration of vapour expelled during subsequent filling before the roof re-floats.

**Steps 5 and 6:** The emission estimation results and the calculated emissions reduction efficiencies are shown below.

Case	Total Emissions (kg)	ECM Efficiency (%)
Base	24425	0
Base case with tank paint colour changed to white	20749	15.0
Base case with domed roof installed over tank	1580	93.5
Change primary seal to mechanical shoe type	7688	68.5
Change primary seal to liquid mounted type	3870	84.2
Change seal to liquid mounted primary and rim-mounted secondary	2673	89.1
Base case plus float in slotted guide pole	23372	4.3
Base case plus sleeve over slotted guide pole	22960	6.0
Base case plus 'socks' over roof legs	24345	0.3

**Step 7:** The score rating system to be used is established as:

Score	Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 50 %
2	50 to < 75 %
3	75 to < 85 %
4	85 to < 95 %
5	95 to 100 %

**Step 8:** The ECM ratings are therefore:

ECM	Emission Reduction Potential Rating
Instrumentation	1
Base case with tank paint colour changed to white	1
Base case with domed roof installed over tank	4
Change primary seal to mechanical shoe type	2
Change primary seal to liquid mounted type	3
Change seal to liquid mounted primary and rim-mounted secondary	4
Base case plus float in slotted still well	1
Base case plus sleeve over slotted still well	1
Base case plus 'socks' over roof legs	1

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from best judgement, the ratings for the ‘operation aspects’ are:

ECM	Operability	Applicability	Safety	Waste, etc.
Instrumentation	5	5	5	5
Base case with tank paint colour changed to white	5	4	5	3
Base case with domed roof installed over tank	2	2	1	4
Change primary seal to mechanical shoe type	5	5	4	5
Change primary seal to liquid mounted type	5	5	4	5
Change seal to liquid mounted primary and rim-mounted secondary	4	5	4	5
Base case plus float in slotted still well	2	5	4	5
Base case plus sleeve over slotted still well	4	5	4	5
Base case plus ‘socks’ over roof legs	5	5	4	5

**Step 10:** The cost data to retrofit these ECM are determined. The costs to retrofit the ECM fall within the range EUR 5500 to 746000.

**Step 11:** The score rating system to be used is established:

Score	CAPEX (EUR)
5	< 10000
4	10000 to < 50000
3	50000 to < 100000
2	100000 to < 500000
1	Equal or > 500000

Note that a proportional system was not used, as this would not have differentiated between the ECM costing below 100000 EUR

**Step 12:** Completed assessment table is given in **step 15**

**Step 13:** The operating cost data for the ECM are determined for a ten-year period. The OPEX costs fall within a range 1000 EUR to 32000 EUR

**Step 14**

The score rating system to be used is established:

Score	OPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 10000
3	10000 to < 15000
2	15000 to < 20000
1	Equal or > 20000

**Steps 15 and 16:** The completed assessment table is shown in Table 8.23.

**Step 17:** The ECM with the highest overall score is the liquid mounted primary with rim mounted secondary seal.



From **steps 5 and 6** above it can be seen that the estimated emissions with this ECM are 2673 kg/year compared with 24425 kg/year for base case. Note that this is 99.5 % of the ‘uncontrolled case’.

The result of the initial assessment of ECM for this tank, therefore, is that the seal should be changed from a vapour-mounted primary to a liquid-mounted primary with a rim mounted secondary seal system, further called the ‘initial ECM’.

If necessary the assessment can be re-iterated using the same methodology. As an example, a further round of iteration is given below.

**Case Study 1 - Second Round of ECM Assessment**

**Step A:** The compatibility table indicates that the following ECM are compatible with the initial ECM:

- Install ‘socks’ over roof legs
- Install float in slotted still well
- Install sleeve over slotted still well
- Change tank paint colour to white
- Install domed roof over tank

**Step B:** The initial assessment table (Table 8.23) shows that only roof leg socks had an overall score of more than 50 % of the seal system with the highest overall score (the initial ECM). The still well float and sleeve had scores of about 40 %. The assessment would have continued with a re-assessment of these three ECM relative to the initial ECM.

As this is an example case study, however, it will continue with an assessment of all the compatible ECM to control standing losses.

**Step C:** The new assessment table is shown in **Step K**

**Steps D and E:** The emission estimation results and the calculated incremental efficiencies are shown below:

Case	Total Emissions (kg)	Incremental Efficiency (%)
Initial ECM: Change seal to liquid mounted primary and rim-mounted secondary	2673	0
Initial ECM with tank paint colour changed to white	2336	12.6
Initial ECM with domed roof installed over tank	643	75.9
Initial ECM plus float in slotted still well	1621	39.4
Initial ECM plus sleeve over slotted still well	1208	54.8
Initial ECM plus ‘socks’ over roof legs	2593	3.0

**Step F:** The score rating system to be used is established as:

Score	Incremental Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 20 %
2	20 to < 40 %
3	40 to < 60 %
4	60 to < 80 %
5	> 80 %

Note that as the incremental efficiencies are well spaced between 0 and 100 %, a proportional scoring system is used (i.e. steps of 20 %)

**Step G:** The completed Incremental Emission Reduction Potentials are shown in the table in **Step K**

**Steps H:** The scoring for the 'Operation Aspects' for the ECM are the same as in **Step 9** above

**Step J:** The CAPEX and OPEX costs for the ECM are the same as determined in **Steps 10 and 13** above. The same score rating systems are also used.

**Step K:** The completed second round assessment table is shown in Table 8.24.

**Step L:** The combined ECM with the highest overall score are the liquid mounted primary with rim mounted secondary seal and the still well sleeve.

The result of the second round assessment of ECM for this tank, therefore, is that the seal should be changed from a vapour-mounted primary to a liquid-mounted primary with a rim mounted secondary seal system and a sleeve fitted over the slotted still well.

A further round of assessment could be carried out if deemed necessary considering the ECM with medium to high overall scores relative to that scored by the second round ECM combination (i.e. still well float and roof leg socks).

When in the end no arrangement of ECM meet the BAT criteria, the process should be restarted by changing the basic data e.g. by reducing the inventory to be stored, or by changing the storage mode.

### 8.13.2. Case study number 2; new FRT

**Tank type:** Planned new FRT, storing light naphtha with a Reid Vapour Pressure of 68 kPa  
**Location:** Southern Europe – average annual temperature 20 °C, average annual solar radiation 175 W/m<sup>2</sup>

**Details:**

- Cone roof, welded shell.
- Size: diameter 33 m, height 12 m, capacity 10263 m<sup>3</sup>
- Turnovers: average 12 per year

#### Case Study 2 - Initial ECM Assessment

**Step 1:** Emission estimates are undertaken. In the example below these were made using the US EPA Tanks 4 software.

Base case for a FRT is a mid-grey painted tank with open vents.

a) Base Case emissions = 318856 kg/year

**Steps 2 and 3:** Not required as tank is newly planned.

**Step 4:** The emission sources with a score of 3 or more are given in Table 3.10. The ECM to control these emissions are shown in the scorecard in the Annex in Table 8.7.

The ECM to be considered to control emissions are:

- Paint tank shell white
- Install breather (PVRV) valve
- Up rate tank to 56 mbar
- Install an IFR with primary seal only
- Install an IFR with secondary seal

The effect of these ECM can be determined from using the Tanks 4 software. In addition,

- Vapour balancing
- Connect to a vapour holding tank (VHT)
- Connect to a vapour recovery unit (VRU),

are also identified as ECM. The effects of these have to be determined from the emission estimates, specification of the systems and best engineering judgement.

**Steps 5 and 6:** The emission estimation results and the calculated emissions reduction efficiencies are shown below.

Case	Total Emissions (kg)	ECM Efficiency (%)
Base	318856	0
Base case with tank paint colour changed to white	174750	45.2
Base case with breather valve	302660	5.1
Base case with tank up-rated to 56 mbar	280320	12.1
Base case with IFR with primary mechanical shoe seal	10945	96.6
Base case with IFR with vapour mounted primary seal	11489	96.4
Base case with IFR with liquid mounted primary seal	8410	97.4
Base case with primary plus rim mounted secondary seal	7806	97.6
Base case with vapour balancing (assumed 80 % reduction in filling emissions)	176398	44.7
Base case with vapour holding tank (VHT)	178073	44.2
Base case with VRU (assumed 98 % efficiency)	6377	98.0
Base case with VRU and VHT	3561	98.9

**Step 7:** The score rating system to be used is established as:

Score	Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 75 %
2	75 to < 85 %
3	85 to < 95 %
4	95 to < 99 %
5	99 to 100 %

**Step 8:** The ECM ratings are:

ECM	Emission Reduction Potential Rating
Base case with tank paint colour changed to white	1
Base case with breather valve	1
Base case with tank up-rated to 56 mbar	1
Base case with vapour balancing	1
Base case with a VHT	1
Base case with a VRU	4
Base case with an IFR with primary seal	4
Base case with an IFR with secondary seal	4

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from best judgement, the ratings for the ‘operation aspects’ are:

ECM	Operability	Applicability	Safety	Waste, etc.
Shell paint colour	5	4	5	3
Breather valve	3	3	4	5
Up rate to 56 mbar	5	1	5	4
Vapour balancing	3	2	1	4
VHT	3	5	4	5
VRU	1	5	1	1
IFR with primary seal	4	5	2	5
IFR with secondary seal	4	4	2	5

**Step 10:** The cost data to fit these ECM are determined. The costs to fit the ECM fall within the range 1500 EUR to 650000 EUR.

**Step 11:** The score rating system to be used is established:

Score	CAPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 25000
3	25000 to < 125000
2	125000 to < 625000
1	Equal or > 625000

Note that a proportional system was not used, as this would not have differentiated between the ECM costing below 125000 EUR (if 625000 divided into 5 steps).

**Step 12:** Completed assessment table given in **step 15**

**Step 13:** The operating cost data for the ECM are determined for a ten-year period. The OPEX costs fall within a range of EUR 500 to 20000.

**Step 14:** The score rating system to be used is established:

Score	OPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 10000
3	10000 to < 15000
2	15000 to < 20000
1	Equal or > 20000

**Steps 15 and 16:** The completed assessment table is shown in Table 8.25.

**Step 17:** The ECM with the highest overall score is the IFR with primary seal.

The result of the initial assessment of ECM for this tank, therefore, is that the tank should be fitted with an internal floating deck; the initial ECM.

A second round of assessment could be undertaken. Only one ECM (secondary seal) has a high overall score relative to the initial ECM. Changing paint colour has a medium score. These two ECM would be re-evaluated using the methodology above against the initial ECM.

When in the end no arrangement of ECM meet the BAT criteria, the process should be restarted by changing the basic data e.g. by reducing the inventory to be stored, or by changing the storage mode.

### 8.13.3. Case study number 2a; new FRT

**Tank type:** as for case study 2, but FRT, storing light naphtha, to be used for strategic storage (i.e. tank kept full without turnovers)

**Location:** Southern Europe – average annual temperature 20 °C, average annual solar radiation 175 W/m<sup>2</sup>.

**Details:**

- Cone roof, welded shell
- Size: diameter 33 m, height 12 m, capacity 10263 m<sup>3</sup>
- Turnovers: zero per year.

#### Case Study 2a - Initial ECM Assessment

**Step 1:** Emission estimates are undertaken. In the example below these were made using the US EPA Tanks 4 software.

Base case for a FRT is a mid-grey painted tank with open vents.

a) Base Case emissions = 74790 kg/year

**Steps 2 and 3:** Not required as tank is newly planned

**Step 4:** The emission sources with a score of 3 or more are given in Table 3.10. The ECM to control these emissions are shown in the scorecard in the Annex in Table 8.7.

The ECM to be considered to control emissions are:

- Paint tank shell white
- Install breather (PVRV) valve
- Up rate tank to 56 mbar
- Install an IFR with primary seal only
- Install an IFR with secondary seal

The effect of these ECM can be determined from using the Tanks 4 software. In addition,

- Connect to a vapour holding tank (VHT)
- Connect to a vapour recovery unit (VRU)

are also identified as ECM. The effects of these have to be determined from the emission estimates, specification of the systems and best engineering judgement. Note that vapour balancing is not considered as the tank is on strategic storage duty.

**Steps 5 and 6:** The emission estimation results and the calculated emissions reduction efficiencies are shown below.

Case	Total Emissions (kg)	ECM Efficiency (%)
Base	74790	0
Base case with tank paint colour changed to white	13216	82.3
Base case with breather valve	66186	9.2
Base case with tank up-rated to 56 mbar	54318	27.4
Base case with IFR with primary mechanical shoe seal	10917	85.4
Base case with IFR with vapour mounted primary seal	11461	84.7
Base case with IFR with liquid mounted primary seal	8382	88.8
Base case with primary plus rim mounted secondary seal	7778	89.6
Base case with vapour holding tank (VHT)	0	100.0
Base case with VRU (assumed 98 % efficiency)	1496	98.0
Base case with VRU and VHT	0	100.0

**Step 7:** The score rating system to be used is established as:

Score	Emission Reduction Potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 75 %
2	75 to < 85 %
3	85 to < 95 %
4	95 to < 99 %
5	99 to 100 %

**Step 8:** The ECM ratings are:

ECM	Emission Reduction Potential Rating
Base case with tank paint colour changed to white	2
Base case with breather valve	1
Base case with tank up-rated to 56 mbar	1
Base case with a VHT	5
Base case with a VRU	4
Base case with an IFR with primary seal	3
Base case with an IFR with secondary seal	3

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from best judgement, the ratings for the 'operation aspects' are:

ECM	Operability	Applicability	Safety	Waste, etc.
Shell paint colour	5	4	5	3
Breather valve	3	3	4	5
Up rate to 56 mbar	5	1	5	4
VHT	3	5	4	5
VRU	1	5	1	1
IFR with primary seal	4	5	2	5
IFR with secondary seal	4	4	2	5

**Step 10:** The cost data to fit these ECM are determined. The costs to fit the ECM fall within the range of EUR 1500 to 650000.

**Step 11:** The score rating system to be used is established:

Score	CAPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 25000
3	25000 to < 125000
2	125000 to < 625000
1	Equal or > 625000

Note that a proportional system was not used, as this would not have differentiated between the ECM costing below 125000 EUR (if 625000 divided into 5 steps).

**Step 12:** Completed assessment table given in **step 15**

**Step 13:** The operating cost data for the ECM are determined for a ten-year period. The OPEX costs fall within a range of EUR 500 to 20000.

**Step 14:** The score rating system to be used is established:

Score	OPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 10000
3	10000 to < 15000
2	15000 to < 20000
1	Equal or > 20000

**Steps 15 and 16:** The completed assessment table is shown in Table 8.26.

**Step 17:** The ECM with the highest overall score is shell and roof paint colour.

The result of the initial assessment of ECM for this tank, therefore, is that the tank should be painted white; the initial ECM.

A second round of assessment could be undertaken. Only two ECM (IFR with and without a secondary seal) have a high overall score relative to the initial ECM. These two ECM would be re-evaluated using the methodology above against the initial ECM.

When in the end no arrangement of ECM meet the BAT criteria, the process should be restarted by changing the basic data e.g. by reducing the inventory to be stored, or by changing the storage mode.

#### 8.13.4. Case study number 3; new FRT

**Tank type:** New 1000 cubic metre capacity FRT tank storing acrylonitrile (ACN).

**Location:** Northern Europe – average annual temperature 10 °C, average annual solar radiation 120 W/m<sup>2</sup>

**Details:**

- Standard FRT
- Cone roof.
- Size: diameter 12.5 m, height 9 m, capacity 1000 m<sup>3</sup>
- Turnovers: average 12 per year



**Step 1:** Emission estimates are undertaken. In the example below these were made using the US EPA Tanks 4 software.

Base case for an FRT is a free-vented tank, painted mid-grey.

Base Case emissions = 4777 kg/year

**Step 2:** Not required, as this is a new tank.

**Step 3:** Not required, as this is a new tank.

**Step 4:** The emission sources with a score of 3 or more are given in Table 3.10. The ECM to control these emissions are shown in the scorecard in the Annex in Table 8.7.

The ECM to be considered to control emissions are:

- Change tank paint colour to white
- Install solar shield over tank
- Install a breather (P/V) valve on the tank
- Up-rate the tank design pressure to 56 mbar
- Install an IFR with primary seal
- Install an IFR with secondary seal

The effect of these ECM can be determined from using the Tanks 4 software. The effectiveness of the solar shield has to be established to permit solar radiation reduction to be introduced into the estimation methodology. In addition,

- Vapour balancing
- Connect to a vapour holding tank (VHT)
- Connect to a vapour recovery unit (VRU)

are also identified as ECM. The effects of these have to be determined from the emission estimates, specification of the systems and best engineering judgement.

**Steps 5 and 6:** The emission estimation results and the calculated emissions reduction efficiencies are shown below.

Case	Total Emissions (kg)	ECM Efficiency (%)
Base	4777	0
Base case with tank paint colour changed to white	2662	44.3
Base case with solar shield installed over tank	2444	48.8
Base case with breather (P/V) valve	4161	12.9
Base case with PV valve at 56 mbar	3312	30.7
Base case with IFR with primary seal	300	93.7
Base case with primary and rim mounted secondary seal	172	96.4
Base case with vapour balancing (80 % reduction assumed in filling emissions)	2561	46.3
Base case with vapour holding tank	2770	32.8
Base case with VRU (assumed 98 % efficiency)	96	98.0

**Step 7:** The score rating system to be used is established as:

Score	Emission reduction potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 80 %
2	80 to < 95 %
3	95 to < 98 %
4	98 to < 99.5 %
5	99.5 to 100 %

**Step 8:** The ECM ratings are therefore:

ECM	Emission reduction potential rating
Shell paint colour	1
Breather (PV) valve	1
Up-rate to 56 mbar	1
Solar shield	1
Vapour balancing	1
Vapour holding tank	1
Vapour recovery unit	4
IFR with primary seal	2
IFR with secondary seal	3

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from best judgement, the ratings for the 'operation aspects' are:

ECM	Operability	Applicability	Safety	Additional waste generation
Shell paint colour	5	4	5	3
Breather PV Valve	3	4	4	5
Up-rate to 56 mbar	5	4	5	4
Solar shield	5	2	5	5
Vapour balancing	3	2	1	4
Vapour holding tank	3	1	4	5
Vapour recovery unit	1	5	1	1
IFR with primary seal	4	5	2	5
IFR with secondary seal	4	3	2	5

**Step 10:** The cost data to fit or retrofit these ECM are determined. The costs for this example vary within a range of EUR 1000 to 100000.

**Step 11:** The score rating system to be used is established:

Score	CAPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 15000
3	15000 to < 40000
2	40000 to < 100000
1	Equal or > 100000

**Step 12:** Completed **assessment** table is given in **Step 15**

**Step 13:** The operating cost data for the ECM are determined for a ten-year period. The OPEX costs fall within a range up to 20000 EUR

**Step 14:** The score rating system to be used is established:

Score	OPEX (EUR)
5	< 5000
4	5000 to < 10000
3	10000 to < 15000
2	15000 to < 20000
1	Equal or > 20000

**Steps 15 and 16:** The completed assessment table is shown in Table 8.27.

**Step 17:** The ECM with the highest overall score is the IFR with primary seal. However, an IFR with primary and secondary seal has a very close score.

From **steps 5 and 6** above it can be seen that the estimated emissions with this latter ECM are 172 kg/year compared with 4777 kg/year for base case. Note that this is 96.4 % of the base case.

Thus installing an IFR with primary and secondary seals is considered to be the initial ECM.

If further emission reductions are required a second round of ECM determination can be undertaken using as initial ECM an IFR installed on a free-vented FRT, having both primary and secondary seals.

When in the end no arrangement of ECM meet the BAT criteria, the process should be restarted by changing the basic data e.g. by reducing the inventory to be stored, or by changing the storage mode.

#### 8.13.5. Case study number 4; new FRT

**Tank type:** New 100 cubic metre capacity FRT tank storing acrylonitrile (ACN).

**Location:** Northern Europe – average annual temperature 10 °C, average annual solar radiation 120 W/m<sup>2</sup>.

**Details:**

- Standard FRT
- Cone roof
- Size: diameter 4 m, height 8 m, capacity 100 m<sup>3</sup>
- Turnovers: average 12 per year

**Step 1:** Emission estimates are undertaken. In the example below these were made using the US EPA Tanks 4 software.

Base case for an FRT is a free-vented tank, painted mid-grey.

Base case emissions = 346 kg/year

**Step 2:** Not required, as this is a new tank.

**Step 3:** Not required, as this is a new tank.

**Step 4:** The emission sources with a score of 3 or more are given in Table 3.10. The ECM to control these emissions are shown in the scorecard in the Annex in Table 8.7.

The ECM to be considered to control emissions are:

- Change tank paint colour to white
- Install solar shield over tank
- Install a breather (P/V) valve on the tank
- Up-rate the tank design pressure to 56 mbar
- Install an IFR with primary seal
- Install an IFR with secondary seal

The effect of these ECM can be determined from using the Tanks 4 software. The effectiveness of the solar shield has to be established to permit solar radiation reduction to be introduced into the estimation methodology. In addition,

- Vapour balancing
- Connect to a vapour holding tank (VHT)
- Connect to a vapour recovery unit (VRU)

are also identified as ECM. The effects of these have to be determined from the emission estimates, specification of the systems and best engineering judgement.

**Steps 5 and 6:** The emission estimation results and the calculated emissions reduction efficiencies are shown below.

Case	Total emissions (kg)	ECM efficiency (%)
Base	346	0
Base case with tank paint colour changed to white	222	36.0
Base case with solar shield installed over tank	194	43.8
Base case with breather valve	317	8.4
Base case with PV valve at 56 mbar	277	20.1
Base case with IFR with primary mechanical shoe seal	128	62.9
Base case with IFR with primary and rim mounted secondary seal	87	74.8
Base case with vapour balancing (assumed 80 % reduction in filling emissions)	145	58.1
Base case with vapour holding tank	251	48.2
Base case with VRU (assumed 98 % efficiency)	7	98

**Step 7:** The score rating system to be used is established as:

Score	Emission reduction potential (Efficiency of ECM)
1	0 to < 80 %
2	80 to < 95 %
3	95 to < 98 %
4	98 to < 99.5 %
5	99.5 to 100 %

**Step 8:** The ECM ratings are therefore:

ECM	Emission reduction potential rating
Shell paint colour	1
Breather PV Valve	1
Up-rate to 56 mbar	1
Solar shield	1
Vapour balancing	1
Vapour holding tank	1
Vapour recovery unit	4
IFR with primary seal	1
IFR with secondary seal	1

**Step 9:** From the information in Chapter 4 and from best judgement, the ratings for the ‘operation aspects’ are:

ECM	Operability	Applicability	Safety	Additional waste generation
Shell paint colour	5	4	5	3
Breather PV Valve	3	4	4	5
Up-rate to 56 mbar	5	5	5	4
Solar shield	5	2	5	5
Vapour balancing	3	3	1	4
Vapour holding tank	3	1	4	5
Vapour recovery unit	1	5	1	1
IFR with primary seal	4	2	2	5
IFR with secondary seal	4	2	2	5

**Step 10:** The cost data to fit or retrofit these ECM are determined. The costs for this example vary within a range of EUR 500 to 50000.

**Step 11:** The score rating system to be used is established:

Score	CAPEX (EUR)
5	< 2500
4	2500 to < 7500
3	7500 to < 20000
2	20000 to < 50000
1	Equal or > 50000

**Step 12:** Completed assessment table given in **step 15**.

**Step 13:** The operating cost data for the ECM are determined for a ten-year period. The OPEX costs fall within a range of EUR 0 to 10000 EUR

**Step 14:** The score rating system to be used is established:

Score	OPEX (EUR)
5	< 2500
4	2500 to < 5000
3	5000 to < 7500
2	7500 to < 10000
1	Equal or > 10000

**Steps 15 and 16:** The completed assessment table is shown in Table 8.28.

**Step 17:** The ECM with the highest overall score is a breather PV valve (at 20 mbar), closely followed by the up-rate to 56 mbar.

From **steps 5 and 6** above it can be seen that the estimated emissions with the latter ECM are 277 kg/year compared with 346 kg/year for base case. Note that this is 20.1 % of the ‘uncontrolled case’.

Up-rating the design of the new tank to 56 mbar is considered the initial ECM.

If further emission reductions are required a second round of ECM determination can be started using as initial ECM a PV valve set at 56 mbar installed on a FRT.

When in the end no arrangement of ECM meet the BAT criteria, the process should be restarted by changing the basic data e.g. by reducing the inventory to be stored, or by changing the storage mode.

Technique	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (retro)	Score opex	Financial score RETRO	Overall score RETRO
	A	B	C	D		$O = A * (B+C+D+E)$	F	H	$Cr = F*H$	$OS = O*Cr$
Instrumentation	1	5	5	5	5	20	4	3	12	240
Shell/Roof colour	1	5	4	5	3	17	3	5	15	255
Dome Roof	4	2	2	1	4	36	1	3	3	108
Primary Seal - Mechanical Shoe	2	5	5	4	5	38	3	4	12	456
Primary Seal - Liquid Mounted (LM)	3	5	5	4	5	57	3	4	12	684
LM Primary + Secondary Seal	4	4	5	4	5	72	3	4	12	864
Still Well Float	1	2	5	4	5	16	5	4	20	320
Still Well Sleeve	1	4	5	4	5	18	5	4	20	360
Roof Leg Socks	1	5	5	4	5	19	5	5	25	475

Table 8.23: Case study number 1 – Initial ECM Assessment

Technique	Incremental emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (retro)	Score opex	Financial score RETRO	Overall score RETRO
	A	B	C	D	E	$O = A * (B+C+D+E)$	F	H	$Cr = F*H$	$OS = O*Cr$
Initial ECM + Shell/Roof colour	1	5	4	5	3	17	3	5	15	255
Initial ECM + Dome Roof	4	2	2	1	4	36	1	3	3	108
Initial ECM + Still Well Float	2	2	5	4	5	32	5	4	20	640
Initial ECM + Still Well Sleeve	3	4	5	4	5	54	5	4	20	1080
Initial ECM + Roof Leg Socks	1	5	5	4	5	19	5	5	25	475

Table 8.24: Case study number 1 – Second Round of ECM Assessment

Technique	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (new)	Score opex	Financial score NEW	Overall score NEW
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>O = A * (B+C+D+E)</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>Cn = F*H</b>	<b>OS = O*Cn</b>
Shell paint colour	1	5	4	5	3	<b>17</b>	5	5	25	<b>425</b>
PV Valve	1	3	3	4	5	<b>15</b>	3	5	15	<b>225</b>
Uprate to 56 mbar	1	5	1	5	4	<b>15</b>	4	5	20	<b>300</b>
Vapour balancing	1	3	2	1	4	<b>10</b>	3	5	15	<b>150</b>
Vapour holding tank	1	3	5	4	5	<b>17</b>	2	3	6	<b>102</b>
Vapour recovery unit	4	1	5	1	1	<b>32</b>	1	1	1	<b>32</b>
IFR with primary seal	4	4	5	2	5	<b>64</b>	3	5	15	<b>960</b>
IFR with secondary seal	4	4	4	2	5	<b>60</b>	3	5	15	<b>900</b>

Table 8.25: Case study number 2 – Initial ECM Assessment

Technique	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (new)	Score opex	Financial score NEW	Overall score NEW
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>O = A * (B+C+D+E)</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>Cn = F*H</b>	<b>OS = O*Cn</b>
Shell paint colour	2	5	4	5	3	<b>34</b>	5	5	25	<b>850</b>
PV Valve	1	3	3	4	5	<b>15</b>	3	5	15	<b>225</b>
Uprate to 56 mbar	1	5	1	5	4	<b>15</b>	4	5	20	<b>300</b>
Vapour holding tank	5	3	5	4	5	<b>85</b>	2	3	6	<b>510</b>
Vapour recovery unit	4	1	5	1	1	<b>32</b>	1	1	1	<b>32</b>
IFR with primary seal	3	4	5	2	5	<b>48</b>	3	5	15	<b>720</b>
IFR with secondary seal	3	4	4	2	5	<b>45</b>	3	5	15	<b>675</b>

Table 8.26: Case study number 2a – Initial ECM Assessment



Technique	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (new)	Score opex	Financial score NEW	Overall score NEW
	A	B	C	D	E	O=A * (B+C+D+E)	F	H	Cn = F*H	OS = O * Cn
Shell Paint colour	1	5	4	5	3	17	5	5	25	425
Breather (PV) Valve	1	3	4	4	5	16	5	5	25	400
Up-rate to 56 mbar	1	5	4	5	4	18	5	5	25	450
Solar shield	1	5	2	5	5	17	4	5	20	340
Vapour balancing	2	3	2	1	4	20	3	5	15	300
Vapour holding tank	1	3	1	4	5	13	2	3	6	78
Vapour recovery unit	4	1	5	1	1	32	1	1	1	32
IFR with primary seal	2	4	5	2	5	32	4	5	20	640
IFR with secondary seal	3	4	3	2	5	42	3	5	15	630

Table 8.27: Case study number 3 – Initial ECM Assessment

Technique	Emission reduction potential	Operability	Applicability	Safety	Waste, energy, cross-media	Operational score	Score CAPEX (new)	Score opex	Financial score NEW	Overall score NEW
	A	B	C	D	E	O=A * (B+C+D+E)	F	H	Cn = F*H	OS = O * Cn
Shell paint colour	1	5	4	5	3	17	4	5	20	340
PV Valve	1	3	4	4	5	16	5	5	25	400
Uprate to 56 mbar	1	5	5	5	4	19	4	5	20	380
Solar shield	1	5	2	5	5	17	4	5	20	340
Vapour balancing	1	3	3	1	4	11	3	5	15	165
Vapour holding tank	1	3	1	4	5	13	2	4	8	104
Vapour recovery unit	4	1	5	1	1	32	1	1	1	32
IFR with primary seal	1	4	2	2	5	13	3	5	15	195
IFR with secondary seal	1	4	2	2	5	13	3	5	15	195

Table 8.28: Case study number 4 – Initial ECM Assessment

## 8.14. ECM Scorecards for the storage of solids

- *Dust reduction potential*

- ++ very high or virtually complete prevention of diffuse emissions
- + clear reduction of diffuse emissions
- 0 no significant reduction of diffuse emissions or no clear conclusion possible

- *Energy consumption*

- + low energy consumption
- 0 normal energy consumption or no reliable data is available
- high energy consumption

- *Cross-media effects*

(e.g. additional impact in the hydrological cycle or on ground and surface water, increase in waste production, increase of noise impact.)

- + reduction of dust emissions without cross-media effect
- 0 no significant impact or no reliable data available
- cross-media effect

- *Investment requirement*

- + low investment required
- nd no data available
- high investment required

- *Operating costs*

- + low
- nd no data available
- high operating costs

**Tabelle 8.29: ECM Scorecard for the storage of solids**  
 [17, UBA, 2001]

General comment: [15, InfoMil, 2001] **S1 = highly drift sensitive, not wettable**  
**S2 = highly drift sensitive, wettable**  
**S3 = moderately drift sensitive, not wettable**  
**S4 = moderately drift sensitive, wettable**  
**S5 = not or very slightly drift sensitive**

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
<b>Cereals</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wheat: S3</li> <li>• rye: S3</li> <li>• maize: S3</li> </ul>	6.4b	Silo	++	0	0	nd	nd	

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
<b>Brown coal: S4</b>	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Open storage with sprinklers, possibly with wind protection walls	+	0	0	+	nd	
<b>Black coal: S4</b>	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Open storage with sprinklers, possibly with wind protection walls *)	+	0	0	+	nd	
		Enclosed storage	++	0	0	-	-	
		Large capacity silo	++	0	0	-	-	

\*) Note: for long-term storage of coal compacted multi-layer accretion is recommended for safety (flammability) and quality reasons. With fine coal dumps (particle size < 10 mm), it is common practice to apply a covering layer of gravel, earth or other material or cover with a tarpaulin or to spray the material with a binding agent.

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
Coke: S1-S4 S3-S4	1.1/1.3/2.1/2.2/2.4/2.5a	Enclosed storage	+	0	0	nd	nd	
		Open storage	+	0	-	nd	nd	

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
Iron ores and concentrates • pellets: S5 • rock ore: S5 • ore dust: S4-S5	2.1/2.2	Open storage with sprinkler systems, possibly with wind protection walls	+	0	0	+	+	
Copper ores and concentrates: S4	2.5a	Enclosed storage	++	+	+	nd	nd	
Miscellaneous non-ferrous ores and concentrates: S2-S5	2.5a/2.5b	Open storage and sprinkling with a chalk suspension	0	+	0	nd	nd	
		Enclosed storage in halls	++	+	+	nd	nd	

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
Gypsum: S4	1.1/3.1/3.3/3.5/4.3	Large capacity silo	++	+	+	-	nd	
		Bunker	++	+	+	nd	+	
		Open storage	+	+	0	+	+	
		In shed/under roof	++	0	+	-	nd	

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs	Cross-reference
Fertiliser: S1-S3	4.3							

## 8.15. ECM Scorecards for the handling of solids

- *Dust reduction potential*

- ++ very high or virtually complete prevention of diffuse emissions
- + clear reduction of diffuse emissions
- 0 no significant reduction of diffuse emissions or no clear conclusion possible

- *Energy consumption*

- + low energy consumption
- 0 normal energy consumption or no reliable data is available
- high energy consumption

- *Cross-media effects*

(e.g. additional impact in the hydrological cycle or on ground and surface water, increase in waste production, increase of noise impact.)

- + reduction of dust emissions without cross-media effect
- 0 no significant impact or no reliable data available
- cross-media effect

- *Investment requirement*

- + low investment required
- nd no data available
- high investment required

- *Operating costs*

- + low
- nd no data available
- high operating costs

**Table 8.30: ECM Scorecard on the handling of solids**  
[17, UBA, 2001]

General comment: [15, InfoMil, 2001] **S1 = highly drift sensitive, not wettable**

**S2 = highly drift sensitive, wettable**

**S3 = moderately drift sensitive, not wettable**

**S4 = moderately drift sensitive, wettable**

**S5 = not or very slightly drift sensitive**

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
<b>Cereals</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wheat: S3</li> <li>• rye: S3</li> <li>• maize: S3</li> </ul>	6.4b	Fill pipe with automatic height adjustment and loading head	++	+	0	nd	nd
		Discharge tube with height adjustment and dust apron	+	+	0	nd	nd
		Discharge tube with sealing cone and level sensor	++	+	0	nd	nd
		Cascade chute	++	+	0	nd	nd
		Reduced emission grabs	+	0	0	+	nd
		Hopper at negative pressure	++	-	0	-	-
		Chutes enclosed at negative pressure	++	-	+	-	-
		Screw conveyor	++	-	0	-	+
		Chain conveyor	+	0	0	nd	nd
		Fully enclosed conveyor belt	++	0	0	nd	nd

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
<b>Black coal: S4</b>	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Fill pipe with height adjustment without loading head	+	0	0	+	+
		Cascade chute	++	+	0	-	nd
		Reduced emission grabs	+	0	0	+	nd
		Dedusted hopper *)	++	0	0	+	-
		Bucket elevator	+	+	0	-	+
		Screw conveyor	++	-	0	-	+
		Open belt conveyors, entrenched with lateral wind protection	+	0	0	+	+
		Enclosed belt conveyor	++	0	0	-	-
		Tube belt conveyor	++	0	0	nd	nd
Sprinkler systems for conveyor transfer points	++	0	+	nd	+		
<b>Brown coal: S4</b>	1.1/1.3/1.4/3.1/3.5	Open belt conveyor with water sprayed conveyor transfer points	++	0	0	nd	nd
		Open belt conveyor with negatively pressured conveyor transfer points	+	-	0	nd	nd
		Pneumatic conveyor **)	++	-	0	-	+
		Water jets/fine sprays at conveyor transfer points ***)	++	+	+	nd	+
		Spraying with water and tensides at conveyor transfer points ***)	++	+	-	nd	-



Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
Coke: S1-S4	1.1/1.3/2.1/2.2/2.4/2.5a	Reduced emission grabs	+	0	0	+	nd
		Dedusted hopper *)	++	0	0	+	nd
		Open belt conveyor, entrenched and with lateral wind protection	+	0	0	nd	nd
		Enclosed belt conveyor	++	0	0	-	nd
*) Note: dedusted means hoppers with high traverse walls and usually with dust filters							

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
Iron ores and concentrates  • pellets: S4 • rock ore: S4 • ore dust: S4	2.1/2.2	Fill pipe with height adjustment without loading head	+	+	0	nd	+
		Reduced emission grabs	+	0	0	+	nd
		Dedusted hopper *)	++	0	0	+	nd
		Bucket elevator	++	+	0	-	+
		Open belt conveyors, embedded and with lateral wind protection	+	0	0	+	+
Water jets, possibly with additives at appropriate conveyor transfer points	++	+	0	nd	+		
Copper ores and concentrates: S4	2.5a	Emission optimised grabs	+	0	0	+	nd
		Dedusted hopper *)	++	0	0	nd	nd
		Enclosed belt conveyor	++	0	0	nd	nd
Miscellaneous non-ferrous ores and concentrates: S2-S4	2.5a/2.5b	Reduced emission grabs	+	0	0	+	nd
		Dedusted hopper *)	++	0	0	+	nd
		Enclosed belt conveyor	++	0	0	nd	nd
		Spraying with tensides	++	+	-	nd	nd
*) Note: dedusted means hoppers with high traverse walls and usually with dust filters; they are not necessarily used for handling iron pellets, because of the barely perceptible dust generation							

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
Gypsum: S4	1.1/3.1/3.5/4.3	Emission optimised grabs	++	+	+	-	nd
		Reduced emission hopper not under negative pressure	++	-	0	nd	-
		Screw conveyor	++	-	+	+	-
		Pneumatic conveyor systems	++	-	+	+	-
		Tube belt conveyor	++	0	+	nd	+
		Cascade chute	++	+	0	-	nd
		Fill pipe with height adjustment and dust apron	+	+	0	nd	nd
		Fill pipes with sealing cone and level sensor	++	-	0	nd	-
Bucket elevator							

Relevant bulk material and inherent dustiness	Relevant IPPC activities (No. of appendix on IPPC Directive)	ECM	Dust reducing potential	Energy use	Cross-media effect	Investment costs	Operating costs
Fertiliser: S1-S3	4.3	Emission optimised grabs	+	0	0	+	nd
		Reduced emission hopper not under negative pressure	++	+	0	+	+
		Screw conveyor	-	-	0	+	nd
		Pneumatic conveyor systems	++	-	0	+	-
		Tube belt conveyor	++	0	+	nd	+
		Cascade chute	++	+	0	-	nd
		Fill pipe with height adjustment and dust apron	+	+	0	nd	nd
		Fill pipe with sealing cone and level sensor	++	+	0	nd	nd
Bucket elevator							

## 8.16. Characteristics of fire-fighting systems

Source: [8, CPR, 1991]

### 1) Automatic sprinkler system:

- heat detection at all times
- water or foam may be used as extinguishant
- a maximum storage floor area of 2500 m<sup>2</sup>
- the system requires no special structural provisions
- when the extinguishing system is activated only the area below the indicated sprinkler heads will be sprinkled
- the use of smoke and heat extraction systems is not allowed
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

### 2) Automatic deluge system

- any detection method may be used
- water or foam (medium or heavy) may be used as extinguishant
- a maximum storage floor area of 2500 m<sup>2</sup>
- the system requires no special structural provisions
- when the extinguishing system is activated, an entire section (number and size depending on the design) will be sprinkled; the sprinkled area is determined by the size of the section or partition
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

### 3) Automatic gas extinguishing system:

- any detection method may be used
- CO<sub>2</sub> is used as extinguishant
- a maximum storage floor area of 600 m<sup>2</sup> applies
- the walls, doors and ceilings of the storage room is completely fire-resistant for 30 minutes
- the use of smoke and heat extraction systems is not allowed.

### 4) Local fire brigade with dry deluge system

- a fast detection method is used (not heat detection); in the event of fire, detection must also take place for rooms adjoining the storage room (alternatives for fire detection may be formulated in the technical/organisational plan, and needs to be assessed by the competent authorities)
- water or foam may be used as extinguishant
- a maximum storage floor area of 500 m<sup>2</sup>
- the storage room is completely fire-resistant for 60 minutes; if a local fire brigade can be shown to be deployable within 6 minutes, a structure with a fire-resistance of 30 minutes will suffice for an existing storage room
- the storage room is subdivided into sections of no more than 100 m<sup>2</sup>; the sections are separated by walls with a fire-resistance of at least 30 minutes or by an aisle of at least 3.5 metres width
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

**5) Automatic hi-ex system**

- a fast detection method shall be used (not heat detection)
- light foam with an expansion factor between 500 and 1000 is used as extinguishant
- the maximum floor area of the storage room is 1500 m<sup>2</sup>
- the doors, walls and ceilings of the storage room is completely fire-resistant for 30 minutes
- when the system is activated, the entire room shall be completely filled with foam
- the use of a smoke and heat extraction system is required.

**6) Company fire brigade with manually operated deluge system**

- a fast detection method shall be used (not heat detection)
- water or foam (medium or heavy) may be used as extinguishant
- the maximum floor area of the storage room is 2500 m<sup>2</sup>
- the doors, walls and ceilings of the storage room is completely fire-resistant for 30 minutes
- when the extinguishing system is activated, an entire section will be sprinkled
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

**7) Company fire brigade with dry deluge system**

- a fast detection method shall be used (not heat detection)
- water or foam (medium or heavy) may be used as extinguishant
- the maximum floor area of the storage room is 2500 m<sup>2</sup>
- the doors, walls and ceilings of the storage room is completely fire-resistant for 30 minutes
- when the extinguishing system is activated, an entire section will be sprinkled
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

**8) Company fire brigade extinguishing *in situ* (internal assault)**

- a fast detection method shall be used (not heat detection)
- water or foam (medium or heavy) may be used as extinguishant
- the maximum floor area of the storage room is 1500 m<sup>2</sup>
- the storage room is subdivided in sections of no more than 300 m<sup>2</sup>
- the storage room is completely fire-resistant for 60 minutes; a construction with a fire-resistant of 30 minutes will suffice for existing storage rooms
- the use of a smoke and heat extraction system is required
- if (highly) flammable liquids are stored, only foam may be used as extinguishant.

## 8.17. Distances for the storage of gas cylinders

Distance	Group 1°, a)	Group 1°, b)	Group 1°, c)	Group 2°, a)	Group 2°, b)	Group 3°, a)	Group 3°, b)	Group 4°
Group 1° a	-	0	5	0	5	1) 5 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 1° b	0	-	5	0	5	1) 5 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 1° c	5	5	-	5	5	1) 5 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 2° a	0	0	5	-	0	0	0	0
Group 2° b	5	5	5	0	-	0	0	0
Group 3° a	1) 5	1) 5	1) 5	0	0	-	0	0
	2) 5	2) 5	2) 5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Group 3° b	1) 5	1) 5	1) 5	0	0	0	-	0
	2) 5	2) 5	2) 5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Group 4°	0	0	0	0	0	0	0	-
Distance to borders	1) 3	7.5	7.5	7.5	7.5	2	7.5	2
	2) 5							
	3) 7.5							
To buildings without open fire	1) 3	5	7.5	7.5	7.5	5	7.5	2
	2) 5							
	3) 7.5							
Storage of flammable substances	5	5	5	2	5	5	5	2
Storage of liquids with flame point >55 °C	5	5	5	2	5	5	5	2
Storage combustible liquids with flame point < 55 °C	7.5	7,5	7.5	2	7.5	7.5	7.5	2
Storage combustible liquids	2	2	2	0	0	0	0	0
Tank liquefied oxygen	1) 5	1) 5	1) 5	2	2	2	2	2
	2) 7.5	2) 7.5	2) 7.5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Tank liquefied nitrogen or argon	2	2	2	2	2	2	2	2
Tank liquefied hydrogen	1) 5	1) 5	1) 5	2	7.5	7.5	7.5	2
	2) 7.5	2) 7.5	2) 7.5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
<p>Note:                      the distances mentioned under 1) are the minimum distances for a storage capacity of maximum 1000 l.                      the distances mentioned under 2) are the minimum distances for a storage capacity between 1000 and 5000 l.                      the distances mentioned under 3) are the minimum distances for a storage capacity of more than 5000 l.</p> <p>Those storage capacity are related to the group of gases concerned and not the whole storage capacity.</p>								

**Tabelle 8.31: Distances for closed storage of gas cylinders**  
 [45, Vlaanderen, ]

Distance	Group 1°, a)	Group 1°, b)	Group 1°, c)	Group 2°, a)	Group 2°, b)	Group 3°, a)	Group 3°, b)	Group 4°
Group 1° a	-	0	5	0	5	1) 2 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 1° b	0	-	5	0	5	1) 2 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 1° c	5	5	-	5	5	1) 2 2) 5 3) 7.5	1) 5 2) 5 3) 7.5	0
Group 2° a	0	0	5	-	0	0	0	0
Group 2° b	5	5	5	0	-	0	0	0
Group 3° a	1) 2	1) 2	1) 2	0	0	-	0	0
	2) 5	2) 5	2) 5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Group 3° b	1) 5	1) 5	1) 5	0	0	0	-	0
	2) 5	2) 5	2) 5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Group 4°	0	0	0	0	0	0	0	-
Distance to borders	1) 3	7.5	7.5	7.5	7.5	2	7.5	2
	2) 5							
	3) 7.5							
To buildings without open fire.	1) 3	5	7.5	7.5	7.5	5	7.5	2
	2) 5							
	3) 7.5							
Storage flammable substances	5	5	5	2	5	5	5	2
Storage liquids flame point > 55 °C	5	5	5	2	5	5	5	2
Storage combustible liquids flame point < 55 °C	7.5	7.5	7.5	2	7.5	7.5	7.5	2
Storage combustible liquids	2	2	2	0	0	0	0	0
Tank with liquefied oxygen	1) 5	1) 5	1) 5	2	2	2	2	2
	2) 7.5	2) 7.5	2) 7.5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
Tank with liquefied nitrogen or argon	2	2	2	2	2	2	2	2
Tank liquefied hydrogen	1) 5	1) 5	1) 5	2	7.5	7.5	7.5	2
	2) 7.5	2) 7.5	2) 7.5					
	3) 7.5	3) 7.5	3) 7.5					
<p>Note:                      the distances mentioned under 1) are the minimum distances for a storage capacity of maximum 1000 l.                      the distances mentioned under 2) are the minimum distances for a storage capacity between 1000 and 5000 l.                      the distances mentioned under 3) are the minimum distances for a storage capacity of more than 5000 l.</p> <p>Those storage capacity are related to the group of gases concerned and not the whole storage capacity.</p>								

**Tabelle 8.32: Distances for open storage of gas cylinders**  
 [45, Vlaanderen, ]

### 8.18. Examples of applied distances for the storage of flammable liquid in tanks

K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> and crude	Floating Roof Tanks						Fixed Roof Tanks
	10 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100	101 – 180	181 – 240	10 – 40
Storage capacity in 1000 m <sup>3</sup>							
Block-capacity versus storage capacity	%	%	%	%	%	%	%
1 tank	100	100	100	100	100	100	100
2 tanks	80	80	80	80	80	80	80
3 tanks	70	80	80	80	80	80	70
4 tanks or more	60	80	80	80	80	80	70
Containment of the bund: capacity of the biggest tank + 10 % of all other tanks in the same bund.							
Maximum 4 tanks with a total capacity of 60000 m <sup>3</sup> or one tank with a capacity higher than 60000 m <sup>3</sup> (floating roof) in one bund							
Minimum distance from a tank to the foot of the bund or wall:							
	2 m	2.5 m	3 m	4 m	5 m	6 m	2 m
Minimum distance from a tank to another K <sub>1</sub> or K <sub>2</sub> tank with a separate containment							
	½ D	½ D	½ D	½ D	½ D	½ D	½ D
	6 m	10 m	15 m	17.5 m	20 m	25 m	6 m
Minimum distance from a tank within the same containment: ½ D, minimum 6 m							
<b>K<sub>3</sub></b>							
Minimum distance of a K <sub>3</sub> -tank to another K <sub>3</sub> -tank in the same containment: 1/3 D							
Minimum distance of a K <sub>3</sub> -tank to another K <sub>3</sub> -tank in a separate containment: ¼ D or 3 – 13 m.							
Note: K <sub>0</sub> : this is the category of flammable liquids with a vapour pressure, at 37.8 °C, of 1 bar or more							
K <sub>1</sub> : this is the category of flammable liquids, not being K <sub>0</sub> , with a flashpoint (determined with the Abel-Pensky instrument) at 1 bar, below 21 °C							
K <sub>2</sub> : this is the category of flammable liquids with a flashpoint (determined with the Abel-Pensky instrument) at 1 bar, below 55 °C but not below 21 °C							
K <sub>3</sub> : this is the category of flammable liquids with a flashpoint (determined with the Abel-Pensky instrument) at 1 bar, of 55 °C or higher, but not above 100 °C							

**Table 8.33: Distances for the aboveground storage of K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> and crude applied in the Netherlands**  
 [3, CPR, 1984]



<b>Factor</b>	<b>Minimum separation from any part of the tank</b>
Between adjacent fixed roof tank	Equal to the smaller of the following: the diameter of the smaller tank half the diameter of the larger tank 15 m but not less than 10 m
Between adjacent floating roof tank	10 m for tanks up to and including 45 m diameter 15 m for tanks over 45 m diameter The spacing is determined by the size of the larger tank
Between a floating roof tank and a fixed roof tank	Equal to the smaller of the following: the diameter of the smaller tank half the diameter of the larger tank 15 m but not less than 10 m
Between a group of small tanks and any tank outside the group	15 m
Between a tank and the site boundary, any designated non-hazardous area, process area or any fixed source of ignition	15 m

**Table 8.34: Distances for the aboveground storage of flammable liquids in ‘large’ tanks applied in the UK**  
[37, HSE, 1998]

## 8.19. Typical checklist for the design of a product storage tank in a chemical plant facility

### Physical properties of primary concern

- At ambient conditions - gas/liquid/solid
- Normal boiling point - °C
- Freezing point - °C
- Vapour pressure at ambient conditions - kPa
- State in the storage conditions - gas/liquid/solid/possible change of state
- Possible storage conditions
  - pressure: atmospheric/other
  - temperature: ambient/other
- Special cases - e.g. need to cool, heat....
- Hygroscopic features - need prevention to moisture contact

### Dangerous properties of primary concern

- Flammability - explosive limits/flashpoint
- Chemical stability
  - need to add stabilizers
  - effect of temperature
- Compatibility with usual agents - air, water, usual construction materials
- Corrosivity - avoided/recommended materials at storage temperature
- Acute toxicity for man - for man-qualitative data sufficient (e.g. MAC values)
- Long term toxicity for man - for man-qualitative data sufficient (e.g. MAC values)

### Product quality aspects

- Is the storage
  - dedicated
  - multi products/with or without incompatibilities
- Fate of off spec product
  - if present in storage
  - if returned from shipment
- Risk of pollution of product
  - by common vent collection system
  - by the mobile vessels
  - by the transfer lines
- Need of special operations - filtration, drainage of unwanted by-products, mixing etc

**Inventory (commercial aspects)**

- Total inventory - in volume, in mass, in weeks production, yearly turnovers
- Number of tanks - how to cope with regulatory inspections

**First selection of storage mode**

- In any case
  - operating pressure/temperature
  - construction materials
  - unit volume
  - total volume
- Inconvenient storage mode - list/main reasons
- Storage modes to be considered - list/main reasons

**Environmental issues of each storage mode**

- To surface water
- To groundwater
- Wastes

**Analysis of ECM applicable to each storage mode**

- Prevention of air pollution - recommended combination of ECM
- Prevention of surface water pollution - recommended combination of ECM
- Prevention of groundwater pollution - recommended combination of ECM
- Prevention of waste formation - recommended combination of ECM
- Incompatibilities between the combinations
- Cross-media aspects
- Economic aspects

**Solutions considered satisfactory**

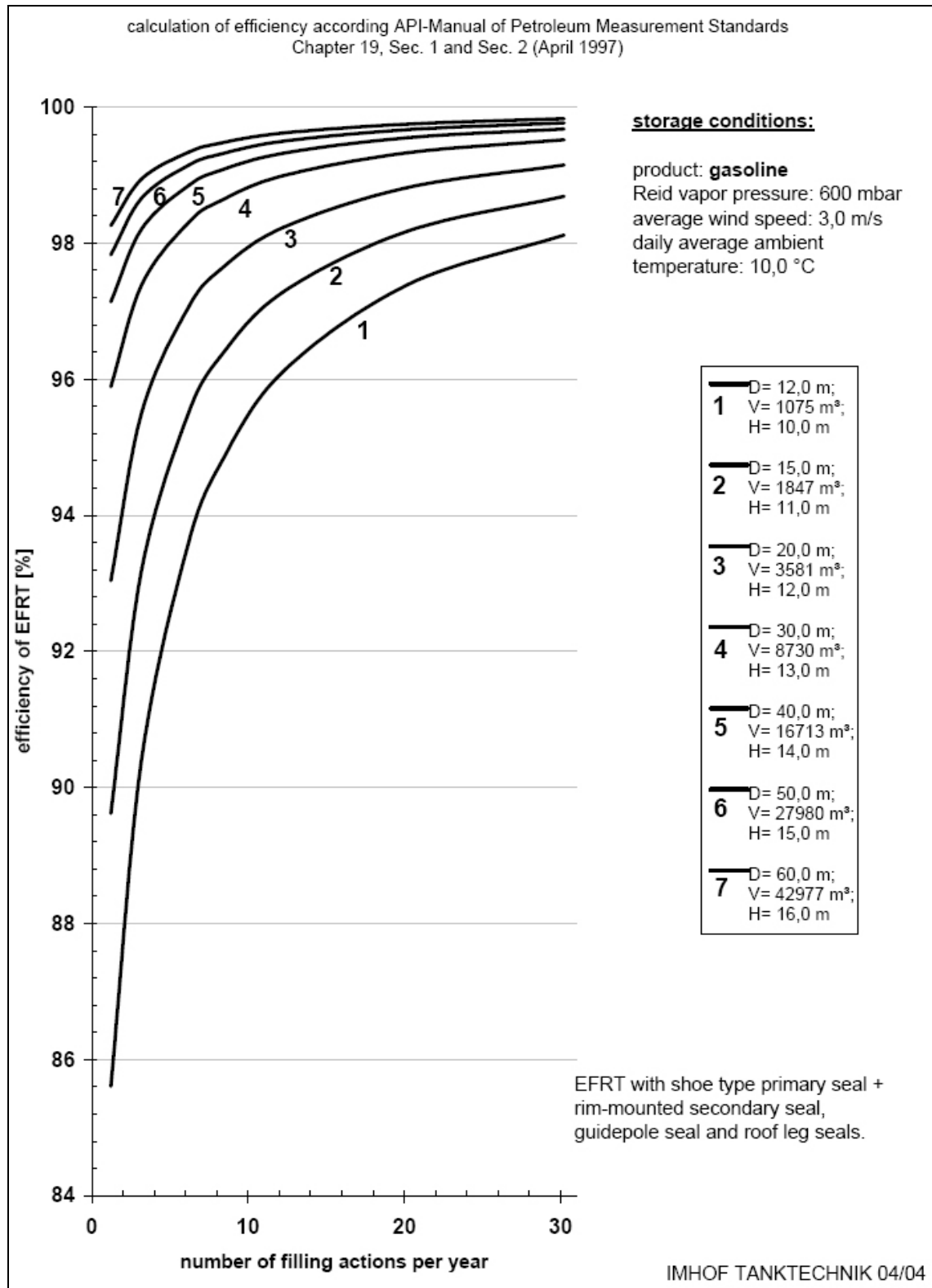
- Industrial experience - with same/slightly different product
- Compliance with regulation
- Cost

**Selection of solution(s) to develop****Refinement of design to cope with the other dangerous properties, when relevant**

**Final solution:**

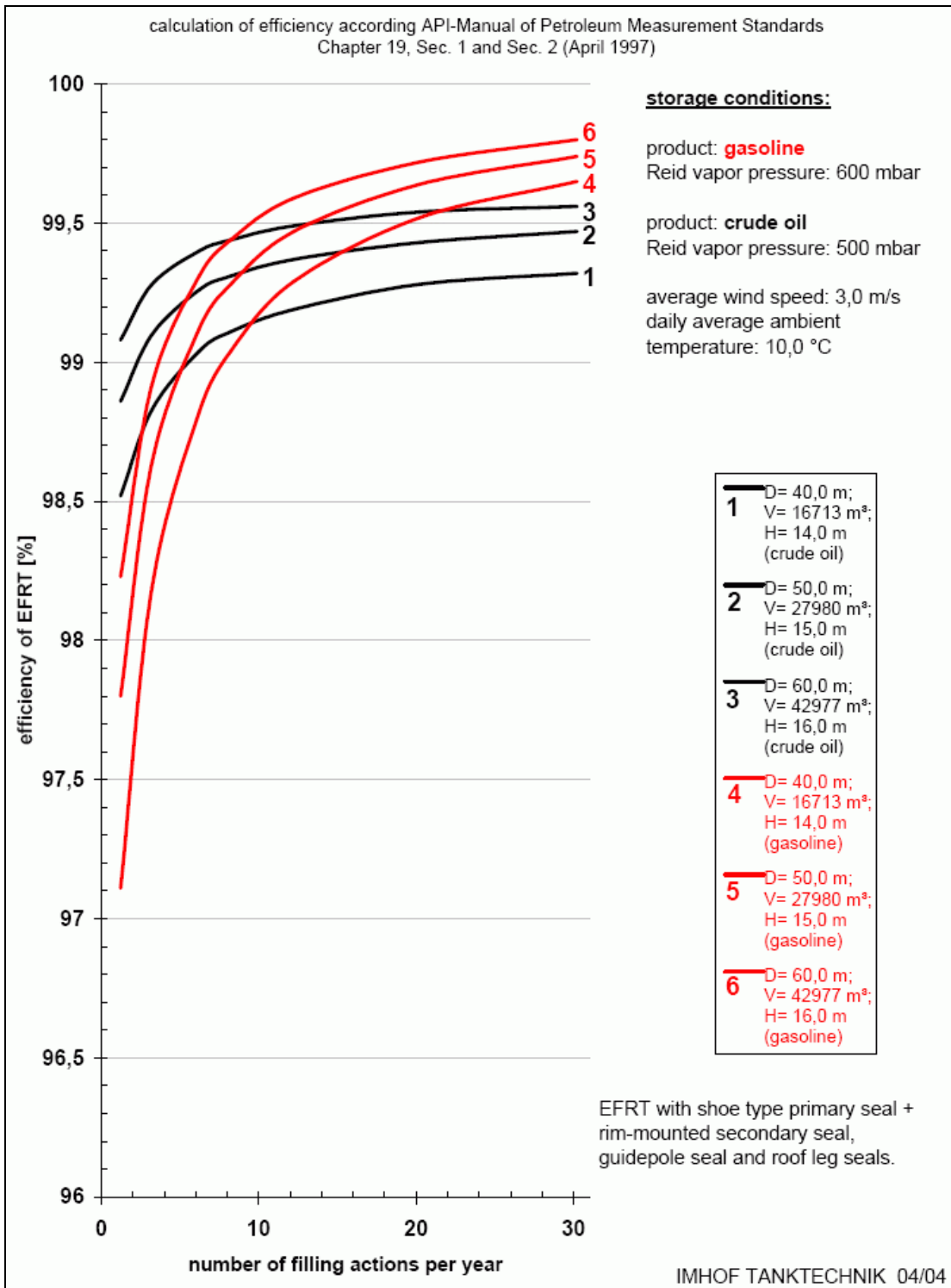
- Design
- Environmental performances
- Cost

## 8.20. Efficiency of an EFRT depending on the number of filling cycles per year and tank



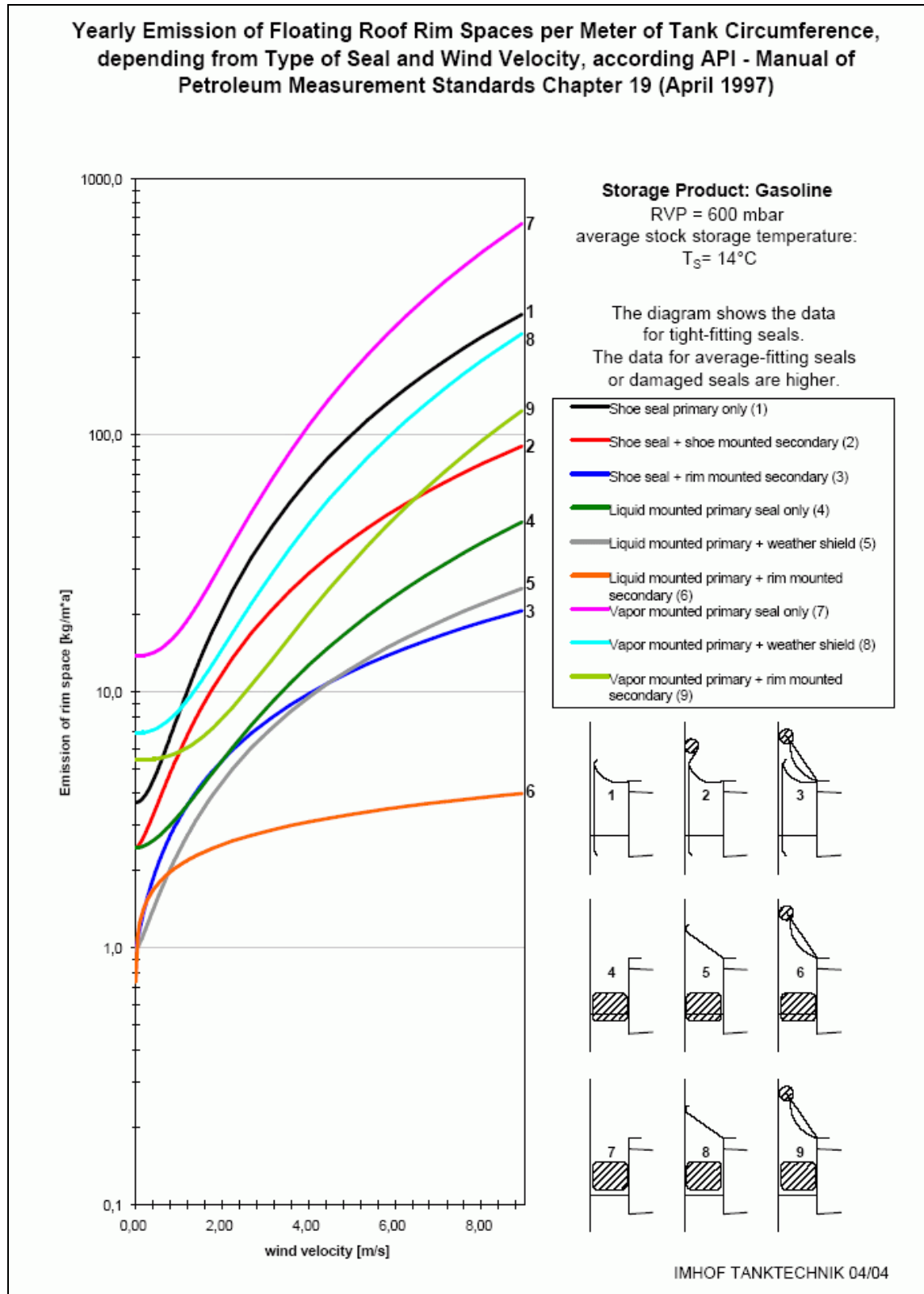
[185, UBA Germany, 2004]

### 8.21. Efficiency of an EFRT depending on the turnover rate per year and tank diameter for crude oil and gasoline



[185, UBA Germany, 2004]

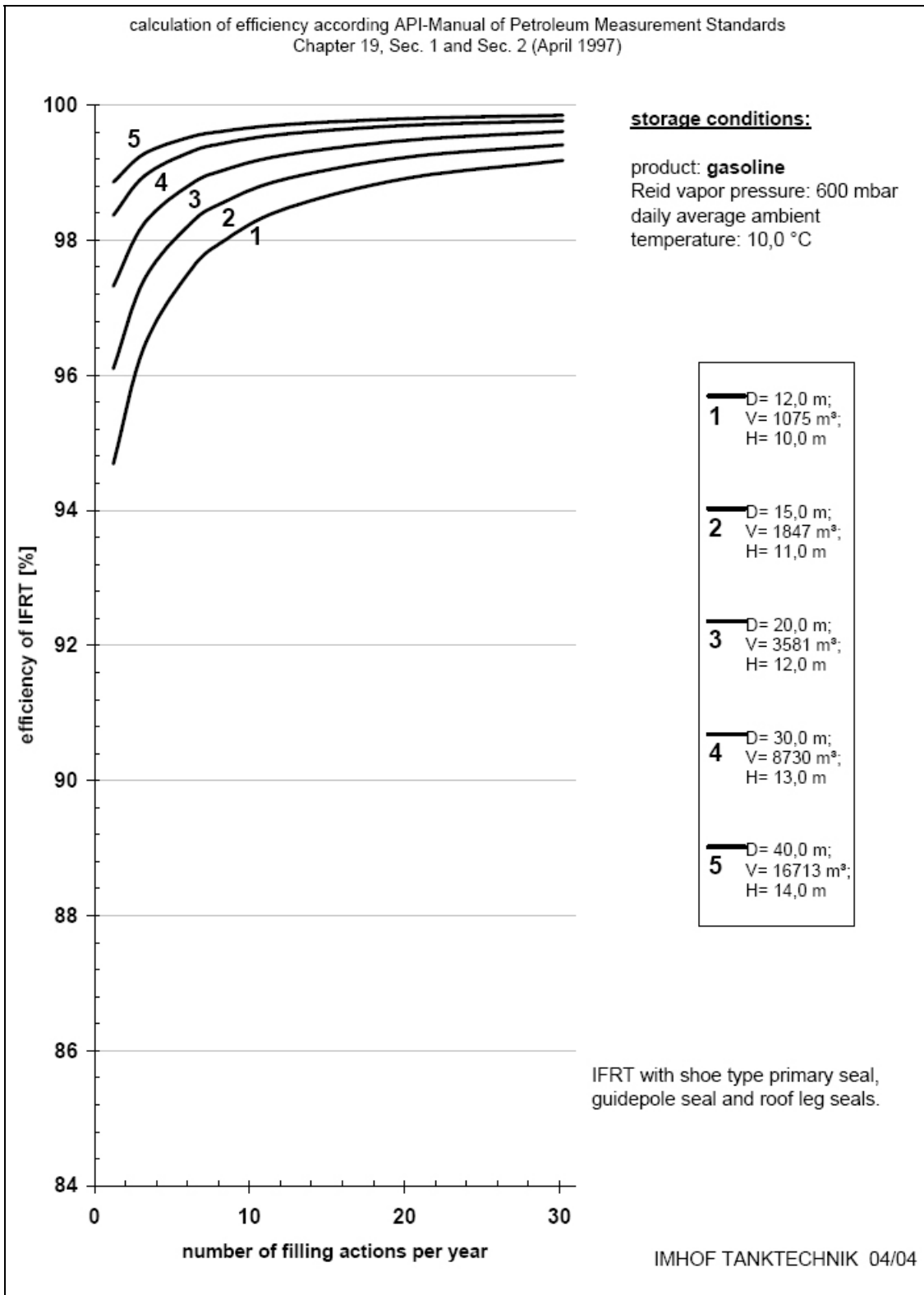
## 8.22. Efficiency of different types of floating roof seals



[185, UBA Germany, 2004]



### 8.23. Efficiency of an IFRT depending on the number of filling cycles per year and the tank diameter



[185, UBA Germany, 2004]