

TRCI

Tanklager-Richtlinien für die Chemische Industrie

Herausgeber
BCI
Basler Chemische Industrie

Ausgabe: 2009

Ersatz für: Ausgabe 2001

Vorwort zur Ausgabe 2009

Die TRCI-Richtlinien von 2001 mussten überarbeitet werden, da die VWF (Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten) zurückgezogen wurde. Anstelle der VWF gelten neu die zwei Vollzugsordner der KVU (Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz). Bei der Überarbeitung wurde zudem das Gesamtdokument aktualisiert und neu gegliedert.

Die TRCI-Richtlinien gelten für Lageranlagen und Betriebstanklager in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Sie gelten für flüssige Chemikalien und können sinngemäss auch für Betriebsanlagen Anwendung finden. Sie sind vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) als anerkannte Regeln der Technik aufgeführt.

Bei der Konzipierung von Lageranlagen in der BCI sind die Richtlinien verbindlich, sie dienen zur Ergänzung von behördlichen Vorschriften und Weisungen.

Für die BCI haben Experten der Firmen **CIBA, CLARIANT, HOFFMANN-LA ROCHE, HUNTSMAN und LONZA** die TRCI-Richtlinien überarbeitet.

Alle Rechte vorbehalten

© Copyright 2009 bei BCI/TRCI

Die TRCI-Richtlinien sind in deutscher und französischer Sprache erhältlich über:

<http://www.bafu.admin.ch/tankanlagen>

INHALTSÜBERSICHT

1	Allgemeine Hinweise	6
1.1	Einleitung	6
1.2	Zweck und Anwendungsbereich	6
1.3	Bedingungen für den Betrieb von Tankanlagen nach TRCI.....	6
1.4	Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen u. Gewässerschutzmassnahmen ...	7
1.5	Beurteilung flüssiger Chemikalien.....	7
1.5.1	Gewässerschutz	7
1.5.2	Brandschutz	7
1.5.3	Luftreinhaltung	8
1.6	Lager und Umschlagplätze, Definition	8
1.6.1	Tanklager	8
1.6.2	Gebindelager	8
1.6.3	Umschlagplätze	8
2	Planung und Gestaltung von Lageranlagen	9
2.1	Allgemeines	9
2.1.1	Standortwahl und Beurteilung der Baugebiete	9
2.1.2	Planmässige Anordnung	9
2.1.3	Tanks in Unterflur-Betonschächten.....	11
2.1.4	Abfüllstellen und Gebindeabfüllstellen	11
2.2	Tank- und Schutzabstände	12
2.2.1	Lagertanks und Gebindelager im Freien	12
2.2.2	Lagertanks in Gebäuden	15
2.2.3	Abfüllstellen und Gebindeabfüllstellen im Freien.....	16
3	Schutzbauwerke, Fundamente.....	17
3.1	Allgemeines	17
3.2	Schutzbauwerke	17
3.2.1	Definitionen	17
3.2.2	Anforderungen an Schutzbauwerke.....	17
3.2.3	Ableitflächen	18
3.2.4	Auffangschalen	18
3.2.5	Auffangwannen, Rückhalteräume	18
3.2.6	Grösse der Schutzbauwerke.....	19
3.2.7	Schutzbauwerke aus Metall	19
3.2.8	Schutzbauwerke aus mineralischen Baustoffen	19
3.2.9	Auskleidungen und Beschichtungen	20
3.2.10	Prüfung der Schutzbauwerke.....	20
3.3	Fundamente	20
4	Lagerbehälter und Ausrüstungen	21

4.1	Lagerbehälter	21
4.1.1	Allgemeines, Begriffe.....	21
4.1.2	Lagerbehälter aus Metall	22
4.1.3	Lagerbehälter aus Kunststoff.....	23
4.1.4	Heiz- und Kühleinrichtungen	23
4.1.5	Inertisierung.....	23
4.1.6	Tankanstriche.....	24
4.1.7	Dämmungen.....	25
4.2	Rohrleitungen.....	26
4.2.1	Allgemeines, Begriffe.....	26
4.2.2	Anforderungen an Rohrleitungen	26
4.2.3	Konstruktion, Verlegung	26
4.2.4	Anschluss von Rohrleitungen an Tanks und Tankfahrzeuge	27
4.2.5	Schlauchleitungen.....	27
4.2.6	Gaspendel-, Druckausgleichleitungen	27
4.2.7	Überlauf-, Überströmvorrichtungen	28
4.2.8	Verteil- und Rücklaufleitungen	28
4.2.9	Prüfung von Rohrleitungen	28
4.2.10	Dämmungen für Rohrleitungen	28
4.3	Armaturen	29
4.3.1	Allgemeines	29
4.3.2	Absperrarmaturen	29
4.3.3	Be- und Entlüftungsorgane.....	29
4.3.4	Flammendurchschlagsicherungen	29
4.4	Pumpen.....	31
4.5	Mess- und Überwachungssysteme.....	32
4.5.1	Allgemeines, Begriffe.....	32
4.5.2	Füllstands-Messeinrichtung (Niveaumessung)	32
4.5.3	Füllsicherung	32
4.5.4	Leckanzeigesysteme	33
4.5.5	Temperaturabsicherung / Schutzschalter.....	33
5	Ökologie, Sicherheit und Brandschutz.....	34
5.1	Verdrängungs- und Atmungsverluste	34
5.1.1	Verdrängungsverluste.....	34
5.1.2	Atmungsverluste	34
5.1.3	Massnahmen um Emissionen zu verhindern bzw. zu vermindern	35
5.2	Flüssigkeitsverluste.....	36
5.3	Anlagensicherheit.....	36
5.3.1	Ex-Zoneneinteilung	36
5.3.2	Massnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stromes	36
5.3.3	Blitzschutz	37
5.3.4	Schutz gegen elektrostatische Aufladungen.....	37
5.3.5	Sicherheitsmassnahmen bei Energieausfall.....	37
5.3.6	Allgemeine Sicherheitsmassnahmen	37
5.4	Brand- und Explosionsschutz.....	38
5.4.1	Allgemeines	38

5.4.2	Definition, Begriffe	38
5.4.3	Alarmierung	39
5.4.4	Schutzmassnahmen im Freien	39
5.4.5	Schutzmassnahmen in Gebäuden	42
5.4.6	Schutzmassnahmen für Elektroräume	42
5.5	Erdbebensicherheit	43
5.6	Personenschutz	43
6	Bewilligung und Betrieb	44
6.1	Bewilligungs-, Meldepflicht	44
6.2	Pflichten der Bauherrschaft oder Bauleitung	44
6.3	Betriebsbewilligung	44
6.4	Betrieb und Wartung	45
6.4.1	Betrieb	45
6.4.2	Wartung	46
6.4.3	Funktionskontrollen	46
6.5	Kontrollarbeiten	47
6.5.1	Qualifikation der fachkundigen Person	47
6.5.2	Umfang der Kontrollarbeiten	47
6.6	Bestehende Anlagen und Anlagenteile	47
6.7	Ausserbetriebsetzung	48
7	Anhang	49
7.1	Mindestabmessungen der dichten Flächen bei Umschlagplätzen	49
7.2	Luftreinhaltung (Grenzwerte)	51
7.3	Prüfverfahren für Anlageteile	52
7.4	Dichtheitsprüfung von Schutzbauwerken	53
7.5	Messprotokoll	54
7.6	Massnahmen gegen gefährdende Wirkung des elektr. Stromes	55
7.7	Schutzindizes (zur Bestimmung der min. Brandschutzmassnahmen)	56
7.8	Berechnung der benötigten Kühlwassermengen	57
7.9	Begriffe zur Konzipierung von Tankanlagen	65
7.10	Grundlagen (Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Richtlinien)	66
7.11	Abkürzungen	69
7.11.1	Abkürzungen für Ämter, Verordnungen, Fachinstanzen, etc	69
7.11.2	Technische Abkürzungen	70
7.11.3	Werkstoffabkürzungen	70
7.12	Stichwortverzeichnis	71

1 Allgemeine Hinweise

1.1 Einleitung

Die TRCI sind anzuwenden für die Erstellung und den Betrieb von Anlagen zur Lagerung und zum Umschlag von flüssigen Chemikalien.

Sie tragen den spezifischen Belangen der chemischen Industrie Rechnung und stützen sich im Wesentlichen auf

- dem Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz [USG]) [3];
- das Gewässerschutzgesetz (GSchG) [1] und die dazu gehörenden Verordnungen;
- Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV) [7];
- Vollzugsverordnungen und Richtlinien der KVV [34 und 35];
- Luftreinhalteverordnung (LRV) [5];
- SUVA Merkblatt 2153, Explosionsschutz: Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen [16].

Die TRCI berücksichtigen nur Vorschriften mit Gültigkeit in der ganzen Schweiz. Speziellen kantonalen oder kommunalen Vorschriften ist je nach dem Anlagenstandort Rechnung zu tragen. Allfällige Abweichungen müssen im Plangenehmigungsverfahren vereinbart werden. Grundsätzlich sind die Regeln der Technik einzuhalten (KVV [34-05]).

Eine Zusammenstellung der Grundlagen findet sich in Kap. 7.10.

1.2 Zweck und Anwendungsbereich

Die TRCI gelten für Lageranlagen und Betriebstanklager der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Sie berücksichtigen die Lagerungs- und Umschlagsanlagen für flüssige Chemikalien (Tanks und Gebinde mit Nutzvolumen über 20 l) und gewährleisten nur bei Anwendung in ihrer Gesamtheit eine genügende Sicherheit und dienen insbesondere

- dem Schutz der Gewässer
- dem Brandschutz
- der Luftreinhaltung
- dem Arbeitsschutz (Personenschutz)

Die TRCI können sinngemäss auch für Betriebsanlagen Anwendung finden.

Nicht unter die TRCI fallen

- Lager und Umschlag von flüssigen Brenn- und Treibstoffen (siehe CARBURA-Richtlinien [8];
- Flüssiggase (SUVA [16])

1.3 Bedingungen für den Betrieb von Tankanlagen nach TRCI

Aufstellung: Tanklager sind innerhalb eines eingezäunten und überwachten Areals aufzustellen. Tanklager für brennbare Flüssigkeiten dürfen nur im Einsatzbereich einer für die Chemiegefahren geschulten Feuerwehr aufgestellt werden;

Betrieb: der Betrieb von Lageranlagen ist grundsätzlich melde- oder bewilligungspflichtig (siehe Kap. 6);

Sicherheit: die Tankanlagen sind mit Sicherheitseinrichtungen gemäss Kap. 5 auszurüsten;

Wartung und

Kontrollen: die Tankanlagen sind gemäss Kap. 6 zu warten / kontrollieren;

Kataster: über Lageranlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten ist vom Betreiber ein Kataster zu führen.

1.4 Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen u. Gewässerschutzmassnahmen

Das Gebiet der Schweiz wird in Bezug auf die Art der zu treffenden Gewässerschutzmassnahmen in Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale eingeteilt (siehe GSchV Art. 29 und 31 [2]). Die Grundsätze des Umgangs mit wassergefährdenden Flüssigkeiten sind im Gewässerschutzgesetz verankert (Art. 22 ff. GSchG [1]) und Vorschriften bezüglich Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten in den besonders gefährdeten Gewässerschutzbereichen in die GSchV aufgenommen (Art. 32 und 32a sowie Anhang 4, Ziffer 21, 22 und 23).

*Gewässerschutzmassnahmen **ausserhalb** von Grundwasserschutzzonen und -arealen (siehe auch KVV [35-1.1]):*

Dazu gehören

- Verhindern von Flüssigkeitsverlusten; und je nach Lageranlage und Umschlagplatz sind
 - leichtes Erkennen von Flüssigkeitsverlusten
- oder
- leichtes Erkennen und Zurückhalten auslaufender Flüssigkeiten gefordert.

*Gewässerschutzmassnahmen **in** Grundwasserschutzzonen und -arealen:*

Zu den obigen Schutzmassnahmen sind bei den in den Grundwasserschutzzonen und -arealen zulässigen Anlagen jeweils Schutzmassnahmen zu treffen, die gewährleisten, dass Flüssigkeitsverluste leicht erkannt und auslaufende Flüssigkeiten vollständig zurückgehalten werden. Industrielle und gewerbliche Betriebe, von denen eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht, sind nicht zulässig (siehe GSchV Art. 29 und 31 [2]).

1.5 Beurteilung flüssiger Chemikalien

Alle flüssigen Chemikalien werden nach den unten aufgeführten Gesichtspunkten beurteilt.

1.5.1 Gewässerschutz

Die GSchV enthält weiterhin die Unterscheidung zwischen Flüssigkeiten, die Wasser in kleinen Mengen verunreinigen können und anderen wassergefährdenden Flüssigkeiten. Demnach werden die wassergefährdenden Flüssigkeiten entsprechend ihrer Eigenschaften in zwei Klassen nach KVV [35-4] eingeteilt:

- *Klasse A:* wenn sie in **kleinen** Mengen Wasser nachteilig verändern können;
- *Klasse B:* wenn sie in **grossen** Mengen Wasser nachteilig verändern können.

Bei gemischter Lagerung richten sich die Massnahmen nach den Flüssigkeiten der Klasse A. Es ist die Liste der klassierten Flüssigkeiten zu beachten, die vom BUWAL (heute BAFU) herausgegeben wurde [4]. Die in der Liste von 1999 aufgeführte Klasse 1 entspricht heute der Klasse A und Klasse 2 der Klasse B.

1.5.2 Brandschutz

Die brandschutztechnische Klassierung der Flüssigkeiten erfolgt nach dem Grad der Feuergefährlichkeit aufgrund des Flammpunktes (gemäss VKF, Brandschutzrichtlinien, brennbare Flüssigkeiten [9]).

Brennbare Flüssigkeiten werden nach ihren brand- und explosionstechnischen Eigenschaften in die folgenden Gefahrklassen eingeteilt (EN Klassierung siehe auch Zuordnungstabelle [9]).

- F1 = Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C
- F2 = Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21 bis 55 °C
- F3 = Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55 bis 100 °C
- F4 = Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 100 °C
- F5 = Flüssigkeiten, schwer brennbar
- F6 = Flüssigkeiten, nicht brennbar

1.5.3 Luftreinhaltung

Bei Tankentlüftungen in die Atmosphäre müssen die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV [5]) eingehalten werden (Kap. 7.2). Weitergehende Forderungen der kantonalen Behörden sind zu berücksichtigen.

Erläuterungen zu den Tankatmungsverlusten siehe Kap. 5.1.

1.6 Lager und Umschlagplätze, Definition

1.6.1 Tanklager

Lageranlagen mit einem Nutzvolumen über 450 l fallen unter die Melde- oder Bewilligungspflicht (KVU [34-01]).

Aufstellung

Es wird unterschieden

- Anlagen im Freien,
 - freistehend oder
 - nicht freistehend (erdverlegt)
- Anlagen in Unterflur Betonschächten und in Gebäuden
 - freistehend oder
 - nicht freistehend (erdverlegt)

Als freistehend gelten Lagerbehälter und Rohrleitungen, deren Aussenwände so weit sichtbar sind, dass Flüssigkeitsverluste von aussen leicht erkannt werden können; ebenfalls als freistehend gelten Lagerbehälter, deren Boden von aussen nicht sichtbar ist, aber mit einem Leckanzeigesystem dauernd auf Flüssigkeitsverluste überwacht wird. Als erdverlegt gelten alle übrigen Lagerbehälter und Rohrleitungen.

1.6.2 Gebindelager

Als Gebindelager gilt die Lagerung von wassergefährdenden flüssigen Chemikalien in Gebinden. Als Gebinde gelten Behälter von 20 l bis zu einem Nutzvolumen von 450 l

1.6.3 Umschlagplätze

Abfüllstellen und Gebindeabfüllstellen gelten als Umschlagplätze.

- *Abfüllstellen:* Umschlag zwischen Transportbehältern oder zwischen Transportbehältern und Behältern von Lager- und Betriebsanlagen;
- *Gebindeabfüllstellen:* Umschlag aus Lager- oder Transportbehältern in Gebinde.

2 Planung und Gestaltung von Lageranlagen

2.1 Allgemeines

2.1.1 Standortwahl und Beurteilung der Baugebiete

Wichtige Aspekte für die Standortwahl einer neuen oder Erweiterung einer bestehenden Anlage sind:

- *örtliche Verhältnisse*: Grundwasserschutzzone inklusive Grundwasserschutzareal, Gewässerschutzbereich (Kap. 1.4), Bauzone (gemäss Ortsplanung), Verkehrsanschlüsse (Gleise, Strasse), Löschwasserverfügbarkeit und Rückhaltemöglichkeit, Energieanschlüsse (Elektrizität, Stickstoff für Inertisierung, Druckluft für Mess- und Steuergeräte, Dampf zu Heizzwecken, Kühlenergie, etc.), Baugrund, Kanalisationsanschluss, Abgasbehandlung, bestehende Immissionsbelastung;
- *Klassierung* der flüssigen Chemikalien entsprechend ihren wassergefährdenden Eigenschaften und entsprechend ihrem Grad der Feuergefährlichkeit (Kap. 1.5);
- *flüssige Chemikalien*, die auf Grund ihrer Gefahrklasse, besondere Sicherheitsmassnahmen erfordern;
- *Bewilligungs-, Melde- und Kontrollpflicht* für Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten der Klasse A (KVU [34-01] und [34-01-1]), siehe auch Kap. 6.1:
 - Mittelgrosse Tankanlagen (mit Tanks von 2 bis 250 m³) in den Gewässerschutzbereichen A ;
 - Grosstank-Anlagen (mit Tanks ab 250 m³) im Gewässerschutzbereich A nur mit Ausnahmebewilligung und im Bereich Z nur mit Bewilligung;
- *Einfluss der Anlage auf die Umgebung*:
 - Mögliche Gewässerverschmutzung im Havariefall, z.B. durch Flussnähe, Gefährdung einer Trinkwasserversorgung, etc.;
 - Nachbargefährdung durch Explosion oder Brand bei benachbartem Wohnquartier, verkehrsreicher Strasse, Bahnlinie, Schulen, Spitäler, durch Immission von Aerosolen oder Zersetzungsprodukten, durch Mitverdampfen von Lagerprodukten bei der Brandbekämpfung etc.;
- *Einfluss der Umgebung auf die Anlage*: Verkehrsunfälle in nächster Nähe mit Zisternen, Nachbaranlage mit erhöhtem Risikopotential, Flugverkehr, Erdbebenrisiko, Überschwemmung, klimatische Verhältnisse, z.B. korrosive Luft aus grosser Verkehrsbelastung, Chlor- oder Chloridbetrieben (Salinen) etc.

Die Standortwahl und Entscheide über die Grösse der Tanks und des Lagers als Ganzes sind im Rahmen einer Risikobeurteilung zu treffen.

2.1.2 Planmässige Anordnung

Bei der Planung ist zu achten auf

- eine übersichtliche Anordnung der einzelnen Anlageteile (Tankreihen, Umfüllstellen, Rohrleitungsnetze, Pumpstationen);
- sinnvolle Unterteilung der Gesamtanlage in einzelne Schutzbauwerke und Brandabschnitte;
- Produkte, die unter sich gefährlich reagieren oder nicht mit dem gleichen Löschmittel gelöscht werden können, sind auf geeignete Art voneinander getrennt zu lagern;
- bauliche, gefahrenmässige Abtrennung der Tankanlagen von Fabrikationsanlagen z.B. durch Schutzabstände, Brandmauern, Wasservorhänge, Tankzone mit nicht brennbaren Flüssigkeiten;
- Flucht- und Rettungswege (VKF-Richtlinie 16-03d [9])
- gute Zugänglichkeit für Wartung, Bedienung und Ereignisbekämpfung;

- die Zugänglichkeit zum Tanklager für brennbare Flüssigkeiten soll für den Einsatz von mobilen Löschgeräten (Fahrzeuge) mindestens von zwei Seiten gewährleistet sein, und jeder einzelne Tank soll von ausserhalb des Tankfeldes mit mobilen Löschgeräten erreicht werden können (Abb. 1+2).

Innerhalb einer Tankgruppe sind die Tanks so anzuordnen, dass im Brandfalle möglichst keine Schattenzonen entstehen können (d.h. Zonen, die vom Löschmittel nicht oder nur schwer erreicht werden können). Kann diese Forderung aufgrund der betrieblichen Situation nicht erfüllt werden, sind stationäre Brandschutzeinrichtungen vorzusehen, auch eine Brandbekämpfung von oben kann berücksichtigt werden (Abb. 3 + 4);

- die Abstände zwischen einzelnen Tankgruppen müssen nach den Gesichtspunkten der Löschtechnik festgelegt werden (Zugänglichkeit, Möglichkeit Wasserwände einzulegen etc.). Grössere Tankgruppen werden vorteilhaft in kleinere Brandabschnitte unterteilt (z.B. durch Brandmauern oder dazwischen stellen von Tanks mit nicht brennbaren Medien).

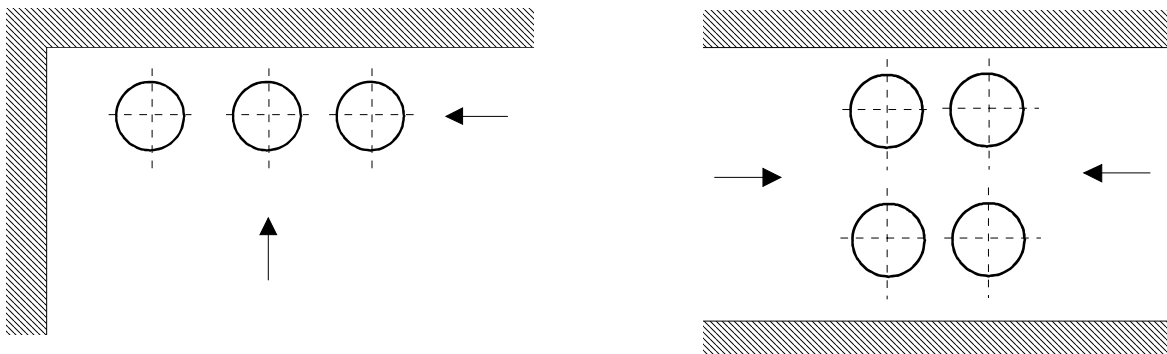


Abb. 1 + 2 Tankanlage von zwei Seiten zugänglich

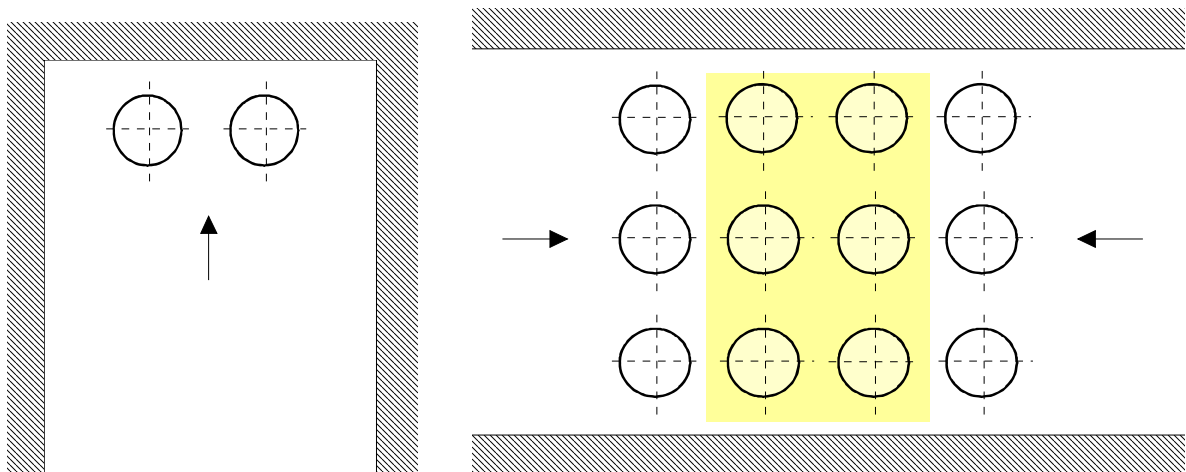


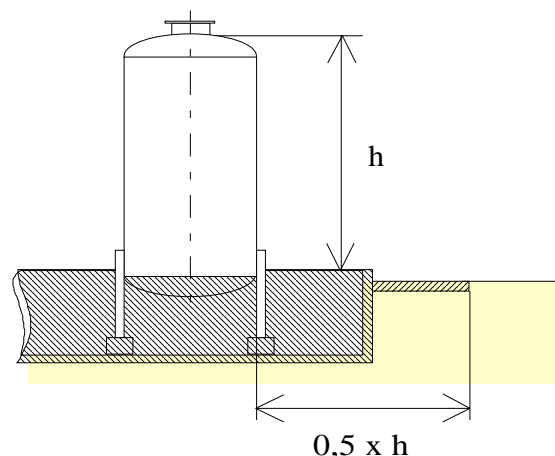
Abb. 3 Tankanlage nur von einer Seite zugänglich

Abb. 4 Tanks im Innern des Tankfeldes (Schattenzone) mit mobilen Löschgeräten nicht oder nur schlecht erreichbar.

Umgebung, Entwässerung

Beim Undichtwerden von Lagertanks muss ausserhalb der Wanne gelangende Flüssigkeit (Spritzparabel) aufgefangen und kontrolliert abgeleitet werden. Der zu entwässernde Streifen muss ab Tank gemessen mindestens $0,5 \times$ der die Wanne überragenden Tankhöhe h entsprechen. Bei thermisch gedämmten oder mit Prallblech versehenen Tanks kann auf diese Massnahme verzichtet werden.

Grösse der entwässerten Fläche und Rückhaltevolumen bei Umschlagplätzen siehe Kap. 3. Die Oberfläche der Tanklagerumgebung, die beim Betrieb oder bei Unfällen durch Flüssigkeitsverluste benetzt werden kann, ist als flüssigkeitsdichtes, witterungsbeständiges und grundsätzlich lagergutbeständiges Bauwerk auszuführen. Diese Flächen sind kontrolliert zu entwässern.



2.1.3 Tanks in Unterflur-Betonschächten

Allgemein

Lagertanks können einzeln in Unterflur-Betonschächten aufgestellt werden; diese Aufstellung kommt vorwiegend zur Anwendung, wenn die Platzverhältnisse eine Ausnutzung des Platzes unter Strassen und Plätzen erforderlich machen.

Bauwerk

An das Bauwerk werden grundsätzlich die gleichen Anforderungen in Bezug auf Dichtheit gestellt, wie für die normalen Schutzbauwerke.

Tankwahl

Für Flüssigkeiten der Gefahrklasse F1 und F2 sind nur druckstossfeste oder inertisierte Tanks einzusetzen. Flüssigkeiten der Gefahrklasse F3 und F4 sowie schwer und nicht brennbare Flüssigkeiten können in nicht druckstossfesten Tanks gelagert werden.

Tanks in Unterflur-Betonschächten sind ohne Untenauslaufstutzen auszuführen.

Abstände

Die Abstände zwischen Lagerbehälter und Schutzbauwerk sind so bemessen, dass eine Sichtkontrolle der Lagerbehälter und Schutzbauwerke auf Dichtheit möglich ist. Wo dies nicht gewährleistet ist, muss eine Lecküberwachung vorgesehen werden und die Lagerbehälter sind in angemessenen Abständen (mindestens alle 10 Jahre) innen zu reinigen und zu kontrollieren.

2.1.4 Abfüllstellen und Gebindeabfüllstellen

Bauart

Abfüllstellen sind bevorzugt in offener oder halboffener Bauweise, nötigenfalls mit Wetterschutzdach, zu erstellen. Ein leichtes Erkennen von Flüssigkeitsverlusten muss gewährleistet sein.

Werden Flüssigkeiten der Gefahrklasse F1 und F2 abgefüllt, dann sind nicht brennbare Baumaterialien zu verwenden und es ist für eine genügende brandschutztechnische Trennung zwischen Abfüllstelle, Tanklager und übrigen Einrichtungen und Gebäuden zu sorgen.

Auffangschalen, Auffangwannen und Rückhalteräume oder deren Auskleidungen müssen mindestens 6 Monate lagergutbeständig und dicht sein, nur in chemisch-physikalisch begründeten Ausnahmefällen kann die Bewilligungsbehörde es genehmigen, dass sie nur solange lagergutbeständig sein muss, als dies für das Feststellen des Verlustes, die Behebung des Lecks und das Beseitigen der Flüssigkeit erforderlich ist.

Belüftung

Wenn aus besonderen Gründen eine geschlossene Bauart gewählt werden muss, ist einer angepassten Lüftung und Zugänglichkeit besondere Beachtung zu schenken, in der Regel muss künstlich belüftet werden. Es ist darauf zu achten, dass auch in unmittelbarer Bodennähe Öffnungen

für die Lüftung vorhanden sind. Bei halboffener Bauweise genügt normalerweise der natürliche Luftwechsel.

Durch geeignete Massnahmen ist zu verhindern, dass Flüssigkeiten und frei werdende Dämpfe sich in tiefer liegenden Räumen, Kanälen, Gruben und dergleichen, ansammeln können.

Siehe auch VKF Richtlinie 28-03, Kap. 5.5 [9].

2.2 Tank- und Schutzabstände

Tankabstände

Die minimalen Tankabstände bezeichnen den lichten Abstand von Tank zu Tank oder von Tank zu Wand. Allfällige Einengung der lichten Masse z.B. durch thermische Dämmung dürfen die Minimalabstände nicht weiter beschränken. Bei einem Wandleck muss die Spritzparabel inner- oder ausserhalb der Tankwanne aufgefangen werden (siehe Kap 2.1.2). Durch thermische Dämmungen oder Prallbleche wird diese Anforderung erfüllt.

Schutzabstand

Schutzabstände werden gemessen von der Aussenkante des Tanklager-Schutzbauwerkes bis zum benachbarten eigenen Gebäude, bzw. bis zur Baulinie der Fremdparzelle. Die Schutzabstände können nach Absprache mit den Behörden reduziert werden, wenn entsprechende Massnahmen wie Schutzwände, Sprühflutanlagen, Beschäumungen vorgesehen werden.

Für Tankdurchmesser grösser als 10 m ist produktspezifisch zu überprüfen, dass im Brandfall die Strahlung auf der Baulinie der Nachbarparzelle 8 kW/m^2 nicht übersteigt. Berechnung z.B. nach Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft [30].

2.2.1 Lagertanks und Gebindelager im Freien

In Anlehnung an die "Brandschutzrichtlinie, brennbare Flüssigkeiten" [9] gelten nachfolgende Richtwerte.

Tabelle 2.2.1: Nachbarschaftsgefährdung (Gefährungsgrad)

Bauart (zum Nachbargebäude zugekehrte Wand)	Gebäudenutzung		
	Brandgefahr gering ¹⁾	Brandgefahr normal ²⁾	Brandgefahr erhöht ³⁾
mind. EI 60 (nbb) und zugekehrte Wand öffnungslos	klein	klein	klein
mindestens nicht brennbar	klein	mittel	gross
brennbar oder keine Wand	mittel	gross	gross

Beispiele für Einstufung von Nutzungen nach der Brandgefahr:

1) Herstellen, Verarbeiten und Lagern von nichtbrennbaren Stoffen und Waren, Metallverarbeitung

2) Apparatebau, Büros, Wohnungen

3) Verarbeiten und Lagern von feuer- oder explosionsgefährlichen Stoffen und Waren, Holzbearbeitung

Tabelle 2.2.2: Gebindelager im Freien

Nachbarschaftsgefährdung (Gefährdungsgrad)	Abstand von Gebindelager zu den Gebäuden (in m)					
	Gefahrklassen F1 und F2			Gefahrklassen F3 bis F5		
	Lagergrösse (in m ³)			Lagergrösse (in m ³)		
	bis 5	bis 50	über 50	bis 5	bis 50	über 50
klein	5*	10	15	-	5*	8
mittel	10	15	20	5	8	12
gross	15	20	25	8	12	15

* kein Schutzabstand, sofern zugekehrte Wand EI 60 (nbb) öffnungslos und die Zugänglichkeit gewährleistet bleibt.

Die Schutzabstände beziehen sich auf Gebindelager, wo die gleichen Gebinden über längere Zeit gelagert werden. Die Schutzabstände gegenüber Bahngleisen, Hochspannungsleitungen und Autobahnen sind gleich wie für Tankanlagen zu bemessen.

Tabelle 2.2.3: Minimale Tank- und Schutzabstände

Behälterart	Tankgrösse	Gefahrklasse	Schutzabstand		Tankabstand	
			A	B	X ²⁾	Y
druckstossfeste Tanks oder nicht druckstossfeste, inertisierte Tanks	bis 250 m ³	F1 und F2	NBG klein 12 m NBG mittel 16 m NBG gross 20 m	20 m	0.5 m ¹⁾	0.5 m ¹⁾
		F3 bis F5	NBG klein 6 m NBG mittel 8 m NBG gross 10 m	10 m		
		F 6 I	3)	3)		
nicht druckstossfeste Tanks	bis 500 m ³	F1 und F2	NBG klein 20 m NBG mittel 25 m NBG gross 30 m	30 m	0.5 m ¹⁾	0.3 D min. 1 m
		F3 bis F5	NBG klein 10 m NBG mittel 12 m NBG gross 15 m	15 m		
		F6	3)	3)		0.5 m ¹⁾
	über 500 m ³	F1 und F2	NBG klein 30 m NBG mittel 35 m NBG gross 40 m	40 m	0.5 m ¹⁾	0.25 D + 2 m min. 3 m
		F3 bis F5	NBG klein 15 m NBG mittel 18 m NBG gross 20 m	20 m		
		F6		3)		0.3 D, min. 1 m

Abstand A und B (VKF), X (KVU), Y (TRbF / CARBURA) siehe nachfolgende Abbildung

NBG: Nachbarschaftsgefährdung gemäss Tabelle 2.2.1

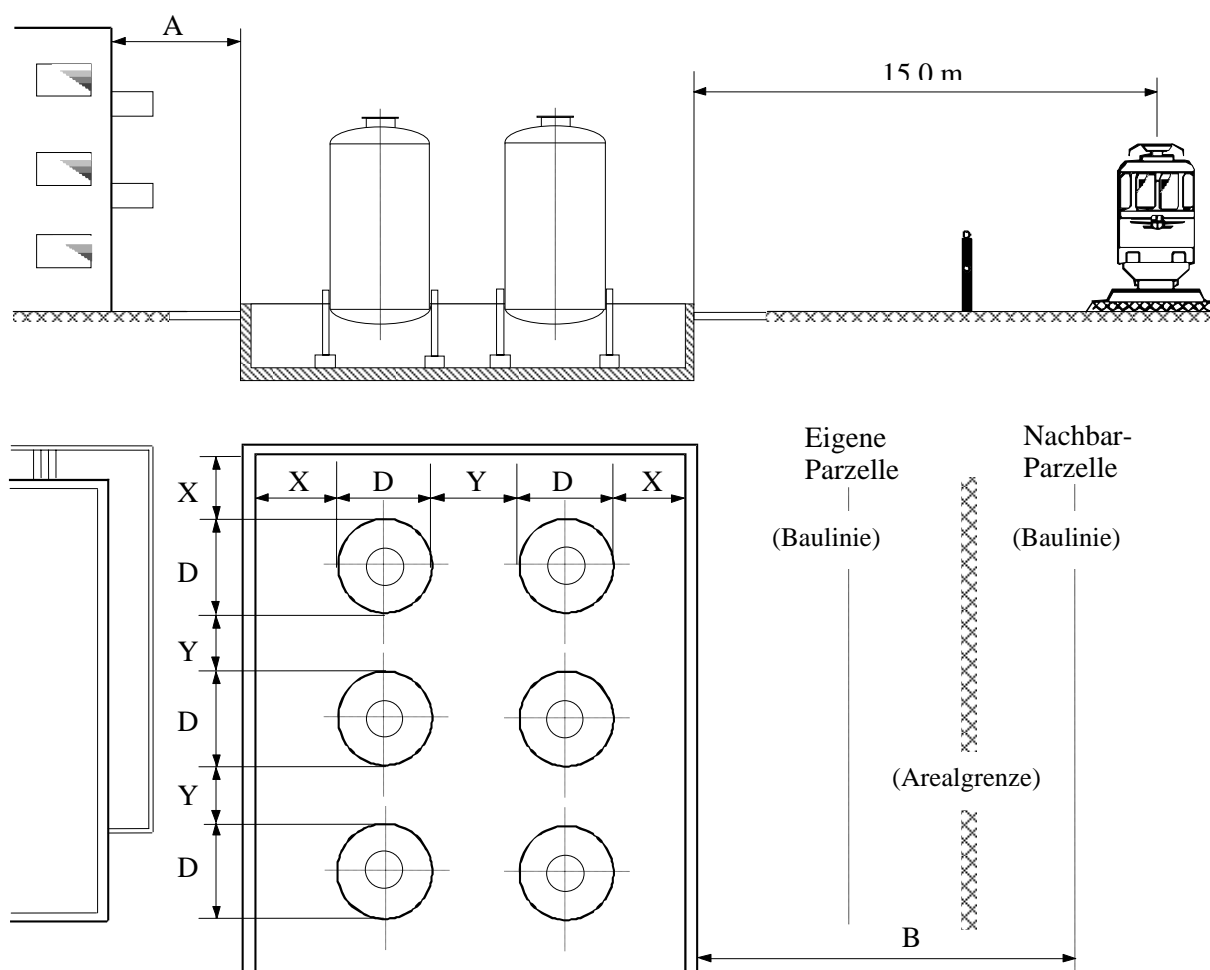
D = Tankdurchmesser, bei ungleichen Durchmessern ist der grössere massgebend.

1) = pro Tankreihe einseitiger Gang von 0.8 m

2) = die Forderung "Umgebung, Entwässerung" Kap. 2.1.2 muss erfüllt sein.

3) = mindestens die baupolizeilichen Vorschriften sind einzuhalten.

Abbildung zu Tabelle 2.2.3



Erläuterungen zu den Tank- und Schutzabständen (Spezialfälle)

"Brandschutzrichtlinie, brennbare Flüssigkeiten" [9]

Bahngleise

Zu Hauptgleisen gilt ein Schutzabstand von 15 m gemäss VKF-Richtlinie (28-03) [9]. Weitere Details sind ebenfalls der VKF-Richtlinie zu entnehmen.

Hochspannungsleitungen

Zu Hochspannungsleitungen gilt ein Schutzabstand von 10 m [9].

Schutzabstände zu Starkstromanlagen Dritter sind nach Weisungen des Eidgenössischen Starkstrominspektorates Ziffer 16, [23] festzulegen.

Können die Abstände nicht eingehalten werden, so entscheidet von Fall zu Fall eine Expertenkommission über kompensatorische Massnahmen.

Strassen

Für öffentliche Strassen (bis Strassenrand) gilt ein Schutzabstand von 10 m [9].

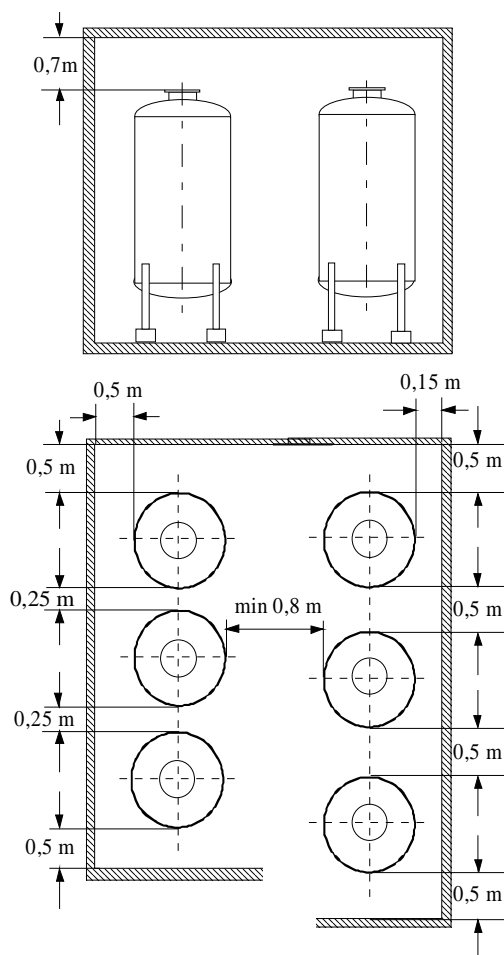
Für Autobahnen existiert keine spezielle eidgenössische Abstandsvorschrift für Tanklager. Es sind in jedem Fall die begrenzenden Baulinien zu beachten. Als Mindestabstand sollen die innerhalb der Werkareale gültigen Schutzabstände eingehalten werden. Die kantonalen Bauinstanzen sind befugt, zusätzliche Abstände von diesen Baulinien festzusetzen.

2.2.2. Lagertanks in Gebäuden

Tabelle 2.2.4: Minimale Tank- und Schutzabstände für mittelgrosse, zylindrische Tanks

Gefahr- klasse	Behälterart	Schutzabstand	Tankabstand
F1 bis F4	druckstossfeste Tanks oder nicht druckstossfeste, inertisierte Tanks	kein Schutzabstand; Gebäudewände min. EI 90 (nbb)	Tank zu Wand 0.15 m Tank zu Tank 0.25 m Service-Gang 0.5 m
F5 und F6	nicht druckstossfeste Tanks	kein Schutzabstand	einseitiger Gang (Fluchtweg) 0.8 m Tank zu Decke 0.7 m

Die minimalen Tankabstände bezeichnen den lichten Abstand von Tank zu Tank oder von Tank zu Wand.



Ebenfalls ist der Abstand zwischen Tank (Mannlochflansch) und Decke einzuhalten.

Allfällige Einengung der lichten Masse z.B. durch thermische Dämmung, dürfen die Minimalabstände nicht weiter beschränken.

2.2.3 Abfüllstellen und Gebindeabfüllstellen im Freien

Bei Umschlagstellen für Kesselwagen sind die festen Installationen ausserhalb des Lichtraumprofils für Rangiergleise anzubringen.

Tabelle 2.2.5: Minimale Schutzabstände von Abfüllstellen

Gefahrklasse	gegen Gebäude und Anlagen im Freien	gegen Baulinie auf Nachbarparzelle
F1 und F2	NBG klein 6 m NBG mittel 10 m NBG gross 15 m	20 m
F3 und F4	NBG klein 3 m NBG mittel 5 m NBG gross 8 m	12 m
F5 und F6	baupolizeilicher Schutzabstand	

NBG: Nachbarschaftsgefährdung gemäss Tabelle 2.2.1

Die Abstände werden vom Mannloch, beziehungsweise vom Entnahmestutzen aus festgelegt. Erläuterungen zum Schutzabstand und Massnahmen zur Reduktion des Abstandes, sowie Spezialfälle siehe Kap. 2.2

Zum zugehörigen Tanklager ist kein Schutzabstand erforderlich.

Gebindeabfüllstellen

Gebindeabfüllstellen für Flüssigkeiten der Gefahrklasse F1 bis F4 sollen gegen Gebäude und Anlagen einen Abstand von mindestens 3 m aufweisen. Massnahmen zur Reduktion des Abstandes siehe Kap. 2.2.

3 Schutzbauwerke, Fundamente

3.1 Allgemeines

Die bauliche Gestaltung, Bemessung und Ausführung der Tankanlagen hat nach den folgenden Normen und Richtlinien zu erfolgen.

Im Speziellen sind dies:

- KVU Richtlinie [35-1.5] und [35-1.4]
- SIA 261, SIA 261-1, SIA 262, SIA 262-1 [25]
- SN EN 206-1 [27]

Die Verordnungen und Weisungen des Bundes, Kantone und der SUVA, sowie die darauf erlassenen Normen sind zu beachten.

3.2 Schutzbauwerke

3.2.1 Definitionen

Schutzbauwerke sind bauliche Vorrichtungen, die bei freistehenden Anlagen Flüssigkeitsverluste (Lecks oder Überfüllungen) leicht erkennbar machen oder auslaufende Flüssigkeiten zurückhalten.

- *Ableitflächen*, dienen der gesicherten Abführung von Spritzverlusten oder Lecks (z.B. dazu geeignete Strassen und Plätze);
- *Verbindungskanäle und Verbindungsrohre* zwischen Ableitflächen u. Auffangvorrichtungen;
- *Auffangschalen* sind flüssigkeitsdichte und witterungsbeständige Bauwerke und dienen der leichten Erkennung von Flüssigkeitsverlusten;
- *Auffangwannen* sind flüssigkeitsdichte und grundsätzlich lagergutresistente Bauwerke und dienen der leichten Erkennung sowie dem Zurückhalten der auslaufenden Flüssigkeit. Das Auffangen der auslaufenden Flüssigkeit kann auch mit einem separaten Rückhalteraum erfolgen;
- *Rückhalteräume* sind flüssigkeitsdichte und grundsätzlich lagergutresistente Bauwerke und dienen gegebenenfalls dem Zurückhalten von abfliessender Flüssigkeit aus Schalen und Wannen und dem allfälligen Abbrand brennbarer Flüssigkeiten;
- *Löschwasserrückhalt* ist für Tanklager mit brennbaren Flüssigkeiten vorzusehen. Es muss in jedem Fall ein Einsatzplan vorhanden sein, dem die Wassermengen des Löschkonzeptes zugrunde liegen.

3.2.2 Anforderungen an Schutzbauwerke

Die Anforderungen der KVU Richtlinie [35-1.4] müssen erfüllt werden. So müssen Schutzbauwerke aus Beton auf tragfähigen und frostsicheren Untergrund gestellt werden. Sie müssen den auftretenden Beanspruchungen während der Prüfung und dem Betrieb standhalten, keine bleibenden Verformungen aufweisen und flüssigkeitsdicht bleiben. Insbesondere ist die zu erwartende chemische Beanspruchung und Erdbeben (siehe Kap 5.5) zu berücksichtigen.

Das Schutzbauwerk ist so zu bemessen, dass es mindestens 6 Monate lagergutbeständig ist. In begründeten Fällen kann die Bewilligungsbehörde zulassen, dass es nur solange flüssigkeitsdicht sein muss, als für das Feststellen des Verlustes, der Behebung des Lecks und bis zur Beseitigung der Flüssigkeit erforderlich ist.

Für Schutzbauwerke in Ex-Zonen sind Massnahmen gegen statische Elektrizität zu prüfen.

Bei brennbaren Flüssigkeiten empfiehlt es sich separate Rückhalteräume vorzusehen.

Kontrollen und Wartung siehe Kap. 6.4 und 6.5.

Reparaturen müssen mit Fachpersonen abgesprochen werden und Abdichtungen haben nach den Regeln der Technik zu erfolgen.

3.2.3 Ableitflächen

Ableitflächen müssen flüssigkeitsdicht ausgeführt werden und ein Gefälle zum Rückhalteraum aufweisen.

3.2.4 Auffangschalen

Die Auffangschalen sind mit Gefälle auszuführen. Auffangschalen ohne Gefälle müssen mindestens einen Rand von 10 cm aufweisen.

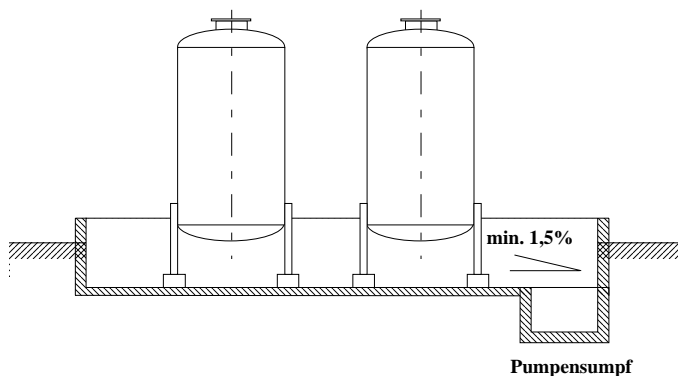
3.2.5 Auffangwannen, Rückhalteräume

Auffangwannen, Rückhalteräume für Tanklager

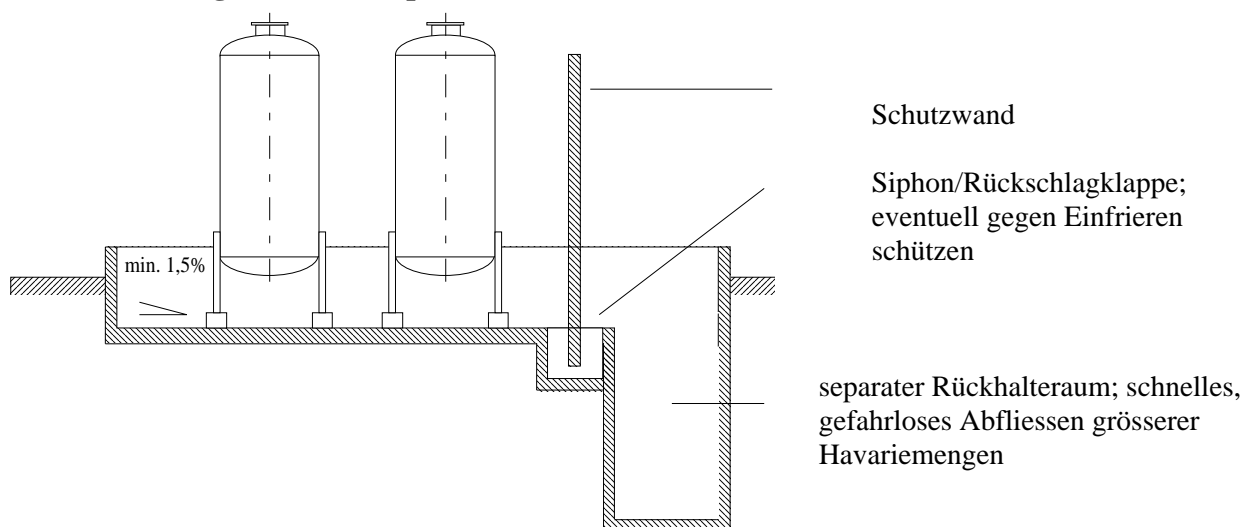
Die Gesamtfläche einer Tankwanne soll in der Regel 400 m^2 nicht überschreiten, andernfalls sind die Wannen zu unterteilen.

Um den Wasserbedarf für Kühlung und Beschäumung in Tankanlagen mit brennbaren Flüssigkeiten zu begrenzen, ist die Auffangwanne in Teilflächen (z.B. für 2 bis 9 Tanks) zu unterteilen und mit Gefälle von mindestens 1.5 % auszuführen, so dass sich bei Leckagen oder Überfüllen die Flüssigkeit nicht grossflächig unter den Tanks ausbreitet, sondern in einen geeigneten Rückhalteraum oder einen getrennt angeordneten Pumpensumpf abfließt (siehe nachfolgende Prinzipskizzen).

Beispiele: Auffangwanne



Auffangwanne mit separatem Rückhalteraum



Im Bereich der gesetzlich vorgeschriebenen Rückhaltevolumen sind keine Rohrleitungsdurchführungen oder ähnliches in den Wänden zugelassen. In Ausnahmefällen müssen besonders geeignete Dichtungstechniken angewendet werden.

Trennmauern sind tiefer als die Umfangsmauern, jedoch in der Regel nicht höher als 0,5 m auszuführen, um die Zugänglichkeit zu gewährleisten.

Rückhalteräume für Flüssigkeitsverluste und Entwässerung für Umschlagplätze

Müssen Flüssigkeitsverluste zurückgehalten werden, kommen als Rückhalteräume in Frage:

- Rückhaltewanne im Bereich des Umschlagplatzes;
- tiefer liegendes Auffangbassin einer benachbarten Tankanlage, sofern deren Funktion nicht beeinträchtigt wird und das Umschlaggut nicht der Gefahrklasse F1 oder F2 zugeordnet ist.

Auf Abfüllstellen ohne Überdachung müssen die Niederschläge gefasst und ebenfalls in die Rückhalteräume abgeführt werden.

Vor jedem Umschlag muss sichergestellt sein, dass genügend Auffangvolumen vorhanden ist. Dies muss soviel sein, wie bis zum Beheben eines Lecks höchstens auslaufen kann, mindestens jedoch 5 m^3 (siehe auch KVV [35-1.1]).

Die Mindestfläche der Auffangschale für Kesselwagen und Tankfahrzeuge siehe Kap. 7.1.

3.2.6 Grösse der Schutzbauwerke

Schutzbauwerke für Flüssigkeiten der Klasse A müssen mindestens 100 % und bei Flüssigkeiten der Klasse B mindestens 50 % des Nutzvolumens des grössten Behälters aufnehmen können.

Allfälliges Löschwasser und im Freien anfallendes Niederschlagswasser sind zusätzlich einzuberechnen.

Löschwasserrückhalt

Auffangschalen und Auffangwanne evtl. mit separatem Rückhalteraum dienen auch als Löschwasser-Rückhalt. Das Niveau in der Tankwanne darf nur soweit ansteigen, dass die Tanks durch Auftriebskräfte nicht angehoben werden, sofern sie dagegen nicht zuverlässig verankert sind. Zusätzlich zu den Rückhaltevolumina für die Tanks muss noch mindestens das aus der stationären Löschanlage während 30 Minuten anfallende Löschwasser sowie eine angemessene Menge aus dem Einsatz mobiler Mittel (während 30 – 60 min.) aufgefangen werden können, falls nicht separate Löschwasserrückhalteräume zur Verfügung stehen (Angaben über Löschwassermengen siehe Kap. 4 und 5).

Niederschlagsmenge

Sie soll der eines verlängerten Wochenendes entsprechen ($3 \text{ Tage} \times 25 \text{ l/m}^2 = 75 \text{ l/m}^2$). Unterschiedliche klimatische Bedingungen können je nach Standort berücksichtigt werden.

3.2.7 Schutzbauwerke aus Metall

- Für Schutzbauwerke dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, die ausreichend korrosionsbeständig sind (siehe Kap. 3.2.2);
- die Wanddicke für Wannen ist bei Bedarf durch statische Berechnungen zu ermitteln.

3.2.8 Schutzbauwerke aus mineralischen Baustoffen

Schutzbauwerke aus Stahlbeton oder Spannbeton bestehen aus einer am Ort erstellten Betonkonstruktion und, sofern erforderlich, aus einer Abdichtung.

Die Betonkonstruktion muss so ausgelegt sein, dass die auftretenden Verformungen, insbesondere die Kriech- und Schwindverformungen, keinen nachteiligen Einfluss auf die Abdichtung ausüben.

Baustoffe: Es darf nur hochwertiger Beton nach EN 206-1 [27], z.B. NPK C, verwendet werden.

3.2.9 Auskleidungen und Beschichtungen

Auskleidungen und Beschichtungen werden als Abdichtungen und Korrosionsschutz in Schutzbauwerken eingesetzt:

- Beschichtungen auf Kunstharz- oder Bitumenbasis;
- Lamine (es sind Reaktionsharze aus ungesättigtem Polyesterharz, aus Phenylacrylatharz oder aus lösungsmittelfreiem Epoxidharz zu verwenden);
- Kunststoffplatten;
- Fugenabdichtungsmassen und Fugenbänder;
- keramische Auskleidungen;
- Metallische Auskleidungen.

Abdichtungen aus Kunststoff müssen von einer akkreditierten Prüfstelle eine Bescheinigung für die Gewässerschutztauglichkeit haben (KVU [35-1.6]) und müssen die erforderliche Dehnfähigkeit aufweisen und auf dem Untergrund (Unterlage) haften.

Folien aus Kunststoff werden an die Wände fixiert (haften nicht auf dem Untergrund).

3.2.10 Prüfung der Schutzbauwerke

Der Hersteller oder Ersteller muss die Anlageteile prüfen und dokumentieren (KVU [35-1.4]).

Die Prüfung umfasst:

- *Bauprüfung*: Ausführung, Zeichnungskonformität;
- *Qualität*: von Material und Ausführung (bei Metall-Wannen insbesondere die Schweissnähte);
- *Dichtheitsprüfung*: Wasserprüfung oder anderes gleichwertiges Prüfverfahren (siehe Kap. 7.4 und 7.5).

Über diese Prüfungen muss der Hersteller oder Ersteller ein Prüfprotokoll erstellen, welches das Ergebnis festhält. Er muss bestätigen, dass der Anlageteil nach den anerkannten Regeln der Technik und nach den Bestimmungen der TRCI gebaut und geprüft worden sind.

Das Prüfprotokoll ist vom Hersteller oder Ersteller zu unterzeichnen und dem Prüfberichtinhaber, dem Eigentümer oder Inhaber der Anlage spätestens bei der Abnahme der Anlage auszuhändigen; ein Exemplar muss der Hersteller oder Ersteller aufbewahren.

Bei bewilligungspflichtigen Anlagen ist die Prüfung nach jeweils 10 Jahren zu wiederholen (KVU [34-03]).

3.3 Fundamente

Fundamente müssen auf tragfähigen und frostsicheren Untergrund gestellt werden.

Die Bemessung der Tankabstützungen und der dazugehörigen Fundamente muss für die zu erwartenden statischen Belastungen erfolgen, sowie für die Lastaufnahmen, wie sie in der betreffenden Region und nach Einteilung des Schutzbedarfs gegen Erdbeben vorgesehen sind (siehe Kap. 5.5).

Besteht die Gefahr des Aufschwimmens der Tanks, so sind die entsprechenden Auftriebskräfte bei der Befestigung der Tanks zu berücksichtigen.

4 Lagerbehälter und Ausrüstungen

Wer Anlageteile herstellt, muss prüfen, ob diese dem Stand der Technik entsprechen und die Prüfergebnisse dokumentieren (GSchG, Art. 22 Abs. 4 [1]). Siehe dazu auch KVV [35-1.6].

4.1 Lagerbehälter

4.1.1 Allgemeines, Begriffe

Dieses Kapitel behandelt mittelgrosse Tanks (Nutzvolumen 2 bis 250 m³) aus Metall und Kunststoff sowie Grosstanks (Nutzvolumen über 250 m³) aus Metall.

Lagerbehälter aus Stahlbeton und Spannbeton werden in der TRCI nicht behandelt.

Begriffe

- *Normvolumen*: Das Normvolumen ist festgelegt nach der Normzahlreihe R5 und ist kleiner oder gleich dem Nennvolumen;
- *Nennvolumen*: Das Nennvolumen ist die Flüssigkeitsmenge, die der Behälter aufgrund der statischen Berechnung und seiner technischen Ausrüstung höchstens fassen kann;
- *Nutzvolumen*: Das Nutzvolumen beträgt 95 % des Nennvolumens bei Gebinden, Klein- und mittelgrossen Tanks, 97 % des Nennvolumens bei Grosstanks;
- *"Freistehende" Lagerbehälter*: siehe Kap. 1.6.1.

Anforderungen an Lagerbehälter

- Die Werkstoffe der Lagerbehälter müssen gegenüber dem Lagergut (Flüssigkeiten und Dämpfe) beständig und gegen Aussenkorrosion geschützt sein, sowie den zu erwartenden thermischen und mechanischen Beanspruchungen genügen (für metallische Behälter siehe EN 12285-1 Stahltank liegend, Anhang B [27]).
- Zur Lecküberwachung können Tanks auch mit einem Doppelboden oder Doppelmantel ausgeführt werden (siehe Kap. 4.5.4).
- Für brennbare Flüssigkeiten müssen metallische (inkl. beschichtete und ausgekleidete) Lagerbehälter verwendet werden.
- Bei der Bemessung der Tanks und deren Abstützungen sind bei den Zusatzlasten die aus einem Erdbeben resultierenden Kräfte zu berücksichtigen (siehe Kap. 5.5).
- Jeder mittelgrosse Tank oder Grosstank muss mindestens mit einem Mannloch ausgerüstet sein (DN 600). Kleintanks müssen mindestens eine Kontrollöffnung aufweisen.

Unterteilung nach Grössen

(Nutzvolumen)

- *Gebinde* 20 l bis 450 l
- *Kleintanks* über 450 l bis 2 m³
- *Mittelgrosse Tanks* über 2 m³ bis 250 m³
- *Grosstanks* über 250 m³

Bauarten

- *Gebinde* Kannen, Fässer etc.
- *Kleintanks und Mittelgrosse Tanks* druckstossfest oder nicht druckstossfest, prismatische oder zylindrische Tanks mit gewölbten oder mit flachen Böden;
- *Grosstanks* vertikale, zylindrische Behälter mit flachen Böden, man unterscheidet:
 - a) Stehtanks, deren Gasraum über dem Lagergut frei mit der Atmosphäre verbunden ist;
 - b) Stehtanks mit festem Dach, die im Gasraum über dem Lagergut einen betriebsbedingten Über- oder Unterdruck aufweisen können;

- c) Stehtanks mit festem Dach, die mit einer inneren auf dem Lagergut schwimmenden Membrane ausgerüstet sind (Membrantanks);
- d) Stehtanks, deren Dach als Schwimmkörper gestaltet ist (Schwimm-dachtank).

Andere als die oben erwähnten Bauarten (z.B. Kugel) sind möglich.

4.1.2 Lagerbehälter aus Metall

Korrosion

Bei der Wahl der Werkstoffe und der Wandstärken ist sowohl die Sicherheit gegen Korrosion (allenfalls Korrosionszuschlag vorsehen) als auch die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen.

Druckstossfeste Tanks

Ein Tank gilt als druckstossfest, sofern er einer inneren Explosion standhält und dabei dicht bleibt.

Lagerbehälter, die über eine Inertisierung verfügen, sind bezüglich des Einsatzes (Gefahrklasse) den druckstossfesten gleichzusetzen.

Einsatz in der Regel bis 250 m³ Nutzvolumen für freistehende Lagerung von leicht brennbaren Flüssigkeiten.

- Bauart nach BN 76 [36] und Anhang, druckstossfeste Lagertanks (nach BN 110 [36], stehender Tank). Der Behälter bleibt bis zu einem max. Explosionsüberdruck von 10 bar dicht. Eine starke, bleibende Verformung wird in Kauf genommen. Der Tank wird drucklos betrieben, wobei ein Beatmungsdruck von + 200 mbar zulässig ist. Vakuumfestigkeit gemäss Angaben Ausführungszeichnungen;
- Bauart nach BN 98 [36], Ex-druckstossfeste Behälter und Apparate für brennbare Flüssigkeiten und Stäube. Auslegung auf max. Explosionsdruck oder für einen durch Druckentlastung oder Explosionsunterdrückung reduzierten Explosionsdruck (siehe VDI-Richtlinie 2263, [26]). Es dürfen nur örtliche geringe bleibende Verformungen auftreten. Ein beliebiger Betriebsüberdruck kann in der Berechnung berücksichtigt werden;
- Für liegende Tanks (unter- oder oberirdische Installation) druckstossfest oder nicht druckstossfest siehe EN 12285-1 bzw. -2 [27];

Berechnung und Prüfung nach BN: Auslegung und Festigkeitsberechnung erfolgt nach BN 76 und Anhang bzw. nach BN 98. Lage, Anzahl und Nennweite der erforderlichen Stützen, Mannlochöffnungen und Abstützungen wird in Massbildern oder Zeichnungen definiert (z.B. nach BN 110). Der Hersteller veranlasst bei einer benannten Stelle (Schweiz: z.B. SVTI) die Vorprüfung der Berechnung und Ausführungszeichnung sowie die Abnahme nach der Herstellung.

Stehtanks

Freistehende vertikale zylindrische Tanks mit flachem, aufliegendem Boden und festem Dach (mit oder ohne Schwimmdecke) oder mit Schwimmdach, sind für die Lagerung aller Flüssigkeiten bei atmosphärischem Druck oder geringem Betriebsüberdruck einsetzbar.

Berechnung und Prüfung: erfolgt nach SVTI-Regelwerk T5, [24].

Prismatische Tanks

Die Behälter müssen so gebaut sein, dass sie gegen den statischen Flüssigkeitsdruck und betriebsmässig auftretende Über- und Unterdrücke, sowie gegen die von aussen einwirkende Belastung widerstandsfähig sind. Werden diese Tanks mit einem Überdruck von mind. 0,5 bar geprüft, sind sie für die freistehende Lagerung von Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von mehr als 55 °C zugelassen.

Berechnung und Prüfung: erfolgt nach SVTI-Regelwerk T2, [24]

4.1.3 Lagerbehälter aus Kunststoff

Einsatz in der Regel bis 100 m³ Nutzvolumen, zur Lagerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von mehr als 55 °C.

Berechnung und Prüfung: erfolgt nach den Regeln der Technik z.B. des Kunststoff Verbandes der Schweiz (KVS). Bei Abweichung von den technischen Regeln muss der Nachweis erbracht werden, dass die rechtlichen Anforderungen auf eine andere Weise erfüllt sind.

4.1.4 Heiz- und Kühleinrichtungen

Es bieten sich folgende Möglichkeiten an

- Doppelmantel um Tank- bzw. Rohrwandung;
- Halbrohrschlangen oder Heitzaschen an die äusseren Tankwände aufgeschweisst;
- Rohrschlangen oder Heitzaschen im Inneren des Tanks;
- Rohrschlangen, anliegend an die äusseren Tank- bzw. Rohrwände, evt. in Thermokitt eingebettet zur besseren Wärmeübertragung;
- elektrische Heizung durch Kabel oder Heizstäbe;
- geschlossenes Kälte-trägersystem mit Zirkulationspumpe und Kühlmaschine.
- einblasen von Wasserdampf ins Lagergut;
- umpumpen von Lagergut über einen Wärmetauscher;
- Induktionsheizungen mit direkter Übertragung der elektrischen Energie ins Lagergut können für Wärmetauscher und nichtbrennbare Flüssigkeiten in Frage kommen;
- Tankberieselung mit Wasser.

Hinweise

- Die Oberflächentemperatur der Heizelemente oder die Heizmediumstemperatur zur Erwärmung brennbarer Flüssigkeiten muss gemäss TR BCI 155, Tabelle 3.3.4-1 [36] eingehalten werden;
- es ist ein nicht- oder schwerbrennbarer, frostsicherer Wärmeträger zu bevorzugen, dessen Siedepunkt über der höchsten Heiztemperatur liegt, um dampfspannungsbedingten Systemdruck zu vermeiden, z.B. Mischungen von Wasser-Ethylenglykol;
- bei Verwendung von Wärmeträger ist darauf zu achten, dass bei Kontakt mit dem Lagergut keine gefährlichen Reaktionen stattfinden können;
- elektrische Heizungen und Begleitheizungen für Rohre haben die Eigenschaft gleichmässiger Wärmeabgabe (W/m²), kostengünstige Aufgliederung in einzelne Rohrabschnitte ist möglich, praktisch verlustloses und kostengünstiges Heranführen der Heizenergie;
- für explosionsgefährdete Bereiche ist eine Ex-Prüfbescheinigung für Heizelemente erforderlich.

Verfahren für Kühlen

Kühlvorrichtungen wie oben beschrieben. Der Kälte-träger soll nicht oder schwer brennbar sein und niedrige Viskosität bei tiefen Temperaturen aufweisen wie z.B. Kühlsolen.

4.1.5 Inertisierung

Um den Eintritt von Luft in Lagertanks zu verhindern wird die Flüssigkeit mit Inertgas (z.B. N₂) überlagert (siehe ESCIS Heft 3, [17]). Damit der Inertgasverbrauch möglichst gering ist, arbeitet man mit einem zulässig grossen Abstand zwischen Begasungs- und Entlastungsdruck.

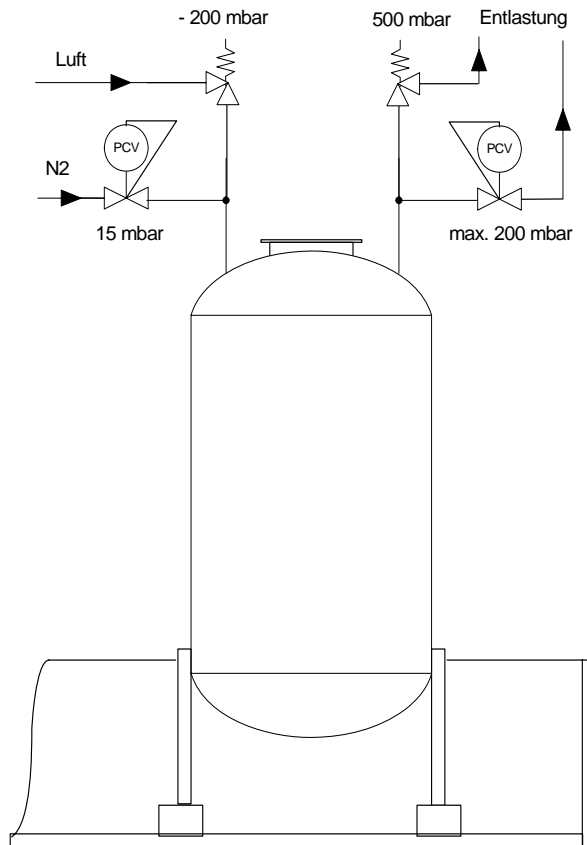
Für die Beatmung können selbsttätige Druckreduzierventile bzw. Überströmventile sowie Regler mit Hilfsenergie eingesetzt werden. Die Auswahl hat nach Tankfestigkeit und Mediumseigenschaften zu erfolgen.

Der Einstelldruck der Regelarmaturen muss auf den Ansprechdruck der Sicherheitsarmaturen abgestimmt sein.

Wird ein Lagertank nach BN 110 für nicht brennbare Medien oder unter Inertisierung stehende brennbare Medien eingesetzt, so beträgt der maximal zulässige Betriebsüberdruck + 500 mbar, ansonsten max. + 200 mbar.

Vakuumsicherung gemäss zul. Betriebsunterdruck des Tanks (siehe Angaben Ausführungszeichnungen).

Beispiel: für einen Tank nach BN 76 / BN 110:



N₂-Begasung mittels selbsttätigem Niederdruck-Reduzierventil; z.B. Sollwert 15 mbar.

N₂-Entlastung mittels selbsttätigem Überströmventil; z.B. Sollwert 80 mbar (max. zulässig 200 mbar).

4.1.6 Tankanstriche

- *Funktion:* Neben der Hauptaufgabe des Korrosionsschutzes der Lagerbehälter kann der Tankanstrich auch die Tankerwärmung und damit die Atmungsverluste beeinflussen. Der anzuwendende Anstrichaufbau ergibt sich für Tanks aus Baustahl z.B. nach folgenden Richtlinien:

- BN 108 nach System WBZ oder SBZ;
- für gedämmte Tanks ist ein Anstrich mit System AB oder 2U nach BN 108 empfohlen;
- nicht gedämmte Tanks mit Grund- und Deckanstrich nach BN 108, nach System WBZ oder SBZ;
- Farbton für den Deckanstrich nach Wahl; bevorzugt Alusilber bis weiss mit einem Gesamtwärme-Remissionsgrad W_R grösser 70 % (siehe Tabelle unten).

Spezielle Anstrichstoffe können auch als Brandschutzmassnahme verwendet werden;

- *Beeinflussung der Tankerwärmung durch Anstrich:* Gemäss VDI-Richtlinie 3479, [26] besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur eines Hohlkörpers und dem Gesamtwärme-Remissionsgrad. So kann die Oberflächentemperatur eines schwarz gestrichenen Körpers in Mitteleuropa um bis zu 25 °C höher liegen als bei einem gleichartigen weiss gestrichenen.

Einen Überblick über die Gesamtwärme-Remissionsgrade W_R für den Wellenlängenbereich des natürlichen Sonnenlichtes (300 bis 4200 nm) bei verschiedenfarbigen Anstrichtönen enthält unten stehende Tabelle.

Bezeichnung des Farbtons		Gesamtwärme-Remissionsgrad W_R in % (gerundet)
Schwarz	RAL 9005	3
Maschinengrau	RAL 7031	10
Braun	RAL 8011	12
Mausgrau	RAL 7005	13
Grün	RAL 6010	14
Blau	RAL 5010	19
Silbergrau	RAL 7001	27
Kieselgrau	RAL 7032	38
Rot	RAL 3000	43
Lichtgrau	RAL 7035	51
Elfenbein	RAL 1014	57
Alu-Silber	RAL 9006	72
Cremeweiss	RAL 9001	72
Weiss	RAL 9010	84

Oberflächenanstriche: Die beispielhaft angegebenen Gesamtwärme-Remissionsgrade wurden an frisch hergestellten Lackschichten ermittelt, entsprechen also dem "guten Farbzustand". Für eine genaue Berechnung siehe VDI Richtlinie 3479, [26].

4.1.7 Dämmungen

Thermische Dämmungen (siehe z.B. BN 56 und BN 58) können eingesetzt werden:

- bei beheizten Tanks;
- zur Reduktion von Temperaturschwankungen im Gasraum von Tanks und somit zur Reduktion von Atmungsverlusten;
- als Brandschutz zur Verhinderung einer raschen Erwärmung des Tankinhalts und der Konstruktion an Stelle der Tankkühlung (siehe Kap. 5).

Ist die thermische Dämmung *als Brandschutz* vorgesehen, so ist sie so zu konzipieren, dass während 30 Minuten bei beliebigem Füllgrad im Tank kein gefährlicher Zustand entstehen kann. Diese Anforderung wird bei Anwendung der BN 111 grundsätzlich erfüllt.

In diesem Fall ist zu beachten:

- Dämmstoffe müssen den Brennbarkeitsgrad 6 (nicht brennbar) aufweisen. Geeignet sind z.B. Mineralfaser-Drahtnetzmatte (ohne Kunststoff-Bestandteile) und Mineralfaser-Brandmatten (einseitig mit Aluminiumfolie beschichtet);
- die sichere Befestigung der Dämmstoffe muss gewährleistet sein. Werden z.B. Mineralfaser-Brandmatten eingesetzt und Aluminium als Verkleidung verwendet, so sind die Brandmatten zusätzlich durch Drahtgeflechte zu sichern;
- Füße oder Standzargen müssen ebenfalls geschützt sein. Ist eine Unterfeuerung des Tanks möglich, so ist auch dieser Teil inklusive Rohrleitung und der Armaturen zu schützen;
- werden anstatt Mineralfasern oder Schaumglas andere Materialien verwendet (z.B. Sublimationsbeschichtungen, bzw. -anstriche, Spritzputz usw.), so muss deren Eignung durch eine anerkannte Institution geprüft sein;
- Die Gefahr der Selbstentzündung organischer Flüssigkeiten, welche in die Dämmung eindringen können, ist unter Berücksichtigung des Umfeldes zu beurteilen. Mineralfasern oder

offenporiges Material sind nur nach erfolgter Risikobeurteilung einzusetzen. Wo aus Sicherheitsgründen erforderlich, ist geschlossenenporiges Material wie z.B. Schaumglas zu verwenden.

Bei gedämmten Tanks ist zu berücksichtigen, dass bei einer Wärmeentwicklung im Innern des Tanks durch eine exotherme Reaktion eine Kühlung von aussen nicht wirksam ist.

4.2 Rohrleitungen

4.2.1 Allgemeines, Begriffe

- Rohrleitungen umfassen: Rohre, Armaturen und Verbindungsteile, welche Lagerbehälter, Umschlagplätze, Pumpen und Betriebsanlagen untereinander verbinden;
- "freistehende bzw. erdverlegte" Rohrleitungen: siehe Kap. 1.6.1;
- Schlauchleitungen sind Verbindungsteile aus
 - Elastomeren oder Thermoplasten;
 - parallel gewellten Schlauchleitungen aus nichtrostenden Stählen mit Umflechtung und den dazugehörigen Schlaucharmaturen.

4.2.2 Anforderungen an Rohrleitungen

- Die Rohrleitungen (mit zul. Betriebsüberdruck p_s über 0.5 bar) müssen bezüglich Konstruktion, Fertigung, Verlegung, Prüfung und Sicherheitseinrichtungen den Anforderungen der Druckgeräteverordnung (DGV) [29] entsprechen;
- die Werkstoffe der Rohrleitungen oder Armaturen müssen gegenüber dem Fördergut (Flüssigkeiten und Dämpfe) beständig und gegen Aussenkorrosion geschützt sein, sowie den zu erwartenden thermischen und mechanischen Beanspruchungen genügen. Zur Lecküberwachung können Rohrleitungen auch mit Doppelmantel ausgeführt werden (siehe Kap. 4.5.4).

Für Rohre aus Stahl, Kupfer und Kunststoff siehe auch KVU [35-1.2] Kap. 3.4;

- für brennbare Flüssigkeiten müssen metallische (inkl. beschichtete und ausgekleidete) Rohrleitungen verwendet werden. Verbindungsteile aus Elastomeren, wie z.B. Schlauchleitungen bedürfen einer Risikobeurteilung;
- je nach Medium Massnahmen bezüglich Elektrostatik erfolgen (siehe Kap. 5.2.5);
- Rohrleitungen sind mindestens für PN 10 auszulegen. Ausnahme: Rohre aus Kunststoffen mindestens PN 4, Verbindungsteile jedoch ebenfalls PN 10;
- grundsätzlich müssen bei Rohrleitungen jegliche Flüssigkeitsverluste leicht erkannt werden können. Bei erdverlegten Rohrleitungen müssen Flüssigkeitsverluste zurückgehalten werden;
- Einwirkungen auf Rohrleitungen und deren Abstützungen durch Erdbeben sind zu berücksichtigen (Kap. 5.5);
- um Leckursachen weitgehend auszuschliessen, sind alle Systemteile soweit als möglich zu schweissen. Ausgenommen sind Teile, die ausgebaut werden müssen, wie Regelventile, Sicherheitsarmaturen, etc. Weitere Hinweise siehe DIN 4754, [28].

4.2.3 Konstruktion, Verlegung

- Rohrleitungen sind soweit möglich und zweckmässig oberirdisch, sichtbar und zugänglich zu verlegen. Dabei sollen sie gegen mögliche Beschädigungen weitgehend geschützt sein;
- Bestimmung von Abständen für Rohrleitungsabstützungen;
- Vermeidung von unzulässigen Druckanstiegen (z.B. in abgesperrten Rohrleitungen, Druckschläge) siehe auch DGV [29];
- lösbare Verbindungen zwischen einzelnen Rohren und Armaturen sind auf ein Minimum zu beschränken und müssen sicher und gut zugänglich sein.

Für erhöhte Dichtheitsanforderungen sind spezielle Massnahmen (z.B. Flansche mit Nut und Feder, oder spezielle Dichtungen) vorzusehen;

- zur Lecküberwachung von Rohrleitungen und als Rückhalt können z.B. auch Doppelmantelrohre verwendet werden;
- bei gefährlichen Flüssigkeiten soll geprüft werden, ob lösbare Verbindungen an exponierten Stellen mit einer speziellen Spritzschutzvorrichtung als Personenschutz zu versehen sind.

4.2.4 Anschluss von Rohrleitungen an Tanks und Tankfahrzeuge

- Ein mögliches Zurückhebern (Zurücksiphonieren) von Flüssigkeit aus dem Tank über ein Tauchrohr muss durch technische Massnahmen verhindert werden (z.B. Belüftungsbohrung);
- wenn Anschlüsse von Rohrleitungen unter Flüssigkeitsniveau erforderlich sind, dann müssen besondere Tankarmaturen verwendet werden (siehe Kap. 4.3.2);
- werden als Verbindung zwischen mobilen Tanks oder Tankfahrzeugen und fester Rohrleitung Schläuche verwendet, so siehe nächstes Kapitel;
- statt Schläuche sind auch Gelenkrohre als Bodenarm oder Wand- bzw. Bühnenarm für den Anschluss unten oder oben am mobilen Tank oder Tankfahrzeug einsetzbar. Diese sind auch entsprechend den Anforderungen des Mediums auszuwählen, zu kennzeichnen und von Sachkundigen prüfen zu lassen;
- Massnahmen gegen elektrostatische Gefahren (siehe Kap. 5.2.5).

4.2.5 Schlauchleitungen

Schlauchleitungen kommen in Tankanlagen insbesondere zum Einsatz für

- Verbindungen zwischen mobilen und feststehenden Anlagenteilen;
- Be- und Entladen von Tankfahrzeugen, Kesselwagen oder Containern.

Schlauchleitungen sollen dauerhaft anstelle fester Rohrleitungen nur dann eingesetzt werden, wenn auf die Vorteile, die ihre Verwendung bietet, nicht verzichtet werden kann (sie sollen "kein bequemer Ersatz" für festverlegte Rohrleitungen sein). Es hat eine Sicherheitsbetrachtung zu erfolgen. Unter Umständen sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen vorzusehen.

Bei Verwendung von Schlauchleitungen sind die Hinweise im ESCIS, [17] und das BG Chemie Merkblatt, [31] zu berücksichtigen.

Für einen sicheren Einsatz muss gewährleistet sein, dass

- eine sorgfältige Auswahl der Schlauchqualität für die jeweiligen Einsatzbedingungen erfolgt;
- die Schlauchleitungen einschlägigen Normen und dem Stand der Technik entsprechen, sowie geprüft sind;
- eine eindeutige Kennzeichnung der Schlauchleitungen besteht (siehe DIN 2823 u. 2827 [28]);
- eine sachgemässe Lagerung der Schläuche gewährleistet ist;
- die Konfektionierung, Montage und Verlegung durch fachkundige Personen erfolgt;
- eine sachgemässe Benutzung gewährleistet ist (regelmässige Unterrichtung der Mitarbeiter);
- regelmässige Prüfungen vorgenommen werden;
- je nach Medium Massnahmen bezüglich Elektrostatik erfolgt sind (siehe Kap. 5.2.5).

4.2.6 Gaspindel-, Druckausgleichleitungen

- Be- und Entlüftungsleitungen (Druckausgleichleitungen) dürfen nicht absperrbar sein. Wenn Austrittsöffnungen ins Freie münden, so sind sie gegen das Eindringen von Regenwasser und Schmutz zu schützen und so anzuordnen, dass austretende Dämpfe gefahrlos abziehen können. Der kleinste zulässige Nenndurchmesser beträgt DN 40 (Ausnahme: Belüftung durch unter Druck stehendem Inertgas);

- es ist auf nahe gelegene Einrichtungen, wie z.B. Ventilationen, Kamine, Kanalisationen, Licht und Liftschächte zu achten;
- die Dimensionierung der Querschnitte von Druckausgleichsleitungen muss so erfolgen, dass bei raschem Füllen oder Entleeren des Tanks sowie raschen Temperaturänderungen kein gefährlicher Über- oder Unterdruck entstehen kann. Die Druckverluste von Be- und Entlüftungseinrichtungen, Flammendurchschlagsicherungen sind zu berücksichtigen;
- zur Bestimmung der max. Volumenströme beim Ein- oder Ausatmen können die Formeln nach TRbF [15] benutzt werden;
- bei Gaspindel- und Druckausgleichleitungen muss eine mögliche Kondensatbildung berücksichtigt werden;
- die Rohrverlegung ist in der Regel mit stetigem Gefälle zum Tank auszuführen, ansonsten ist am tiefsten Punkt eine Entleerungseinrichtung vorzusehen;
- mehrere Tanks dürfen über eine gemeinsame Rohrleitung be- und entlüftet werden, sofern die verschiedenen Medien keine gefährlichen Vermischungen, Kondensationen oder Feststoffbildungen miteinander eingehen können.

4.2.7 Überlauf-, Überströmvorrichtungen

Bei der Anordnung muss darauf geachtet werden, dass bei einer Überfüllung die auslaufende Flüssigkeit in das Schutzbauwerk fließt (siehe KVV [35-1.3]).

4.2.8 Verteil- und Rücklaufleitungen

Wird eine Füllleitung auf mehrere Tanks verteilt, so muss sichergestellt sein, dass ein Überfüllen dieser Tanks verhindert wird (siehe Kap. 4.5.3).

Werden in Anlagen Rücklaufleitungen benutzt, so ist sicherzustellen, dass die Rücklauf Flüssigkeit in den Behälter fließt, aus dem sie entnommen wurde. Falsche Verbindungen müssen ausgeschlossen sein (siehe KVV [35-1.2]).

4.2.9 Prüfung von Rohrleitungen

Rohrleitungen müssen vom Ersteller gemäss den gültigen Regelwerken (z.B. DGV oder TR BCI 151) überprüft werden. Die Prüfung umfasst: zerstörungsfreie Prüfung (z.B. Sicht-, Durchstrahlungs- und/oder Eindringprüfung), Druckprüfung und Dichtheitsprüfung.

Leckerkennungsrohre sind gemäss KVV [35-1.2] zu prüfen.

Über die durchgeführten Prüfungen ist ein Protokoll zu erstellen.

4.2.10 Dämmungen für Rohrleitungen

Dämmungen für Rohrleitungen können z.B. nach BN 55 und BN 56 ausgeführt werden.

4.3 Armaturen

4.3.1 Allgemeines

- Armaturen müssen den gleichen Beanspruchungen wie die Rohrleitungen widerstehen können;
- sie sind zugänglich und gut bedienbar anzuordnen;
- die Massnahmen zur Gewährleistung der Dichtheit nach aussen müssen sich nach der Gefährlichkeit des Mediums richten, z.B. Faltenbalg- oder Membranventile mit Sicherheits-Stopfbüchsen.

4.3.2 Absperrarmaturen

Absperrarmaturen am Tank, die unter dem statischen Druck des Tankinhaltes stehen, müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- sie sind unmittelbar am Tank anzubringen;
- sie müssen frostsicher sein (d.h. durch Frosteinwirkung weder zerstört, noch in ihren Funktionen beeinträchtigt werden);
- bei Tellerventilen soll der Druck des Tankinhaltes die Schliesswirkung unterstützen;
- in geschlossenem Zustand darf der Flüssigkeitsdruck des Tanks die Stopfbüchse eines Ventils nicht belasten.

Leitungsteile, Flanschverbindungen und Abschlussorgane, die vom Tankinhalt her unter Flüssigkeitsdruck stehen, müssen einem Feuer im Tankbassin standhalten und dicht bleiben. Es empfiehlt sich deshalb, z.B. bei Tanks mit Untenauslauf, ein im Brandfall ohne Fremdenergie selbstschliessendes Abschlussorgan unmittelbar am Tank anzuordnen. Bei pneumatisch betätigten Armaturen sind daher brennbare Steuerluftanschlüsse zu verwenden. Zusätzlich ist das Abschlussorgan entweder fire-safe auszuführen oder mit Brandschutzdämmung zu versehen, oder es ist mit einer Sprühflutanlage zu kühlen.

4.3.3 Be- und Entlüftungsorgane

Soll der Gasraum eines Tanks gegenüber der Atmosphäre oder einem angeschlossenen Abgasystem getrennt werden, dann sind dazu Be- und Entlüftungsorgane einzusetzen.

- Als Be- und Entlüftungsorgane können mechanische (gewichts- oder federbelastete) Regelarmaturen oder hydraulische Verschlüsse verwendet werden. Der Ansprechdruck ist so zu wählen, dass durch die Druckänderung (je nach Ventiltyp 10 – 100 % des Ansprechdrucks), die beim max. Volumenstrom erreicht wird, der Berechnungsüber- und -unterdruck eingehalten wird. Bei der Bestimmung des Volumenstroms ist der der Atmung (Kap. 5.1.2) sowie der der Ein- oder Auslagerungspumpe zu berücksichtigen (ISO 28300 [[20]]);
- handelsübliche Beatmungsventile erfordern einen hohen Wartungsaufwand, um die Dichtheit der Sitzflächen zu gewährleisten. Bei kleinen Druckdifferenzen bieten Tauchverschlüsse grössere Betriebssicherheit; bei grösseren Druckdifferenzen sollten mit Fremdenergie gesteuerte Druck/Vakuumventile vorgesehen werden. Es ist sicherzustellen, dass beim Ausfall der Fremdenergie zusätzliche Entlastungsvorrichtungen ansprechen können;
- sind für den Fall von Havarien (z.B. Ausfall von Begasungsarmaturen) die Be- und Entlüftungsorgane nicht ausreichend, so können zusätzliche Sicherheitsventile oder Berstscheiben vorgesehen werden;
- der Brandfall muss durch andere Sicherheitsmassnahmen abgedeckt werden.

4.3.4 Flammendurchschlagsicherungen

Flammendurchschlagsicherungen sind Einrichtungen, die an der Öffnung eines Anlageteils oder in der verbindenden Rohrleitung eines Systems von Anlagen eingebaut werden und deren

vorgesehene Funktion es ist, den Durchfluss zu ermöglichen, aber den Flammendurchschlag zu verhindern.

Explosion in Rohrleitungen: Die Rohrdeflagration ist eine beschleunigte Explosion in einer Rohrleitung. Sie geht nach dem Durchlaufen eines instationären Übergangsgebietes in eine stabile Detonation über. In diesem wieder stationären Detonationsbereich können kurzzeitig Drücke von über 80 bar erreicht werden.

Neben den im Folgenden beschriebenen Trockensicherungen können für bestimmte Anwendungsfälle auch Nasssicherungen (Tauchsicherungen), Schnellschlussventile, Vorrichtungen zur Explosionsunterdrückung verwendet oder andere spezifische Lösungen vorgesehen werden.

Arten von Trockensicherungen

Trockene Flammensperren:

basieren auf dem Prinzip der Querschnittunterteilung in z.B. enge Spalten, in welchen eine Flammenfortpflanzung nicht mehr möglich ist. Es dürfen nur Armaturen verwendet werden, die gemäss 94/9/EG („ATEX 95“) [[32]] und EN 12874 [[27]] für den vorgesehenen Verwendungszweck (Explosionsgruppe, Betriebstemperatur/-druck, etc.) zugelassen sind.

Flammendurchschlagsicherungen werden unterteilt nach Verbrennungsvorgang (Dauerbrand, Deflagration, Detonation sowie deren Varianten) und nach Installationsart (Endsicherung, Volumensicherung, Rohrsicherung).

Dauerbrandsichere Armaturen:

verhindern einen Flammendurchschlag beim länger dauernden Abbrennen eines Brennstoff-Luft-Gemisches und/oder bei atmosphärischer Explosion. Die Armatur hält dabei den auftretenden Temperatur- und Druckeinwirkungen stand. Beim Dauerbrand muss die Flamme frei abbrennen können.

Deflagrationssichere Armaturen:

sind Armaturen, die den Flammendurchschlag bei einer Explosion verhindern (max. zulässiges L/D-Verhältnis beachten) und den dabei auftretenden thermischen und mechanischen Beanspruchungen standhalten. Sie sind meist nicht dauerbrandsicher. Je nach Einsatzfall und Schutzzweck werden Deflagrationsend-, Deflagrationsvolumen- oder Deflagrationrohrsicherungen eingebaut.

Detonationssichere Armaturen:

verhindern den Flammendurchschlag bei Explosionen und bei Detonationen und halten den dabei auftretenden Druckbeanspruchungen stand. Detonationssicherungen allein sind jedoch nicht dauerbrandsicher.

Anwendungsrichtlinien

Betroffene Stoffe:

- brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 55 °C;
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55 °C, sofern der Flammpunkt nicht mindestens 5 °C über der Flüssigkeitstemperatur liegt.

Zu schützende Installationen:

- Be- und Entlüftungsöffnungen und andere Öffnungen, wie z.B. Füllstandsmessrohre, sofern sie in die Atmosphäre oder andere Gasräume einmünden;
- Gaspendelleitungen;
- Flüssigkeitsleitungen, sofern sie betriebsmässig leer laufen können und nicht durch eine selbsttätig wirksame Absperrarmatur gegenüber der Atmosphäre oder übrigen Anlageteilen abgetrennt werden.

Nicht zu schützende Installationen:

- Öffnungen, die in der Regel geschlossen sind, wie z.B. Mannlöcher, Peil-, Probenahme- und Reinigungsöffnungen;
- ständig betriebsmässig mit Flüssigkeit gefüllte Befüll- und Entnahmeleitung;
- Be- und Entlüftungsstutzen direkt zur Atmosphäre an druckstossfesten Tanks;
- inertisierte Tanks;
- Abblasleitungen nach Sicherheitsventilen.

Einbaurichtlinien

- Entlüftungsstutzen und kurze Entlüftungsleitungen (abhängig vom L/D-Verhältnis) sind am offenen Ende mit dauerbrandsicheren Armaturen auszurüsten;
- längere Entlüftungs- und Gaspendelleitungen sind mit Detonationssicherungen zu versehen, welche unmittelbar beim zu schützenden Tank/Apparat anzuordnen sind;
- werden die Entlüftungsleitungen mehrerer Tanks zusammengefasst, so ist in der Regel unmittelbar vor jedem Tank eine detonationssichere Armatur einzubauen;
- grössere Anlagen sind durch Schaffung von Gefahrenabschnitten zu unterteilen, um die Ausbreitung eines Brandes, einer Explosion oder einer Detonation zu verhindern;
- der Druckverlust der flammendurchschlagsicheren Armatur und der zugehörigen Rohrleitung darf beim maximal auftretenden Volumenstrom den zulässigen Über-, Unterdruck des Tanks nicht überschreiten;
- flammendurchschlagsichere Armaturen sind gegen das Eindringen von Fremdstoffen zu schützen.

Einschränkungen beim Einsatz von Trockensicherungen

Flammendurchschlagsichere Armaturen für Medien, die zum

- Verschmutzen
- Polymerisieren
- Korrodieren
- Erstarren
- Vereisen

in den engen Spalten neigen, sind durch andere Absicherungsarten (siehe oben) zu ersetzen. Durch geeignete Heizung der Armatur (nicht bei allen Armaturen möglich) kann die Gefahr des Vereisens oder Erstarrens in vielen Fällen verhindert werden.

Sicherheit, Wartung und Kontrolle (SIWAKO)

Um einen ausreichenden Schutz durch Flammendurchschlagsicherungen zu gewährleisten, sind diese periodisch einer Sichtkontrolle zu unterziehen. Die Intervalle und die Art der Reinigung (mechanisch und /oder chemisch) richten sich nach den Herstellerangaben und den Verhältnissen am jeweiligen Einsatzort.

4.4 Pumpen

Je nach Aufgabe (z.B. befüllen oder entleeren von Tanks), Medium (z.B. brennbare Lösungsmittel oder Säuren, Flüssigkeiten mit hohen Viskositäten) und Einbauort (z.B. auf oder neben dem Tank) sind unterschiedliche Pumpentypen zu wählen.

So sind bei sicherheitstechnisch kritischen Medien dichtungslose Pumpen oder Pumpen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung zu wählen. Bei weniger kritischen können einfach wirkende Gleitringdichtungen oder sogar Stopfbüchsen genügen.

Je nach Pumpentyp sind unterschiedliche Überwachungseinrichtungen empfohlen oder sogar vorgeschrieben. Bei Spaltrohrmotorpumpen ist für brennbare Flüssigkeiten die Lagerüberwachung (Temperatur, Lagervibration) vorgeschrieben. Bei Magnetkupplungspumpen ist je nach Me-

dium die Überwachung des Spalttopfes empfohlen.

Die Pumpen dürfen nur so lange in Betrieb sein, als für die Flüssigkeitsförderung nötig ist. Bei Ansprechen von Füll- oder Trockenlaufsicherungen sind die Pumpen automatisch zu stoppen.

Fördermengen beim Befüllen der Lagerbehälter (gemäss KVU [35-1.1]):

Bei Kleintanks darf die Fördermenge 200 l/min (12 m³/h), bei mittelgrossen Tanks 800 l/min (48 m³/h) nicht überschreiten.

Bei Schwerkraftablad dürfen 1'800 l/min (108 m³/h) nicht überschritten werden.

Trockenlaufsicherung für Pumpen

Trockenlaufsicherungen müssen bei nicht inertisierten Tanks mit brennbaren Flüssigkeiten vorgesehen werden, um zu verhindern, dass ein zündfähiges Gasgemisch in die Pumpe gelangen kann (bei Leerlaufen des Behälters).

Sie dienen auch zur Vermeidung von Trockenlauf und daraus resultierenden Pumpenschäden.

Man unterscheidet verschiedene Arten:

- Niveauschalter (LS);
- Durchflusswächter (FS);
- Geräte zur Strom-/Leistungsüberwachung.

Für den Ex-Schutz ist die ATEX-Richtlinie, [32] zu berücksichtigen (siehe auch Kap. 5.2.).

4.5 Mess- und Überwachungssysteme

4.5.1 Allgemeines, Begriffe

Allgemeines

MSR-Geräte und Einrichtungen müssen entsprechend den zu erwartenden Beanspruchungen und Umgebungseinflüssen bestimmt und falls erforderlich geschützt werden.

Insbesondere Steuergeräte und Fühler von Füllsicherungen, Leckanzeigergeräte sowie automatische Füllstandmessgeräte müssen von einer akkreditierten Prüfstelle eine Bescheinigung für die Gewässerschutztauglichkeit haben (KVU [35-1.6]).

Begriffe

- *Füllsicherungen*: Systeme, die das Überfüllen von Lagerbehältern und Transportbehältern verhindern;
- *Spezialfüllsicherungen*: Bei Lagertanks in der chemischen und pharmazeutischen Industrie werden im allgemeinen Spezialfüllsicherungen eingesetzt. Diese umfassen Fühler, Steuergerät, Absperrorgan, Alarmanzeigen und Steuergerät. Spezielle Anforderungen siehe CSME [19].
- *Leckanzeigesysteme*: Ermöglichen das Erkennen von Flüssigkeitsverlusten aus Tanks und Rohrleitungen.

4.5.2 Füllstands-Messeinrichtung (Niveaumessung)

Lagertanks müssen mit einer Füllstands-Messeinrichtung ausgerüstet werden. Füllstands-Messeinrichtungen sind Vorrichtungen, die den Füllstand in % oder die Flüssigkeitsmenge nach Volumen oder Gewicht anzeigen. Grundsätzlich müssen Füllstands-Messeinrichtungen ohne Anschluss (Anzapfung) unter Flüssigkeitsniveau eingesetzt werden (KVU [35-1.3]).

4.5.3 Füllsicherung

Füllsicherungen müssen gewährleisten, dass das Überschreiten des höchstzulässigen Füllstandes in einem Tank oder Transportbehälter durch ein automatisches Unterbrechen der Flüssigkeitszufuhr verhindert und die Alarmierung ausgelöst wird. Sie müssen unabhängig von der Füllstands-

messeinrichtung sein und es sind vorzugsweise unterschiedliche Messprinzipien anzuwenden. Dies muss auch erfüllt sein, wenn Tanks durch eine gemeinsame Füllleitung verbunden sind. Die Füllsicherung muss dem zu füllenden Tank zugeordnet sein (siehe KVV [35-1.2]).

Bei Lagertanks in der chemischen und pharmazeutischen Industrie werden im allgemeinen Spezialfüllsicherungen eingesetzt (siehe oben).

Der höchstzulässige Füllstand entspricht dem Nutzvolumen (siehe Kap. 5.1.1) bei Flüssigkeiten, die bei Raumtemperatur gelagert werden.

Füll- und Spezialfüllsicherungen müssen den Regeln der Technik entsprechen.

4.5.4 Leckanzeigesysteme

Wenn Flüssigkeitsverluste visuell nicht leicht erkannt werden können, kommt ein Leckanzeigesystem zur Anwendung. Dieses ermöglicht das Erkennen von Flüssigkeitsverlusten aus Tanks und Rohrleitungen.

- *Leckanzeigesystem für Stehtanks mit Doppelböden:*
Der Unterdruck zwischen den Böden muss überwacht und zu Kontrollzwecken mindestens monatlich einmal festgehalten werden;
- *Leckanzeigesysteme für doppelwandige Behälter und Rohrleitungen:*
Der Über- oder Unterdruck gegenüber der Atmosphäre zwischen den beiden Wandungen des Anlageteiles muss überwacht werden. Weicht der Betrag dieses Kontrolldruckes von einem vorbestimmten Wert ab, muss Alarm ausgelöst werden;
- *Leckanzeigesysteme mit Flüssigkeitsfühler:*
Flüssigkeitsfühler überwachen allfällige Verluste an der tiefsten Stelle des Raumes zwischen den Wandungen des Anlageteiles bzw. der tiefsten Stelle des Schutzbauwerkes (Pumpensumpf) und lösen Alarm aus;
- *Leckanzeigesysteme mit Gasmeldeanlagen:*
Gasmeldeanlagen erkennen Gase und Dämpfe von Leckverlusten aus Rohrleitungen und Behältern und lösen Alarm aus;
- *Leckanzeigesysteme für Stehtanks mit Doppelböden:*
erdverlegte doppelwandige Behälter und Rohrleitungen müssen eine Prüfbescheinigung besitzen.

4.5.5 Temperaturabsicherung / Schutzschalter

Elektrische Heizungen sind mit einem Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) für TN-Netze oder einem Isolations-Überwachungsgerät für IT-Netze auszurüsten. Für Temperaturabsicherungen von Widerstandsheizkabel sind redundante Sicherheitsthermostate erforderlich.

5 Ökologie, Sicherheit und Brandschutz

5.1 Verdrängungs- und Atmungsverluste

Die Emissionsverluste einer Anlage müssen innerhalb der zulässigen LRV-Grenzwerte liegen (siehe Kap. 7.2).

5.1.1 Verdrängungsverluste

Verdrängungsverluste entstehen durch das Befüllen der Tanks. Für atmosphärisch entlüftete Tanks ist der zeitliche Volumenausstoß in der Regel genügend genau gegeben durch die Förderleistung der Pumpe.

Mögliche Massnahmen zur Reduzierung der Verluste sind:

- Pendelleitung
- weitere Massnahmen wie für Atmungsverluste

Für die Belüftung eines Tanks ist neben der Atmung (siehe unten) auch der Volumenstrom einer Auslagerungspumpe zu berücksichtigen.

5.1.2 Atmungsverluste

Atmungsverluste entstehen durch atmosphärische Druck- und Temperaturänderungen. Die wichtigsten Parameter, die Atmungsverluste beeinflussen, sind:

- die Dampfsättigung im Raum über der Flüssigkeit. Sie wird massgeblich durch die Temperatur im Gasraum und der Flüssigkeit, sowie durch die Häufigkeit und das Ausmass des Umschlages bestimmt;
- die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit, wie Dampfdruck und Verdampfungswärme in Abhängigkeit der Temperatur;
- die meteorologischen Verhältnisse am Lagerort, wie Aussentemperatur, direkte und diffuse Strahlung, Windeinflüsse, starker Niederschlag (z.B. Gewitter) etc.;
- die Beschaffenheit der Tankoberfläche, wie thermische Dämmung, Farbe etc.

Das Atmungsvolumen infolge einer Temperaturerhöhung im Gasraum ist mittels der Gasgleichung zu bestimmen. Bei leichtflüchtigen Flüssigkeiten muss die Änderung der Gaskonstante infolge stark unterschiedlichen Dampfgehaltes bei der Temperatur vor der Erhöhung im Vergleich zur Temperatur nach der Erhöhung berücksichtigt werden.

Der Atmungsverlust berechnet sich aus Atmungsvolumen und Dampfsättigung. Bei Lagertanks, die nur selten einen Umschlag aufweisen, rechnet man mit 100 % Dampfsättigung. Bei Lagertanks mit täglichen Umschlägen kann z.B. für benzinähnliche Stoffe eine relative Dampfsättigung von ca. 57 % im Winter und 63 % im Sommer angenommen werden (VDI-Richtlinie 3479, [26] und ISO 28300 [20]).

Für die Sicherheit des Tanks (Unterdruck) ist neben dem Volumenstrom einer Auslagerungspumpe auch der Volumenstrom durch Temperaturabsenkung zu berücksichtigen. Dabei ist die rasche Abkühlung z.B. durch starken Regen einzubeziehen (siehe dazu ISO 28300 [20]).

Temperaturen im Lagertank:

Jahresmessungen von Gastemperaturen über der Lagerflüssigkeit in einem unisolierten, stehenden, zur Hälfte gefüllten Tank von 100 m³ Stnr ergaben für einen Standort im Freien bei Basel 1989 folgende Werte:

- Jahresextremwerte (absolute max. bzw. min. Temperatur): $t_{max} = 45 \text{ °C}$, $t_{min} = 0 \text{ °C}$
- Monatsschwankung (Differenz höchste/ tiefste Temperatur): $\Delta t = 30 \text{ °C}$
- Tagesschwankung (Differenz höchste/tiefste Temperatur): $\Delta t = 25 \text{ °C}$
- der max. Temperaturanstieg bei wetterbedingter Erwärmung beträgt ca. 5 °C/h .

An exponierteren Standorten (z.B. im Kanton Wallis) muss die Bandbreite der Jahresextremwerte und der monatlichen und jährlichen Schwankungen um 5 bis 10 °C erweitert werden. Die Temperaturschwankungen der Lagerflüssigkeit sind je nach Füllgrad pro Tag sehr klein. Messungen haben ergeben, dass die Temperaturen mit den jeweiligen Tagesdurchschnittstemperaturen übereinstimmen.

5.1.3 Massnahmen um Emissionen zu verhindern bzw. zu vermindern

Über-, Unterdruckeinrichtungen:

Die Tankatmung kann durch eine Über-, Unterdruckeinrichtung gesteuert werden. Bei einem vorbestimmten Über- bzw. Unterdruck wird Luft (oder Stickstoff) und Dampf ausgestossen bzw. Luft (oder Stickstoff) eingesogen. Mit der eingestellten Druckdifferenz können für manche Lagerflüssigkeit die täglichen Druckschwankungen im Gasraum ohne Gasverluste aufgefangen werden.

Wärmedämmung:

Durch Wärmedämmung eines freistehenden Tanks oder durch Erdverlegung werden die täglichen Temperaturschwankungen im Gasraum auf wenige Grad reduziert. Die längerfristigen Temperaturschwankungen erfolgen damit so langsam, dass ein Ausstoss in die Atmosphäre häufig innerhalb der LRV-Toleranzen liegt.

Die Wärmedämmung, falls nach BN 111 ausgeführt, bringt auch brandschutztechnische Vorteile.

Tankberieselung:

Damit werden die täglichen Temperaturschwankungen im Gasraum über der Lagerflüssigkeit verkleinert. Diese Massnahme ist geeignet zur Brechung von Temperaturspitzen. Dauerberieselung fällt infolge des Wasserverbrauches in der Regel ausser Betracht.

Kältefalle:

Die aus dem Tank austretenden Gase werden abgekühlt, die verdampfte Flüssigkeit kondensiert bis auf einen kleinen Restgehalt und das Kondensat kann in den Tank zurückgeführt werden.

Abdeckflüssigkeit mit tiefem Dampfdruck:

Eine ideale Massnahme, um die Dampfsättigung im Raum über der Flüssigkeit zu unterdrücken, doch gibt es für die Lagerflüssigkeiten nur selten eine geeignete Abdeckflüssigkeit. Die Massnahme kann z.B. bei der Lagerung von Abfallflüssigkeiten in Frage kommen.

Überdachung:

Sie schirmt die direkte Sonnenbestrahlung ab und führt zu kleineren Tagesschwankungen der Gasraumtemperaturen. Diese Massnahme allein genügt in der Regel nicht, um die Atmungsverluste innerhalb der LRV-Toleranz zu halten. Zudem ist eine Überdachung, beim Fehlen einer automatischen Sprühflutanlage, im Brandfall sehr ungünstig.

Abgasentsorgung:

Man versteht darunter eine Behandlung der aus den Tanks ausgestossenen Gasvolumen in dafür eingerichteten Anlagen, wie z.B. Verbrennung, Behandlung in Biofiltern, Adsorption mit nachfolgender Desorption und Rückgewinnung etc.

Schwimmdach oder Schwimmmembrane:

Die Flüssigkeitsoberfläche wird durch das darauf schwimmende Tankdach oder bei Festdachtanks durch eine Schwimmmembrane abgedeckt. Bei sinkendem Füllstand wird jedoch die ge-

samte Flüssigkeit des benetzten Tankmantels in die Atmosphäre abgegeben.

Reflektierende Anstriche:
siehe Kap. 4.1.6.

5.2 Flüssigkeitsverluste

Wassergefährdende Flüssigkeiten werden in 2 Klassen eingeteilt (Kap. 1.5.1). Je nach Gewässerschutzzone sind verschiedene Gewässerschutzmassnahmen gefordert (Kap. 1.4).

Um Flüssigkeitsverluste zu vermeiden oder zurückzuhalten sind neben baulichen, apparativen Massnahmen auch organisatorische zu berücksichtigen. Hinweise dazu siehe

- Kap. 2.1.2, Planmässige Anordnung (Entwässerung der Umgebung von Tanks);
- Kap. 3, Schutzbauwerke, Fundamente;
- Kap. 4.2, Rohrleitungen (Anforderungen, Konstruktion, ...)
- Kap. 4.5, Mess- und Überwachungssysteme (gegen Überfüllen oder Leckanzeigesysteme);
- Kap. 6.4, Betrieb und Wartung

5.3 Anlagensicherheit

5.3.1 Ex-Zoneneinteilung

Werden brennbare Flüssigkeiten gelagert oder umgeschlagen, so sind die betroffenen Bereiche in Ex-Zonen und dem Lagergut entsprechende Explosionsgruppen und Temperaturklassen einzuteilen und zu kennzeichnen. Die Einteilung kann mit Hilfe des SUVA Merkblattes 2153, [16] und der TR BCI 155 [36] erfolgen.

Es dürfen nur zonen-, explosionsgruppen- und temperaturklassenkonforme Anlagenteile eingesetzt werden.

5.3.2 Massnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elektrischen Stromes

Bei Tankanlagen, die im Einflussbereich von fremden elektrischen Anlagen und Industrieleitungen erstellt werden, sind nachstehende Massnahmen erforderlich (EMV siehe TR BCI 119, [36]):

- die Tanks sind gegen Korrosion durch vagabundierende Ströme zu schützen;
- eine möglichst starke Vermaschung aller elektrisch leitenden Teile ist deshalb erforderlich;
- Erdschluss-Ströme von Bahn- und Industrieanlagen dürfen keine nachteilige Wirkung verursachen, wie Funkenbildung oder Potentialdifferenzen;
- die Schutzart der elektrischen Installationen ist den Produkten und örtlichen Verhältnissen anzupassen und durch die Behörde und den Betreiber festzulegen. Es ist die höchste in Zukunft zu erwartende Gefahrenklasse anzuwenden (siehe Kap. 1.5.2);
- elektrisch nicht isolierte Leitungen im Erdboden müssen gegen fremde Einflüsse geschützt werden. Dabei ist den Gleichstrombeeinflussungen auf Fundamente und im Erdboden verlegte Metallleitungen besondere Beachtung zu schenken;
- Regeln für die Beurteilung der Explosionsgefahr in Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen sowie die Zoneneinteilung sind dem SUVA Merkblatt 2153, [16] zu entnehmen;
- EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) gerechte Installation siehe TR BCI 119.

Geräte und Schutzsysteme sowie Hilfseinrichtungen, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, müssen der ATEX-Richtlinie [32] und der VGSEB [33] entsprechen.

5.3.3 Blitzschutz

Die Blitzschutzvorschriften SEV 4022 [23] müssen erfüllt sein (siehe auch SN EN 62305-1 bis 4 [27]). Bei Freiluftanlagen mit brennbaren Flüssigkeiten sind je nach Flammpunkt (unter oder über 55 °C) unterschiedliche Massnahmen zu treffen. Alle Geräte, die elektrische Leitungen in den Tankinnenraum einführen, müssen mit einem Blitzschutz ausgerüstet werden. Auf einen Schutz der übrigen Geräte kann verzichtet werden (siehe SEV 3425 [23]).

Blitzschutzanlage

- äusserer Blitzschutz (Fangleiter);
- innerer Blitzschutz (Potentialausgleich), siehe Skizze Kap. 7.6.

Zu EMV und Blitzschutz/Erdung siehe auch TR BCI 119 [36]

5.3.4 Schutz gegen elektrostatische Aufladungen

Bei brennbaren Flüssigkeiten muss die Gefahr von elektrostatischen Aufladungen berücksichtigt werden (z.B. korrektes Erden, Verwendung leitender Schläuche, keine isolierenden Innenbeschichtungen). Zu treffende Massnahmen sind in der TI BCI 8 [36] beschrieben.

Dies gilt für

- brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 55 °C;
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 55 °C, sofern der Flammpunkt nicht mindestens 5 °C über der Flüssigkeitstemperatur liegt;
- Gemische mit einem Flammpunkt über 55 °C, sofern der Flammpunkt nicht mindestens 15 °C über der Flüssigkeitstemperatur liegt.

5.3.5 Sicherheitsmassnahmen bei Energieausfall

Bei Energieausfall (Strom, Steuerluft, Stickstoff, Dampf, Wasser, etc.) müssen entsprechend der Risikoanalyse die Massnahmen definiert werden und gegebenenfalls alle Ein- und Auslagerungsvorgänge unterbrochen werden. D.h. Ventile gehen in die vordefinierte Sicherheitsstellung, Förderpumpen werden automatisch ausgeschaltet. Das Wiederanfahren ist durch die Betriebsvorschrift zu regeln.

5.3.6 Allgemeine Sicherheitsmassnahmen

Besondere Produkteigenschaften

Für Produkte, die infolge rascher Reaktionen, z.B. Polymerisation, einen für die Anlage gefährlichen Druck- oder Temperaturanstieg zur Folge haben können, sind spezifische Sicherheitsmassnahmen festzulegen.

Kontrollen

Tankanlagen sind vom Betreiber durch regelmässige Kontrollgänge auf ihre Betriebssicherheit hin zu überwachen und Mängel zu beheben. Dies zusätzlich zur Wartung und Kontrollarbeiten gemäss Kap. 6.4 und 6.5.

Abschränkungen, Aufgänge, Podeste

Geländer, Podeste, Treppen und Leitern sind nach Verordnung 4 zum Arbeitsgesetz [18] und den Richtlinien sowie Merkblättern der EKAS sowie SUVA zu erstellen.

Fahrwege

Die Fahrwege neben Fahrzeugen sind während der gesamten Dauer des Umschlages frei zu halten, so dass jederzeit ein ungehindertes Wegfahren und die Zufahrt von Rettungsfahrzeugen möglich ist. Die Fahrzeuge sind gegen Wegrollen und Auffahren anderer Fahrzeuge durch bauliche und/oder organisatorische Massnahmen zu sichern.

Beleuchtung

Tanklager sind so zu beleuchten, dass Bedienungs-, Kontroll- und Wartungsarbeiten möglich sind. Fluchtwege müssen jederzeit klar erkennbar sein.

Schutz gegen Unbefugte

Tankanlagen sind gegen Eingriffe Unbefugter oder böswillige Handlungen durch entsprechende technische oder organisatorische Massnahmen in angemessener Weise zu schützen.

5.4 Brand- und Explosionsschutz

5.4.1 Allgemeines

Gegen Brände im Tanklager, wie auch in dessen unmittelbarer Umgebung, sind angemessene technische sowie organisatorische Massnahmen zu treffen, die Feuer und / oder Explosionen verhüten und die Auswirkungen verringern. Der Früherkennung ist dabei durch Anwendung geeigneter Sensorik besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Im Brandfall muss der Tankinhalt vor unzulässiger Erwärmung geschützt werden und Einrichtungen zum Löschen eines Flächenbrandes im Tankbassin müssen vorhanden sein.

Die Tanklager sind so auszurüsten, zu unterhalten, zu betreiben und zu überwachen, dass:

- die Wahrscheinlichkeit von Fehlmanipulationen und Störungen gering ist;
- bei normalem Betrieb keine Menschen innerhalb und ausserhalb des Werkareals gefährdet werden;
- durch die getroffenen Massnahmen bei denkbaren Zwischen- und Störfällen die Personen-gefährdung und Umweltbelastung möglichst gering bleiben, bzw. vermieden werden können.

Aufgrund von Einschätzungen bestimmter Faktoren, wie besondere Tankinhalte, die Kosten eines Betriebsunterbruchs, Belästigung der Nachbarschaft und Vergiftungsgefahren, können zusätzliche Schutzmassnahmen sinnvoll sein. Entscheidungen für die entsprechende Durchführung sollen auf Basis z.B. des ESCIS Heft 4, [17] oder des Schutzindizes (DPI = degree of protection index, Details siehe Kap. 7.7) evaluiert werden.

Die vorgesehenen Schutzmassnahmen sind rechtzeitig in der Planungsphase mit den zuständigen firmeninternen und behördlichen Instanzen festzulegen.

Tanklager in geschlossenen Räumen bedürfen einer besonderen Prüfung.

5.4.2 Definition, Begriffe

- Eine *ortsfeste Brandschutzeinrichtung* ist eine Anlage, bei der aus einem fest verlegten Rohrleitungssystem mit Hilfe geeigneter Sprühdüsen die Oberfläche der zu kühlenden Behälter mit einem ausreichend starken und gleichmässig verteilten Wasserfilm beaufschlagt wird. Die gebräuchlichsten Systeme sind:
 - Sprinkleranlage; jede Düse wird einzeln durch Hitze einwirkung geöffnet. Die Leitung ist üblicherweise mit Wasser bis zur Düse gefüllt. Bei Frostgefahr stehen alternative Systeme zur Verfügung, z.B. Frostschutzfüllung, Druckluftsysteme etc;
 - Sprühflutanlage; zentrale Auslösung von Hand oder automatisch. Leerleitung bis zu den offenen Düsen ab einem frostfrei montierten Absperrorgan;
- eine *ortsbewegliche Brandschutzeinrichtung* ist eine Anlage, bei der mit Hilfe von festinstallierten, schwenkbaren Wasserstrahlrohren oder Wasserwerfern der zu kühlende Behälter, bzw. Behälterabschnitt möglichst gleichmässig beaufschlagt wird. Auslösung von Hand oder automatisch;
- ein *mobiler Brandschutz* umfasst Feuerwehr, Wasserlöschposten und Feuerlöscher. Letztere dienen zur Bekämpfung von Entstehungsbränden durch das Betriebspersonal;

Anlagen mit Schaumzumischung: Bei mobilen oder ortsfesten Brandschutzeinrichtungen werden geeignete Schaummittel in das Löschwasser beigemischt, um eine erhöhte Löschwirkung zu erzielen oder auslaufende Flüssigkeit abzudecken, um somit das Brand- oder Explosionsrisiko zu verringern.

Eine Beschäumung wird durch mobile oder ortsfeste Beimischung eines geeigneten Schaummittels ins Löschwasser erreicht.

Spezialanwendungen: Für spezielle Anwendungen stehen zusätzliche Löscheinrichtungen zur Verfügung, z.B. Gaslöschsysteme, Wasser-Hochdrucksysteme etc.

5.4.3 Alarmierung

In jedem Tanklager muss die Möglichkeit zur raschen Übermittlung eines Alarms an die Werkfeuerwehr oder öffentliche Feuerwehr zumindest mit organisatorisch /manuellen Mitteln (Handalarmtaster, Telefon) gegeben sein. Eine Früherkennung und /oder automatische Auslösung von Brandschutzmassnahmen ist als Folge einer risiko- und situationsbezogenen Betrachtung festzulegen.

Eine Alarm- und Kontrollorganisation ist erforderlich.

Jede Auslösung einer Brandschutzeinrichtung muss automatisch auch die zuständige Feuerwehr alarmieren. Beim Einsatz automatischer Gas- oder Brandmeldesysteme sind deren Eignung für die im vorliegenden Fall typischen Verhältnisse zu prüfen.

Je nach örtlichen Verhältnissen kann es zweckmässig oder erforderlich sein, Tankwannen oder separate Rückhalteräume mit Gasetektoren oder Lecksonden auszurüsten.

Für hohe Gefahrenpotentiale, die sich im Ereignisfall über die Werksgrenze hinaus auswirken könnten, sind gemäss Störfallverordnung (Anhang 3, Absatz f) [7] in Zusammenarbeit mit den Behörden und den Ereignisdiensten eine Einsatzplanung für Störfälle zur Warnung und zum Schutz der Bevölkerung vorzubereiten. Auf dieser Basis sind periodisch Übungen durchzuführen.

5.4.4 Schutzmassnahmen im Freien

Die Auslegung eines Tanklagers enthält aktive und passive Schutzmassnahmen. Passive Elemente beinhalten die Bauweise, den Grundriss und die Tankkonstruktion. Aktive Schutzmassnahmen umfassen sowohl technische Erkennungs- und Steuerungssysteme als auch organisatorische Massnahmen. Der Umfang dieser Sicherheitsaufwendungen wird von dem unter dem Punkt Allgemeines erwähnten Grundsätzen bestimmt.

Bei einem Ereignis im Tanklager sind grundsätzlich folgende Punkte zu berücksichtigen:

- In speziellen Fällen kann es von Vorteil sein, brennbare Flüssigkeiten gezielt ausbrennen zu lassen;
- wirksame Bekämpfung eines Tank- und/oder eines Flächenbrandes in Tankwanne und Rückhalteräumen;
- Schutz des Tankinhaltes gegen unzulässige Erwärmung;
- kühlen der unter Flüssigkeitsdruck (hydrostatischer Druck) stehenden Armaturen und Leitungen.

5.4.4.1 Mittel zur Brandbekämpfung

In Tanklagern für brennbare Flüssigkeiten sowie in den zugehörigen Umschlagstellen und Pumpstationen müssen im Hinblick auf mögliche Brände und Leckagen folgende Ausrüstungen verfügbar sein:

- mobile Feuerlöscher (vorzugsweise grössere Pulverlöschgeräte) sowie Wasserlöschposten, für die Bekämpfung von Entstehungsbränden durch das entsprechend ausgebildete Lagerperso-

nal;

- Hilfsmittel, um ausgelaufene Lagerflüssigkeiten aufzunehmen.

Bei einem Brand im Tanklager mit offener Auffangwanne sind die Zielsetzungen:

- Wirksame Bekämpfung eines Flächenbrandes in der Auffangwanne;
- Schutz der Tanks (inklusive Füsse, Standzargen, Absperrorgane) und Rohrleitungen gegen unzulässige Erwärmung.

Hierfür sind in der Regel stationäre Einrichtungen erforderlich. In speziellen Fällen mögen mobile Mittel genügen.

Es werden folgende Varianten empfohlen:

1. Kombinierte Tankkühlung und Wannenschäumung durch Sprühflutanlage mit Schaummittelzusatz.
2. Wärmedämmung und Wannenschäumung.
3. Sprühflutanlage und Wannenschäumung (Ausnahme: keine Wannenschäumung, falls Gefälle vorhanden und Rückhalteraum genügend gross).

Vorteil einer Beschäumung: neben einer erhöhten Löschwirkung wird die Verdampfungsrate von ausgelaufener brennbarer Flüssigkeit vermindert, wodurch eine Verringerung der Explosions- und Brandgefahr resultiert.

Eine Löschwasserversorgung muss bezüglich Menge, Druck und Zeitdauer gewährleistet und dimensioniert sein.

Sprühflutanlagen und Beschäumungseinrichtungen mit ortsfestem Schaummitteltank sollen in der Regel automatisch ansprechen, aber auch manuell auslösbar sein. Die Armaturen für Wasser und Schaummittel müssen im Brandfall funktionsfähig und sicher zugänglich sein.

Sämtliche auf Wasser bzw. Schaum basierenden Löschsysteeme sind frostsicher auszuführen.

Die Minimalanforderungen auf einen Blick:

Bauvariante I : Auffangwanne und

Bauvariante II: Auffangwanne mit separatem Rückhalteraum (siehe Kap. 3)

Bauvariante	Brandschutz	Installation/Betriebsart	Auslösung
I	Tankkühlung Auffangwannenschäumung	stationär mobil	automatisch
II	Tankkühlung Auffangwannenschäumung	stationär halbstationär/mobil	automatisch
II	Tankkühlung Schaumzusatz zu Tankkühlung	stationär halbstationär	automatisch manuell
I	Wärmedämmung Auffangwannenschäumung	mobil	manuell
II	Wärmedämmung Auffangwannenschäumung	halbstationär	manuell

Halbstationäre oder mobile Mittel zur Brandbekämpfung in Tanklagern können genügen, falls folgende Bedingungen erfüllt sind:

- dauernder, der Situation angepasster Löscheinsatz durch betriebliche oder öffentliche Feuerwehren;
- Anlage gemäss TRCI ausgeführt.

5.4.4.2 Tankkühlung und Wannenschäumung

Tankkühlung

Die Tankkühlung soll spätestens 1½ min nach Brandausbruch einsetzen, was in der Regel eine automatische Auslösung bedingt.

Um den Wasserbedarf in Grenzen zu halten, sollen in der Regel nur die in der vom Brand direkt betroffenen Wannenteilfläche befindlichen Tanks — meist weniger als 10 Tanks — automatisch besprüht werden. Müssen bei löschtechnisch ungünstiger Lage des Brandherdes noch weitere Tanks gekühlt werden, so kann die Löschanlage der betreffenden angrenzenden Wannenteilfläche manuell aktiviert werden, oder es sind hierfür mobile Mittel einzusetzen.

Das Sprühwasser soll möglichst gleichmässig über die Oberfläche des zu schützenden Tanks verteilt werden. Das heisst, dass ein Wasserfilm von mind. 0,4 mm Dicke ausgebildet werden muss. Wird dieser Film durch angebaute Armaturen oder dgl. gestört, muss Kühlwasser über zusätzliche entsprechend positionierte Düsen aufgesprüht werden. Die Sprühdüsen zur Tankkühlung sollen, der besseren Temperaturbeständigkeit wegen, in der Regel aus hitzebeständigen Werkstoffen gefertigt sein. Berechnung der erforderlichen Wassermengen siehe als Beispiel Kap. 7.8.

Wannenschäumung

Die Beschäumung der Auffangwannen soll so früh wie möglich nach Brandausbruch oder nach Auslösung der Tankkühlung einsetzen. Sie kann automatisch oder manuell aktiviert werden und bei günstigen Verhältnissen auch mit mobilen Mitteln erfolgen.

Beispiele:

- ortsfeste Schaumwerfer mit Wasser- und Schaummittel-Einspeisung durch Feuerwehr oder ab Netz bzw. ortsfestem Schaummittel-tank;
- Halbstationäre Beschäumungseinrichtung mit Einspeisung von Wasser und Schaum von geschützter Stelle ausserhalb der Auffangwanne;
- vollständig ausgerüstetes Beschäumungssystem mit ortsfestem Schaummittel-tank. Zur Beschäumung benötigt man eine Wasserleistung von 7,5 – 10 l/(min*m²) Wannfläche. Diese Grössenordnung richtet sich nach eingesetztem Schaumpräparat abgestimmt auf die gelagerten Produkte. Einem Abbau der Schaumschicht durch Feuer, Sprühwasser, Lösungsmittel bis ca. 50 % muss Rechnung getragen werden.

Die nötige Schaummittel-Konzentration, bei Einspeisung in Sprühflutssysteme wie auch zur Wannenschäumung, kann je nach Schaummittel und nach Lagerflüssigkeit von 1,5 bis 6 Vol % variieren. Es sollen nach Möglichkeit alkoholbeständige Schaummittel verwendet werden. Es empfiehlt sich, die Wahl des Schaummittels mit Nachbarfirmen bzw. der zuständigen öffentlichen Feuerwehr im Hinblick auf gegenseitige Hilfeleistungen abzustimmen. Bei der Wahl des Schaummittels ist auch dessen Umweltverträglichkeit (biologische Abbaubarkeit) zu berücksichtigen.

In Auffangwannen und einem separat angeordnetem Rückhalteraum von genügender Kapazität kann auf eine Wannenschäumung verzichtet werden, wenn die Tankkühlung im Brandfall automatisch einsetzt und Gewähr besteht, dass auch die grösste in der Wanne anfallende Wassermenge jederzeit ohne Rückstau zum Rückhalteraum abfließt. Der Rückhalteraum muss mindestens manuell beschäumt werden können.

Hat man keinen Rückhalteraum, kann bei Zusatz von Schaummittel zum Wasser der Sprühflut-anlage zur Tankkühlung auf eine separate Wannenschäumung verzichtet werden. Der Wasserbedarf muss aber der für die Wannenschäumung notwendigen Menge entsprechen (Berechnung der benötigten Wassermengen, siehe Kap. 7.8).

Die zur Tankkühlung und zur Wannenschäumung benötigten Wasser- und Schaummittelmengen müssen nicht als Dauerleistung zur Verfügung stehen. Die Mengen sind auf die Wan-

nen-Teilfläche mit dem grössten Bedarf abzustimmen. Man rechne für die Tankkühlung mit einer Einsatzdauer von 20 Minuten bei voller Leistung und von höchstens 2 Stunden Katastrophenfall bei 50 % Leistung, für die Wannenbeschäumung mit mindestens 10 Minuten. Wird in Sprühfluranlagen zur Tankkühlung dem Wasser ein geeignetes Schaummittel zugesetzt (vorzugsweise AFFF Schaummittel, bei organischen Lösungsmittel ATC), so ist keine besondere Wannenbeschäumung erforderlich. Der Schaummittelvorrat soll für eine Einsatzdauer von 15 Minuten in der Wannen-Teilfläche mit dem grössten Sprühwasserbedarf ausreichen.

5.4.4.3 Wärmedämmung der Tanks

Die Wärmedämmung (thermische Isolation) eines Tanks verhindert bei Brandeinwirkung von aussen die rasche Erwärmung des Tanks und ist als Alternativmassnahme an Stelle der Tankkühlung zulässig (siehe Kap. 4.1.7).

Sie muss so konzipiert sein, dass während mindestens 30 Minuten im Innern des Tanks bei beliebigem Füllgrad kein gefährlicher Zustand entsteht (z.B. Verdampfungsleistung übersteigt die Entlastungskapazität der Entlüftung oder das Anlaufen einer chemischen Reaktion).

Die Wärmedämmung kann wohl die Tankkühlung, nicht aber die Wannenbeschäumung ersetzen. Sie verhindert zudem grosse Temperaturschwankungen der Gasphase über der Lagerflüssigkeit (Verminderung der Atmungsverluste).

5.4.5 Schutzmassnahmen in Gebäuden

Es werden nachfolgend nur Tanklager in Gebäuden berücksichtigt.

In Gebäuden sind Tanklager mit einer automatischen Ereignismeldung und bei brennbaren Flüssigkeiten mit genügend wirksamen Feuerlöscheinrichtungen auszurüsten.

Tankräume für brennbare Flüssigkeiten sind den behördlichen Vorschriften entsprechend feuerbeständig (REI 90 (nbb)) auszuführen.

Die Räume sind ausreichend zu belüften:

Als Richtwert gilt ein durchschnittlicher Luftwechsel von 3 bis 5 pro Stunde, bezogen auf das Netto-Raumvolumen. Bei künstlicher Belüftung ist der Anordnung der Absaugstellen bezüglich dem spezifischen Gewicht der Schwaden/Dämpfe Rechnung zu tragen.

Die Ventilationsanlage muss beim Betreten der Tankanlage selbsttätig in Betrieb gesetzt werden. Eine intermittierende Lüftung von mindestens 10 Minuten pro Stunde kann im allgemeinen als ausreichend betrachtet werden. Wenn die Lüftung durch eine Gasmeldeanlage gesteuert wird, kann auf die intermittierende Lüftung verzichtet werden (SUVA Richtlinie Nr. 1825, [16] und VKF Richtlinie 28-03 [[9]]).

Die Ventilatoren sind bei Produkten der Gefahrklasse F1 und F2 Ex-Zonen konform herzustellen.

Betrieblich bedingte Verbindungstüren nach anderen Räumen sind feuerhemmend mindestens EI 30 auszuführen. Sie müssen nach aussen öffnend angeschlagen werden und von innen jederzeit zu öffnen sein.

Tanklager, die Produkte der Gefahrklasse F1 bis F4 enthalten, sind von den übrigen Räumen abzutrennen.

5.4.6 Schutzmassnahmen für Elektroräume

Brandschutzmassnahmen: angrenzende Elektroräume und Schaltwarten sind als eigener Brandabschnitt auszubilden (mindestens REI 60 (nbb), Türen EI 30). Weitergehende Massnahmen sind situativ festzulegen.

5.5 Erdbebensicherheit

In Bezug auf Erdbeben sind für Tankanlagen die Gefährdungszonen und die Bauwerksklasse (für Tragwerke und Tankabstützungen), sowie die Installationsklasse (für Apparaturen, Rohrleitungen und Sicherheitseinrichtungen) zu bestimmen.

Danach sind die Bemessungen entsprechend der Bauwerksklasse anzupassen, sowie die Einwirkungen auf die Installationen zu berücksichtigen (siehe SIA 261 und SIA 261-1 [25]).

5.6 Personenschutz

Bei stark ätzenden und giftigen Flüssigkeiten sind an Orten mit Personengefährdung besondere Sicherheitsmassnahmen zu treffen, z.B.:

- Schutzrohre oder Kanäle;
- Spritzschutzabdeckungen an Flanschen;
- Flansche mit Nut und Feder;
- gekammerte Dichtungen;
- persönliche Schutzausrüstung;
- Not- und Augenduschen.

Müssen Transportbehälter bestiegen werden (z.B. für Probenahmen), so ist auf verfügbare Absturzsicherungen zu achten (z.B. mobile Treppen mit Geländer).

6 Bewilligung und Betrieb

6.1 Bewilligungs-, Meldepflicht

Sämtliche Lageranlagen mit einem Nutzvolumen von mehr als 450 Liter fallen unter die Melde- oder Bewilligungspflicht (siehe KVU [34-01 und 34-01-1]).

Bewilligungspflicht:

Die Erstellung und die Änderung von Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten bedürfen einer kantonalen Bewilligung ausschliesslich in den besonders gefährdeten Bereichen (A_u , A_o , Z_u und Z_o).

Eine Bewilligung ist vorgeschrieben für:

- Mittelgrosse Tanks (über 2 m³) und Grosstanks zur Lagerung von Flüssigkeiten der Klasse A;
- Lageranlagen für sämtliche wassergefährdende Flüssigkeiten mit einem Nutzvolumen von mehr als 450 Liter in den Grundwasserschutzzonen und -arealen;
- Umschlagplätze bei welchen das Erkennen und / oder Zurückhalten vorgeschrieben ist.

Meldepflicht:

Nicht bewilligungspflichtige Lageranlagen sind meldepflichtig, wenn ihr gesamtes Nutzvolumen grösser als 450 Liter ist.

Der erforderliche Umfang der einzureichenden Unterlagen, wie z.B. Risikobetrachtung, Kurzbericht gemäss Störfallverordnung [7] oder Umweltverträglichkeitsbericht [6] ist vorgängig festzulegen. Es empfiehlt sich, grössere Bauvorhaben vor Eingabe des Baugesuches mit den zuständigen Behörden zu besprechen.

Baugesuche bestehen im Wesentlichen aus dem Baubegleiten, dem Einrichtungs- und Kanalisationsbegleiten, sowie einer Emissionserklärung. Es sind dafür die Formulare der kantonalen Behörde zu verwenden. Folgende Angaben müssen darin enthalten sein:

- Standort (genehmigter Situationsplan);
- Gewässerschutzbereich gemäss Gewässerschutzverordnung Art. 29, sowie Anhang 4, Ziffer 121 [2];
- Art und Umfang der Anlage (Konstruktions- und Projektpläne);
- Art, Klasse und Menge der im Tanklager enthaltenen Flüssigkeiten (Produktbezeichnung und Gefahrklasse nach Kap. 1.5.1);
- Anzahl, Grösse und Einbauart der Tanks (im Freien stehend oder liegend, in Gebäuden oder erdverlegt);
- Ausrüstung der Behälter;
- zum Schutz der Gewässer erforderliche Vorrichtungen, einschliesslich Angaben über das Fassungsvermögen des Schutzbauwerks;
- Bauherrschaft;
- Sicherheits- und Notfallkonzept.

Die zuständige Behörde kann ergänzende Angaben verlangen.

6.2 Pflichten der Bauherrschaft oder Bauleitung

Die Bauherrschaft oder Bauleitung vergewissert sich vor Baubeginn, dass die Baubewilligung vorliegt, und ist für die Einhaltung der Auflagen und Bestimmungen verantwortlich.

Ebenfalls ist sicher zu stellen, dass die Anmeldung bei der zuständigen Versicherung erfolgt ist.

6.3 Betriebsbewilligung

Eine Abnahme der bewilligungspflichtigen Anlagen wird nicht mehr vorgeschrieben. Die Kantone können die Abnahmepflicht in die Bewilligungen aufnehmen. Bei meldepflichtigen

Anlagen können Stichprobenkontrollen durch die Behörde vorgenommen werden (KVU [34-01]). Betriebstanks benötigen keine Betriebsbewilligung, wenn dies nicht kantonal vorgeschrieben wird.

Ordnet der Kanton für den Vollzug ein Tankdokument an, so darf der oder die Lagerbehälter nur dann gefüllt werden, wenn dies durch das Dokument gestattet ist (KVU [35-1.5]).

Bei der Abnahme wird kontrolliert, ob

- die Auflagen und Bestimmungen der Bewilligung, soweit ersichtlich, eingehalten sind;
- die Prüfprotokolle der Ersteller oder Hersteller vorliegen.

Inbetriebnahme:

Alle Anlageteile, inklusive Füllsicherungen und Leckanzeigesysteme sind vor der Inbetriebnahme der Anlage, auf ihre Funktionstüchtigkeit und Dichtheit zu überprüfen.

Das Ergebnis ist in einem Prüfprotokoll festzuhalten.

Dokumentation:

Bewilligungen und Prüfprotokolle sind solange wie die Anlage betrieben wird, mindestens jedoch während zehn Jahren aufzubewahren.

Revisions- und Kontrollrapporte sind mindestens während zehn Jahren aufzubewahren.

Kataster:

Über Lageranlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten ist vom Betreiber ein Kataster zu führen.

6.4 Betrieb und Wartung

Durch ausreichende Wartung und richtig gewählte Kontrollintervalle ist ein geordneter und sicherer Betrieb aller Tanklager sicherzustellen (Überprüfung auf Mängel, Stand der Technik). Die Termine und Massnahmenpläne haben sich dabei am Tanklagerinhalt und der Tanklager-Ausrüstung zu orientieren. Für die vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen sind die Intervalle gemäss Tabelle "Prüfverfahren für Anlageteile" (siehe Kap. 7.3 sowie KVU [34-03] und [34-04]) als Obergrenze anzusehen.

Zu Stand der Technik siehe KVU [34-05] und [35-5.1].

6.4.1 Betrieb

Es ist folgendes zu beachten:

- Es sind klare Betriebs- und Bedienungsvorschriften durch Fachkundige zu erlassen, welche mit den Erfordernissen des Umweltschutzes, Havarie-, Unfall- und Brandschutzes, sowie der Gewerbe-Hygiene in Einklang stehen;
- der Betreiber muss jederzeit über Art und Menge der gelagerten Flüssigkeit sowie über Art und Umfang der getroffenen Schutzmassnahmen Auskunft geben können. Diese Angaben müssen in schriftlicher Form vorliegen und der für die Notfallplanung und -bewältigung zuständigen Stellen zugänglich sein;
- vor jedem Füllvorgang ist zu ermitteln, wie viel Flüssigkeit eingefüllt werden darf. Der Füllvorgang ist zu überwachen und muss beim höchst zulässigen Füllstand unterbrochen werden;

Als höchster Füllstand ist das *Nutzvolumen* des Tanks zulässig.

Falls die Füllsicherung eine Störung anzeigt, darf der Füllvorgang nicht begonnen werden.

- nach jedem Bezug muss das Untenauslauf-Entnahmeventil geschlossen werden;
- die Anlage ist mittels regelmässigen Kontrollgängen auf allfällige Leckverluste zu überprüfen. Es empfiehlt sich Kontrollgänge anhand von Checklisten durchzuführen und zu dokumentieren;

- das Entleeren des Meteorwassers aus den Tankwannen oder Rückhalteräumen darf nicht automatisch erfolgen, sondern muss aufgrund von Analyseergebnissen vorgenommen werden. Das Entleerungsprozedere ist schriftlich festzulegen und zu dokumentieren;
- alle betrieblichen Tätigkeiten im Tanklager dürfen nur durch geschultes Personal ausgeführt werden. Die Kenntnisse und die Einhaltung der Betriebsanweisungen sind periodisch zu überprüfen und zu dokumentieren;
- es ist sicherzustellen, dass Lagertanks, Bauwerke und übrige Installationen mit der notwendigen Beschilderung versehen sind.

6.4.2 Wartung

Die Anlagen sind angemessen zu warten:

- sämtliche sicherheitsrelevanten Installationen sind in ein Wartungsprogramm aufzunehmen;
- Art, Umfang und Intervall sind festzulegen und zu dokumentieren.

6.4.3 Funktionskontrollen

Periodische Funktionskontrolle: Für Füllsicherungen und Leckanzeigesysteme und Löschanlagen wird eine periodische Funktionskontrolle durchgeführt. Das Ergebnis ist in einem Kontrollrapport festzuhalten. Bei den Funktionskontrollen sind die Angaben des Herstellers und die Betriebserfahrung zu berücksichtigen.

Füllsicherungen

- Die Funktionstüchtigkeit des gesamten Füllsicherungssystems muss sowohl vor als auch jederzeit während des Abfüllvorgangs mittels Prüftaster überprüft werden können; dabei hat das Absperrorgan die Schliessbewegung voll auszuführen;
- Die Funktionskontrolle der Füllsicherungen ist mindestens alle **2 Jahre** vorzunehmen. In Anlagen mit gefährlichen oder zu Belagsbildung neigenden Medien ist in kürzeren Abständen zu prüfen.

Leckanzeigesystem für Behälter und Rohrleitungen

- Die Funktionsprüfung umfasst die Druckmessung in verschiedenen Betriebszuständen;
- die Funktionskontrolle ist bei doppelwandigen Behältern und Rohrleitungen mindestens alle **2 Jahre** vorzunehmen. In Anlagen mit gefährlichen Medien ist in kürzeren Abständen zu prüfen. Bei einwandigen Behältern und Rohrleitungen ist **einmal jährlich** zu prüfen;
- der Unterdruck innerhalb des Doppelbodens von Stehtanks ohne Alarmeinrichtung ist mindestens monatlich zu kontrollieren.

Leckanzeigesysteme mit Flüssigkeitsfühler

- Die Funktionsprüfung umfasst die Prüfung der Funktionstüchtigkeit des Fühlers mittels Flüssigkeit des überwachten Anlageteils;
- die Funktionskontrolle ist mindestens alle **2 Jahre** vorzunehmen; gleichzeitig ist der Fühler zu reinigen. In Anlagen mit gefährlichen oder zu Belagsbildung neigenden Flüssigkeiten ist in kürzeren Abständen zu prüfen.

Leckanzeigesysteme mit Gasmeldeanlagen

- die Funktionsprüfung umfasst die Prüfung der Funktionstüchtigkeit des Fühlers mittels entsprechendem Prüfgas;
- die Funktionskontrolle ist mindestens alle **2 Jahre** vorzunehmen; gleichzeitig ist der Fühler zu reinigen.

Gasmeldeanlagen, die in Anlagen mit gefährlichen Medien eingebaut sind, oder deren Fühler zur Verschmutzung und/oder Drift neigen, empfiehlt sich in kürzeren Abständen zu prüfen.

Löschanlagen

Sprinkleranlagen:

Diese müssen dem Stand der Technik entsprechen und so beschaffen, bemessen, ausgeführt und in Stand gehalten sein, dass sie wirksam und jederzeit betriebsbereit sind. Sprinkleranlagen sind periodisch zu kontrollieren, Der Kontrollturnus richtet sich nach Art, Grösse und Nutzung der durch die Anlage geschützten Bauten, Anlagen oder Brandabschnitte (siehe VKF 19-03 [9] und EN 12845 [27]).

Sprühflutanlagen:

Die Anforderungen an ortsfeste Sprühflutanlagen sind den Sprinkleranlagen (siehe oben) gleichgesetzt. Eine Funktionskontrolle ist mindestens alle **2 Jahre** vorzunehmen.

6.5 Kontrollarbeiten

Die Inhaber von bewilligungspflichtigen Lageranlagen müssen dafür sorgen, dass eine fachkundige Person die Funktionstüchtigkeit und Dichtheit der Anlagen mindestens alle zehn Jahre kontrolliert. Fachkundige Personen müssen gewährleisten können, dass der Stand der Technik eingehalten wird.

Neben der Kontrollpflicht von bewilligungspflichtigen Lageranlagen (siehe KVU [34, 34-3, 34-4 und 35-1.5]) sind auch die übrigen Lageranlagen regelmässig auf Mängel, insbesondere auf Lecks zu kontrollieren und diese zu beheben.

Der Kanton kann zur Sicherstellung gesetzlicher Vorgaben anordnen, dass ihm die Ausführungsrapporte für diese Arbeiten zugestellt werden.

6.5.1 Qualifikation der fachkundigen Person

Siehe KVU Richtlinie[34-01], [34-04] und [35-1.5] Kap. 4.

6.5.2 Umfang der Kontrollarbeiten

Die Kontrollarbeiten umfassen:

- bei Schutzbauwerken eine Sichtkontrolle auf Dichtheit. Nötigenfalls ist eine Wasserdichtheitsprüfung vorzunehmen (Kap. 7.4 und 7.5.);
- bei Lagerbehältern eine Sichtkontrolle von innen auf Dichtheit;
- bei Rohrleitungen eine Sichtkontrolle auf Dichtheit. Sind die Rohrleitungen visuell nicht kontrollierbar, so sind sie einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen;
- bei Druckausgleichseinrichtungen und Fühlern von Füllsicherungen eine Funktionskontrolle;
- nach den Kontrollen der Anlage ist eine Funktions- und Betriebsbereitschaftskontrolle durchzuführen;
- die bei den Kontrollen anfallenden Rückstände sind fachgerecht zu entsorgen;
- weitere sinnvolle Kontrollen bezogen auf das chemische Lagergut und sonstige Sicherheitsaspekte.

6.6 Bestehende Anlagen und Anlagenteile

Übergangsregelungen gemäss KVU [34-06]:

Anlagen und Anlagenteile, die vor Inkrafttreten der Gewässerschutzvorschriften vom 18.10.2006 vorschriftsgemäss erstellt wurden, dürfen solange weiterbetrieben werden, wie sie funktionstüchtig sind und die Gewässer nicht konkret gefährden.

Die erdverlegten einwandigen Tanks stellen ohne Zweifel ein grosses Risiko für die Gewässer dar. Deshalb mussten diese bis anhin alle 10 Jahre revidiert und die Leckanzeigesysteme alle Jahre kontrolliert werden. Gemäss der Übergangsbestimmung der Gewässerschutzverordnung sind diese Tanks bis zum 31. Dezember 2014 entweder nach dem Stand der Technik auf Doppelwandigkeit umzurüsten oder aber ausser Betrieb zu setzen.

Zum besseren Verständnis: Die seit dem 1. Juli 1972 bewilligten und vor dem 1. Januar 1999 in Betrieb genommenen (abgenommenen) Lageranlagen sowie die angepassten Altanlagen (als Altanlagen gelten diejenigen Anlagen, die vor dem 1. Juli 1972 bewilligt oder erstellt worden sind), die dem neuen Recht nicht entsprechen, müssen nicht auf den Stand der Technik gebracht werden. Lageranlagen mit erdverlegten einwandigen Behältern können jedoch nur noch bis 31. Dezember 2014 weiterbetrieben werden.

6.7 Ausserbetriebsetzung

Tankanlagen oder Anlageteile, die ausser Betrieb gesetzt werden sollen, sind in einen sicheren Zustand zu überführen und müssen vollständig entleert, gereinigt und so gesichert werden, dass eine nicht beabsichtigte oder nicht bewilligte Wiederinbetriebnahme ausgeschlossen ist.

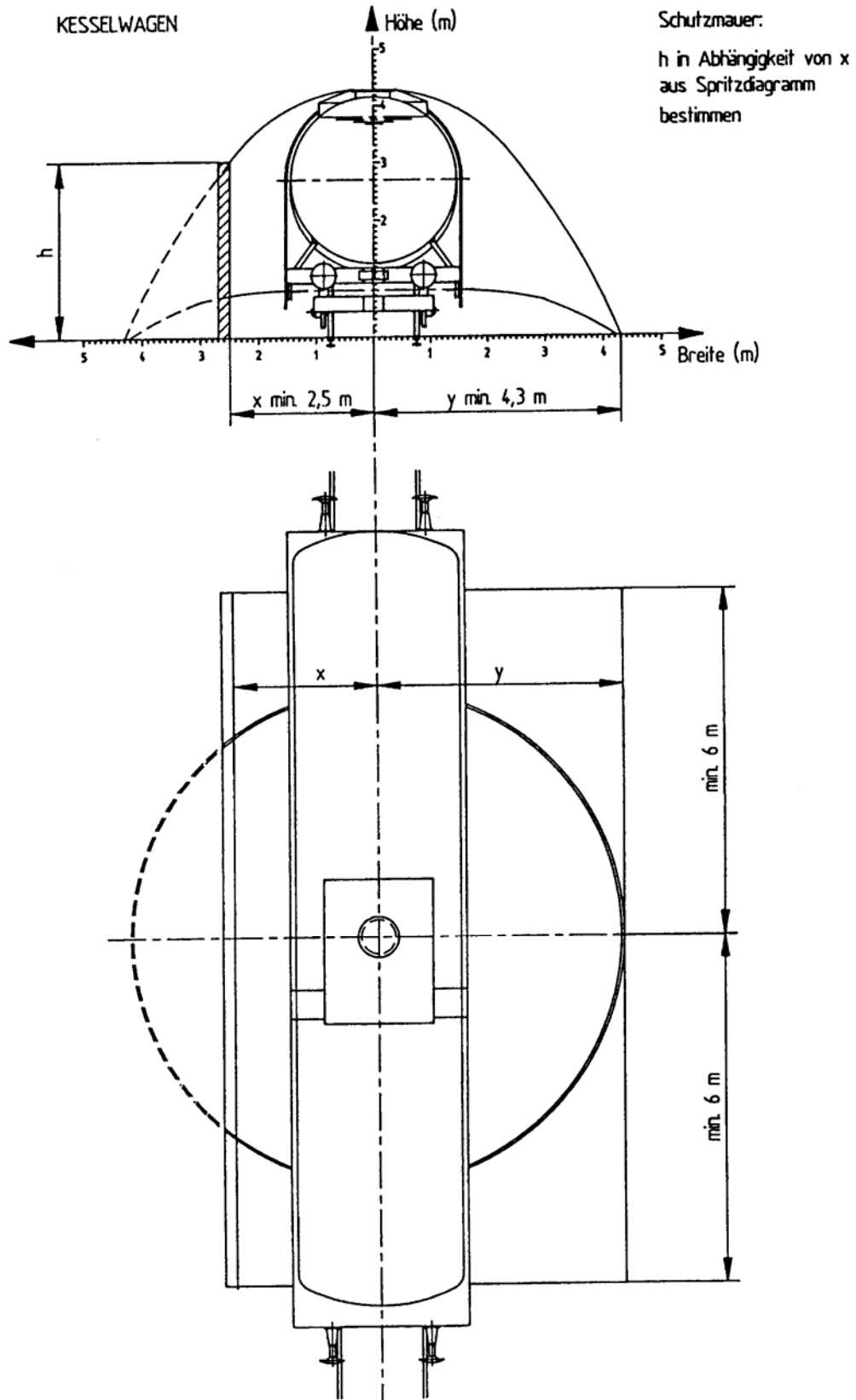
Werden Löscheinrichtungen ausser Betrieb genommen, muss zusätzlich die zuständige Feuerwehr informiert werden.

7 Anhang

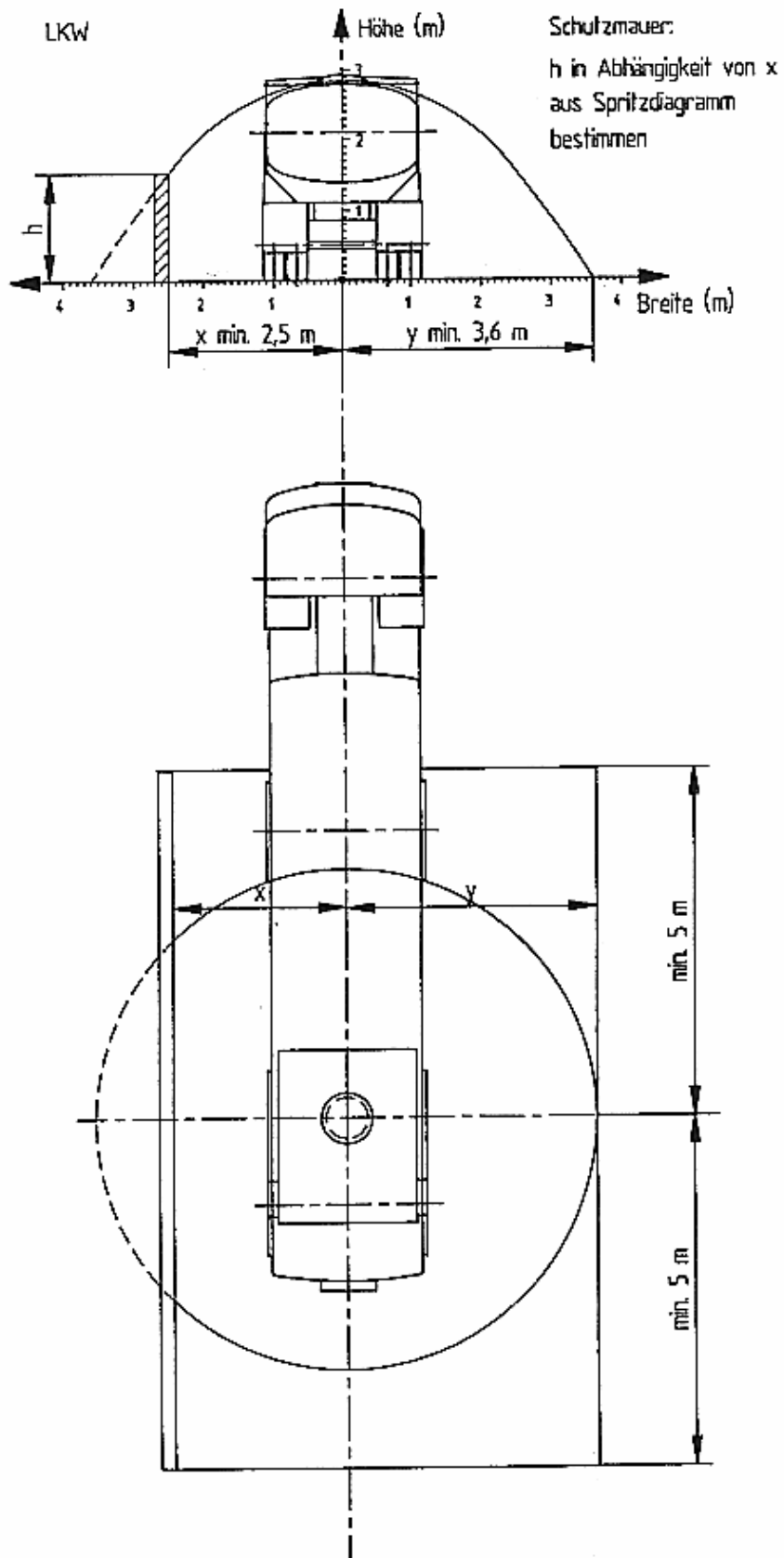
7.1 Mindestabmessungen der dichten Flächen bei Umschlagplätzen

für Lastkraftwagen (LKW) und für Bahnkesselwagen (BKW).

Hinweis: das Mass x bzw. y ergibt sich aufgrund der Wand- bzw. Behälterhöhe



Hinweis: das Mass x bzw. y ergibt sich aufgrund der Wand- bzw. Behälterhöhe



7.2 Luftreinhaltung (Grenzwerte)

Zulässige Emissionen: Wenn der angegebene Massenstrom einer Anlage im Mittel über eine Stunde überschritten wird, muss die Emissionskonzentration nach den nachfolgenden Tabellen eingehalten werden.

Emissionskonzentration

Stoffarten	LRV-Klasse 1		LRV-Klasse 2	
	Massenstrom [g/h]	Emissionskonzentration [mg/m ³]	Massenstrom [g/h]	Emissionskonzentration [mg/m ³]
Anorganische gas- od. dampfförmige Stoffe	10 oder mehr	1	50 oder mehr	5
Organ. gas-, dampf- oder partikelförmige Stoffe	100 oder mehr	20	2'000 oder mehr	100
Krebserzeugende Stoffe	0.5 oder mehr	0.1	5 oder mehr	1

Stoffarten	LRV-Klasse 3		LRV-Klasse 4	
	Massenstrom [g/h]	Emissionskonzentration [mg/m ³]	Massenstrom [g/h]	Emissionskonzentration [mg/m ³]
Anorganische gas- oder dampfförmige Stoffe	300 oder mehr	30	2'500 oder mehr	250
Organ. gas-, dampf- oder partikelförmige Stoffe	3'000 oder mehr	150		
Krebserzeugende Stoffe	25 oder mehr	5		

7.3 Prüfverfahren für Anlageteile

(auf Gewässerschutz bezogen, siehe KVU [34] und [35])

Systembezeichnung	vor Inverkehrsetzung Beschein. der Gewässerschutztauglichkeit	bei Herstellung		WKP*	
		Prüfprotokoll (Festigkeit)	Prüfprotokoll (Bau-, Dichtheits-, Funktionsprüf.)	Intervall	Sicht-, Funktionsprüfung
Lagerbehälter aus Metall					
- Kleintanks	x	x	x	10 J.	s
- mittelgrosse Tanks mit gewölbten od. Stehtanks mit flachen Böden	a	x	x	10 J.	s
- Grosstanks (Stehtanks mit flachen Böden)	a	x	x	10 J.	s
- druckstossfest nach BN 76 u. 98	a	b	x	10 J.	s
Lagerbehälter / Auskleidung aus Kunststoff					
- Kleintanks	a	x	x	10 J.	s
- mittelgrosse Tanks mit gewölbten od. flachen Böden	a	x	x	10 J.	s
- tragende Auskleidungen / innere Doppelwände für Lagerbehälter	a	x	x	10 J.	s
Rohrleitungen 1)					
- in der Lageranlage	-	x	x	10 J.	s + f
- ausserhalb der Lageranlage	-	x	x	d	s + f
Umschlagplätze	-	x	x	d	s + f
Schutzbauwerke					
- aus Metall	-	x	x	10 J.	s + f
- aus Kunststoff (Auffangwannen)	a	a	a	10 J.	s + f
- Abdichtungen aus Kunststoff	a	a	a	10 J.	s + f
- aus mineralischen Werkstoffen	-	x	x	10 J.	s + f
Apparative Vorrichtungen					
- Leckanzeigergeräte					
• einwandig	a	-	f	1 J.	f
• doppelwandig mit Alarmeinricht.	a	-	f	2 J.	f
• doppelwandig ohne Alarmeinricht.	a	-	f	k	f
• Flüssigkeitsfühler	a	-	f	2 J.	f
- autom. Füllstandmessgeräte	a	-	f	3 J.	f
- Füllsicherung (Steuergerät / Fühler)	a	-	f	2 J.	f

* WKP = wiederkehrende Prüfungen durch fachkundige Personen (KVU [34-01,34-04])

a Prüfung durch akkreditierte Prüfstelle (KVU [35-1.6])

b Prüfung durch „Benannte Stelle“

d Termin durch Betreiber zu fixieren

f Funktionsprüfung in der Anlage

k monatliche Dichtheitskontrolle des Doppelbodens (Kontrollmessung am Betriebsvakuummeter)

x Prüfung durch den Hersteller/Ersteller

s Sichtprüfung

1) Rohrleitungen, welche unter die DGV [29] fallen, sind nach den Regeln TRIR zu bauen und zu prüfen.

7.4 Dichtheitsprüfung von Schutzbauwerken

Schutzbauwerke sind nach Fertigstellung der Betonierungsarbeiten und periodisch auf Dichtheit zu prüfen. Periodische Prüfungen siehe Kap. 7.3.

Die Wasserhöhe soll dem vorgeschriebenen Fassungsvermögen entsprechen. In Ausnahmefällen (z.B. tief liegende Pumpen in der Wanne, etc.) kann eine Bodenprüfung mit Wasser von mindestens 20 cm Bodenüberdeckung genügen.

Messmethode

Vergleichsbehälter: mindestens 2 in entsprechender Höhenlage festmontierte Behälter von 1.0 x 1.0 x 0.5 m Grösse, platziert an geeignetem Standort (Mitberücksichtigung von Sonne und Wind).

Mess-Stäbe oder gleichwertige Messvorrichtungen an der Behälter-Innen- und Aussenwand mit 1 mm Teilung zur Ermittlung der Verdunstungs- bzw. Regenmenge im Vergleichsbehälter, resp. der Niveauabsenkung in der Tankwanne.

Messprotokoll

Vorzugsweise ist das Messprotokoll gemäss Kap. 7.5 einzusetzen.

Vorhalte- und Prüfdauer

Vorhaltdauer: 5 Tage ab Wasserflutung mit täglich einmaliger Ablesung des Wasserstandes in der Tankwanne. Kürzere Vorhaltdauer (min. 24 h) nur falls Betonsättigung und Temperatenausgleich bestätigt ist.

Prüfdauer:

- 5 Tage mit täglich zweimaliger Ablesung aller Messvorrichtungen.
- 24 h, falls die Messung kontinuierlich aufgezeichnet wird.

Beurteilung der Dichtheit

Die Tankwannen gelten als dicht, wenn unter Berücksichtigung der rechnerisch zu erfassenden Umwelteinflüsse und einer Messtoleranz von +/- 1 mm kein Flüssigkeitsverlust zu verzeichnen ist (Absenkmass 0 mm).

Alternative Dichtheitskontrollen

siehe KVV Richtlinie [35-1.4]

7.5 Messprotokoll

MESSPROTOKOLL : Wannens-Dichtheitsprüfung

Hersteller: _____ Standort / Wannensbezeichnung: _____
 Betreiber: _____

Tage	Vorhaltdauer (5 Tage bzw. 120 Std.)		Prüfdauer (5 Tage bzw. 120 Std.)		Tankwanne [mm]	Vergleichs- Behälter 1 [mm]	Tankwanne [mm]	Vergleichs- Behälter 2 [mm]	Wetter	Visum	Bemerkung
	Datum	Zeit	Datum	Zeit							
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											

Prüfung und Messmethode von Schutzbauteilen nach TRCI Kap. 7.4

Die Richtigkeit dieser Messwerte bestätigen:

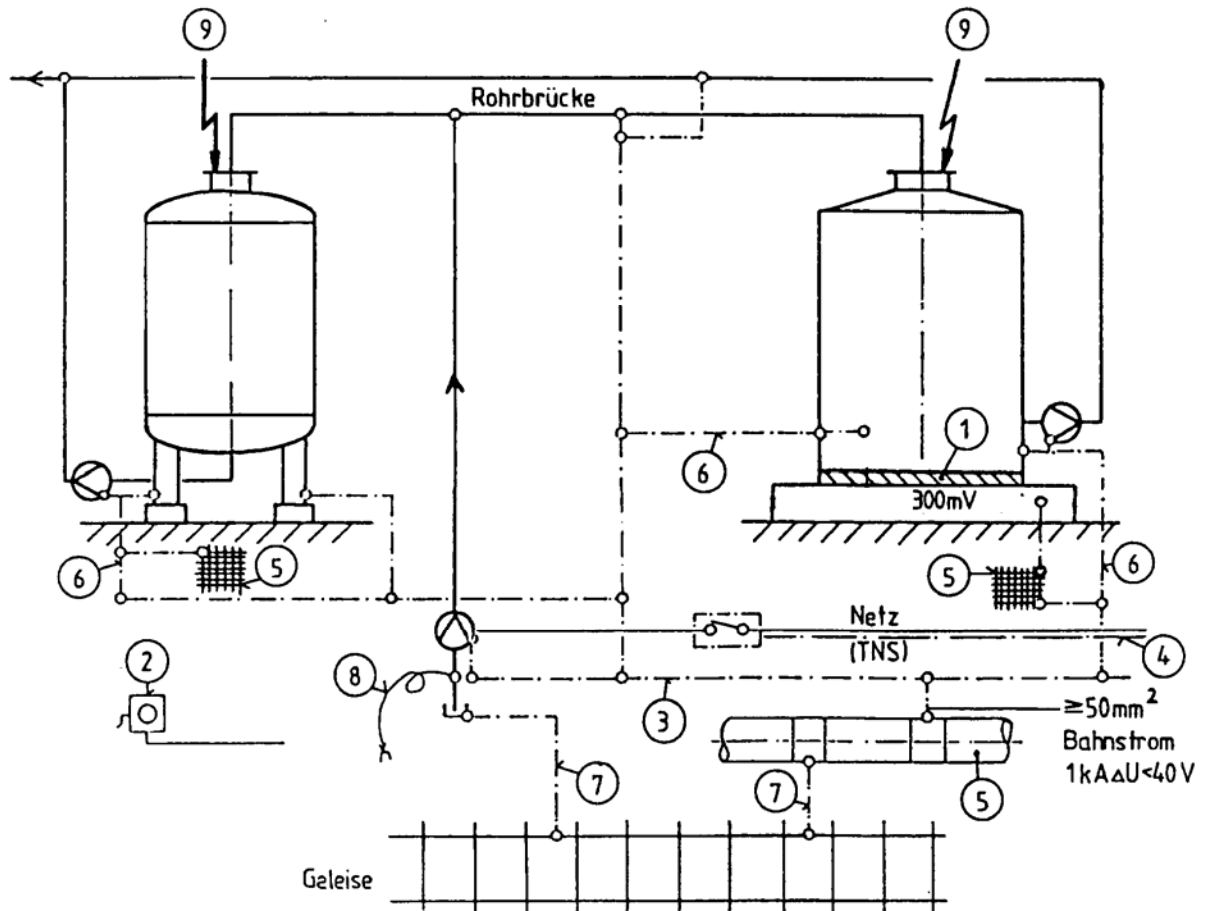
Ort, Datum:

Hersteller:

Betreiber:

Formular: Stand 07/2009

7.6 Massnahmen gegen gefährdende Wirkung des elektr. Stromes



- 1 Elektr. Isolation bei Stehtank. Durchgangswiderstand mind. 100 Ohm (Korrosionsschutz);
- 2 Telefon (Ex-Schutz);
- 3 Erdungssammelleitung $\geq 50 \text{ mm}^2$, Bemessung gemäss NIN [23];
- 4 Schutzleiter der elektrischen Installation, Bemessung gemäss NIN [23];
- 5 Erder, Bemessung gemäss NIN [23];
- 6 Erdungsleitung mind. $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ (Potentialausgleichsleiter), Benzin- und Chemietank mind. 3 Erdverbindungen und Tankdurchmesser $> 20 \text{ m}$ mind. 4 Erdverbindungen;
- 7 Potentialausgleichsleitungen mind. 50 mm^2 , isoliert, gelbgrün, an mind. 2 Stellen Rohrleitungen und Gleis verbinden (nur im Einverständnis mit der zuständigen Bahnverwaltung erlaubt);
- 8 flexible Erdverbindung zwischen Installation und mobilem Behälter, anzuschliessen vor dem Verlegen des Füll- oder Entnahmeschlauches;
- 9 äusserer Blitzschutz (siehe SEV 4022 und SEV 3425 [23]).

7.7 Schutzindizes (zur Bestimmung der min. Brandschutzmassnahmen)

Der Schutzindex DPI (= degree of protection index) ist einerseits ein Mass der Gefahren für Mensch, Umwelt und Eigentum. Andererseits bewertet er auch Geschäftsrisiken wie Betriebsunterbrüche, Verkäufe und Verlust von Marktanteilen.

Das Verhältnis von "Gefahrenpotential/Geschäftsverlust" kann in Form einer Matrix dargestellt werden.

Der Schutzindex DPI ist ein Hilfsmittel für die verantwortliche Geschäftsfunktion, die Auswahl der richtigen Sicherheitsmassnahmen zu treffen. Die Lösungen sollen das Nötige bieten und nicht darüber hinaus gehende mögliche Techniken präsentieren ("nice to have"). Die Beziehung zwischen minimalen Erfordernissen und DPI ist in der unteren Tabelle beschrieben

Vorgehen

Zur Bestimmung des Schutzindex (DPI) einer Anlage, einer Produktion oder eines Infrastrukturgebäudes wird immer erst das realistische Szenario des grössten angenommenen Unfalls (GAU) definiert (worst case scenario).

Die Risikoanalyse, die projektbegleitende Risikoabschätzung und die Versicherungsbewertung (maximale und wahrscheinliche Schadensschätzung) liefern die benötigten Informationen. Alle möglichen aber auch realistischen Schadensfolgen einschliesslich Produktionsausfall und Geschäftsverlust basieren auf diesen Dokumenten.

Matrix

Geschäftsschaden		Produktionsausfall			
		keinen	< 3 Monate	> 3 Monate u. Verlust Verkäufe	> 3 Monate u. Verlust Verkäufe u. Marktanteil
Personen	Kein messbarer Schaden	1	1	2	3
	Personenschäden und/oder Eigentumsverluste	1	1	2	3
Umwelt	Schäden wie oben und /oder Belästigung der Nachbarschaft	2	2	2	3
Eigentum	Bedrohung der Nachbarschaft (Leute und öffentl. Einrichtungen) und/oder ernste Verschmutzung von Boden, Wasser und Luft. Möglicher Entzug der Betriebsgenehmigung	3	3	3	3

Anwendung für Tanklager

DPI	Minimale Sicherheitsmassnahmen	
1	Alarmierung: Löschen/Kühlen: Feuerwehreinsatz:	Meldeknöpfe (nur wenn Personal stets anwesend ist, sonst automatisiert) Teilweise fest installierte Einrichtungen, Monitore 15 - 30 min Anmarsch für externe Wehr
2	Alarmierung: Löschen/Kühlen: Feuerwehreinsatz:	automatisiert Teilweise fest installierte Einrichtungen, Monitore < 10 min Anmarsch für Werksfeuerwehr (wenn nicht möglich, ist ein automatisch oder manuell auslösbares Sprühflutsystem erforderlich)
3	Alarmierung: Löschen/Kühlen: Feuerwehreinsatz:	automatisiert autom. auslösbares Sprühflutsystem oder Wärmedämmung nach BN 111 [36] < 10 min Anmarsch für Werksfeuerwehr

7.8 Berechnung der benötigten Kühlwassermengen

Allgemeines, Definitionen, Basisdaten

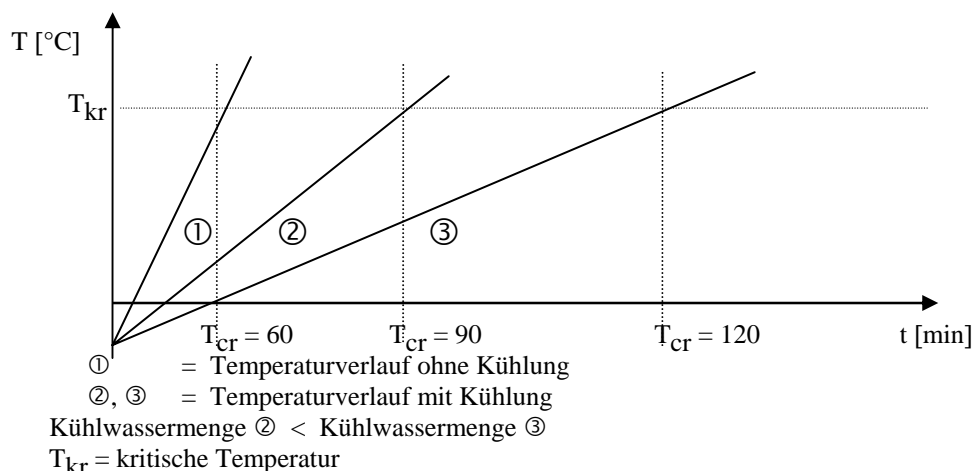
Die Berechnung der benötigten Kühlwassermenge (pro Zeiteinheit und Flächeneinheit Tankoberfläche) ist auf folgende Annahmen gestützt:

Ein von Flammen umgebener Tank kann ungefähr **60 kW/m²** durch die nicht isolierte und durch den Inhalt benetzte Tankoberfläche absorbieren.

Der Inhalt eines von Flammen umgebenen Behälters darf in der zum Feuerlöschen benötigten Zeit keinen kritischen Zustand erreichen. Daher definiert man eine "**kritische Erhitzungszeit**" (T_{cr}) als die Zeit, die nötig wäre, um den Inhalt des Behälters bis zur "kritischen Temperatur" (T_{kr} = Temperatur bei der Dampfdruck = Auslegungsdruck) zu erhitzen. Nach dieser kritischen Zeit wird bei weiterem Heizen der Auslegungsdruck des Behälters überschritten und er kann bersten. Die "kritische Erhitzungszeit" ist eine Funktion der physikalischen Eigenschaften der gelagerten Flüssigkeit (spez. Gewicht, spez. Wärme, T_{kr}), des Wärmeflusses, des Volumens und der Oberfläche des Behälters. Die Charakteristika der Flüssigkeit werden durch die Kennziffer KZ [MJ/m³] (siehe unten) ausgedrückt. Diese Grösse gibt also an, welche Energiemenge einen Kubikmeter der Flüssigkeit auf die "kritische Temperatur" erhitzt.

Mit der Kühlung eines Tanks vergrössert sich die "kritische Erhitzungszeit". Man postuliert, dass die Kühlleistung mindestens so gross sein muss, dass eine "kritische Erhitzungszeit" von 90 - 120 Minuten nicht unterschritten wird. Diese Grössenordnung, die schon einen Sicherheitszuschlag enthält, erlaubt der Feuerwehr auch im schlimmsten Fall mit ihren mobilen Mitteln einen Brand unter Kontrolle zu bringen.

Kritische Erhitzungszeit T_{cr} ohne/mit Kühlung



Dicke des Wasserfilms

Wirksame Kühlung wird nur erreicht, wenn die pro Flächen- und Zeiteinheit aufgespritzte Menge Kühlwasser einen Wasserfilm über die gesamte Tankoberfläche ausbildet. Dieser Wasserfilm sollte mindestens 0.2 mm dick sein. Darunter besteht die Gefahr des Filmrisses und damit örtlich verminderter Kühlleistung. Um auch hier eine Sicherheitsmarge zu haben, wird eine **Filmdicke von 0.4 mm** verlangt.

Das nachstehend angegebene Rechenmodell liefert Angaben über die Filmdicke.

Kühlung von metallischen Strukturen

Die auf metallische Strukturen (Tankfüsse, Halterungen) aufgespritzte Wassermenge darf nie kleiner als **4 l/(min*m²)** sein. Dies entspricht dem NFPA-Standard [14], der besagt, dass darunter die Kühlung nicht mehr gewährleistet ist, und die Tragfähigkeit solcher Strukturen drastisch vermindert wird.

Berechnungsmodell

Für die Berechnung der Kühlwassermenge und der Filmdicke für verschiedene Tankgrößen und Tankinhalte bei verschiedenen kritischen Erwärmungszeiten (T_{cr}) werden folgende Ausgangsgrößen benötigt:

- Behälteroberfläche [m²]
- **Kennziffer KZ [MJ/m³] = $\rho * c_p (T_{kr} - T_{init})$**
 - ρ = Dichte [kg/m³]
 - c_p = spez. Wärme [MJ/(kg*°C)]
 - T_{kr} = kritische Temperatur [°C]
 - T_{init} = Temperatur vor Brand [°C]
- Durchmesser und Höhe des Behälters [m]
- gewählte "kritische Erhitzungszeit" [min], zwischen 90 und 120 min
- absorbierte Wärmemenge [kW/m²]
- Strahlungsintensität

Auslegungsdaten für Installation von Behälterberieselung

Standards für Tankkühlung:

Kühlwassermengen und Auslegungsdaten für die Sprüheinrichtungen wurden berechnet für alle stehenden Tanks der Normgrößen zwischen 25 und 250 m³ (nach BN 110).

Die Fa. CIMO, Monthey, die massgebend bei diesen Untersuchungen beteiligt war, kann die für eine fachlich korrekte Planung benötigte Unterstützung anbieten, auch bei der Auslegung für *nicht normierte* Tanks.

Die Auslegungsdaten beruhen auf folgenden Bedingungen:

Stehende Tanks: Es genügt ein einziger Sprühhing am oberen Rand des Tanks, vorausgesetzt die Dicke des Wasserfilms beträgt ≥ 0.4 mm und dieser wird nicht durch Hindernisse am Tank gestört. Um mit der ermittelten Kühlwassermengen einen ausreichende Schutz zu erhalten, ist eine gleichmässige Verteilung des Kühlwassers notwendig. Sie wird massgebend durch die Wahl der Anordnung, die genügende Anzahl und den passenden Typ der Düse bestimmt. Ebenso wichtig ist die richtige Wahl des Vordrucks an jeder Düse und Dimensionierung des Leitungssystems. Die Böden und die Füsse des Tanks müssen direkt mit Düsen besprüht werden, falls sie nicht durch andere Massnahmen geschützt sind.

Die für verschiedenste Tankgrößen, variierende KZ und T_{cr} berechneten Resultate können nachfolgenden Nomogrammen entnommen werden.

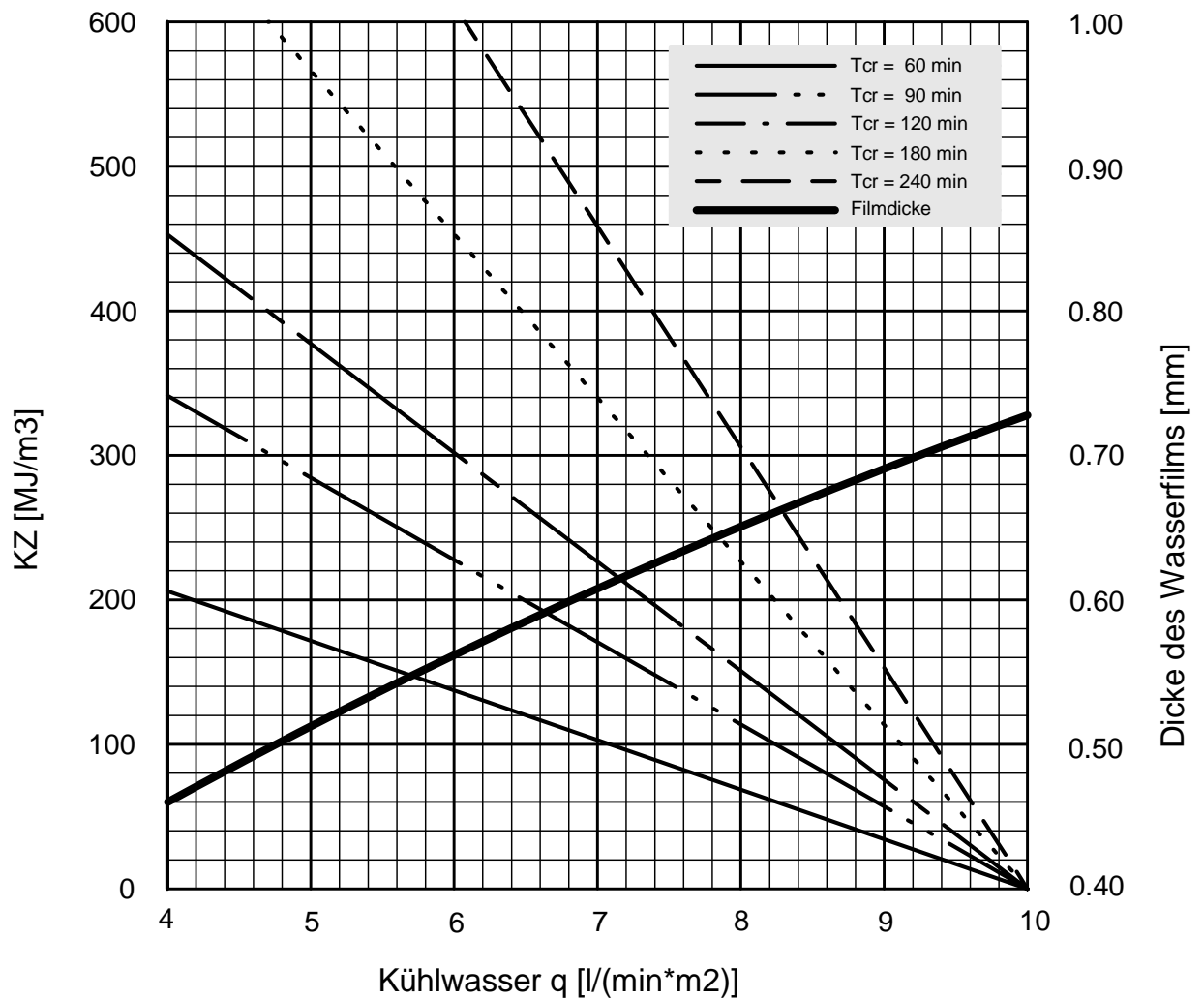
Als Beispiel sei hier die Modellrechnung für einen 25 m³ Tank (entspr. BN 110) gezeigt.

Beispiel:	Gegeben:	$T_{cr} = 120$ min., KZ = 150 MJ/m ³
	<u>Resultat:</u>	$q = 8$ l/(min * m ²), Filmdicke $d_w = 0.65$ mm

Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [T_{cr}].Strahlungsintensität 63 kW/m²

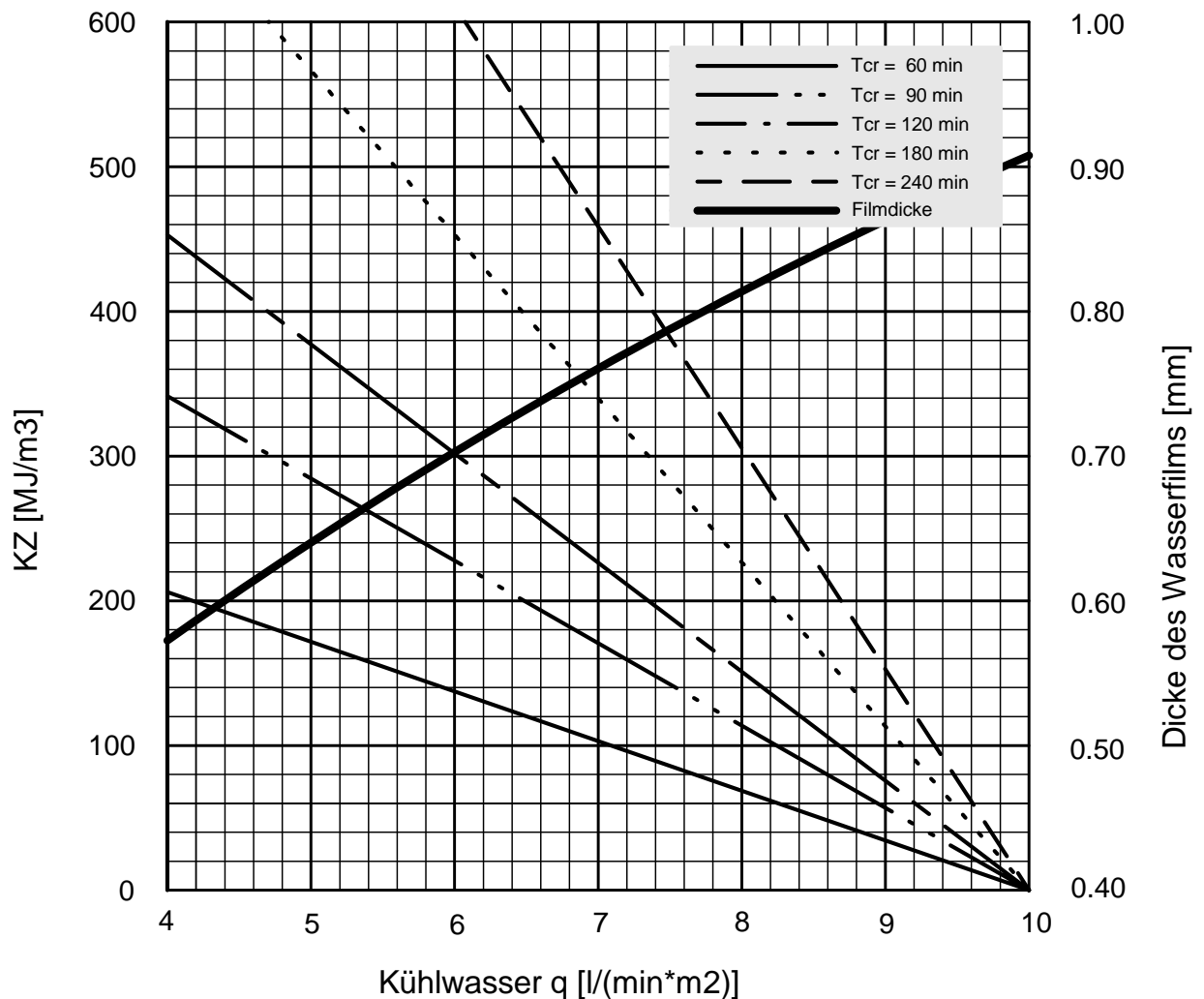
Behältertyp	BN110
Volumen	25 m ³
Durchmesser	2.4 m
Höhe	6.4 m
Oberfläche	48.3 m ²



Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [Tcr]Strahlungsintensität 63 kW/m^2

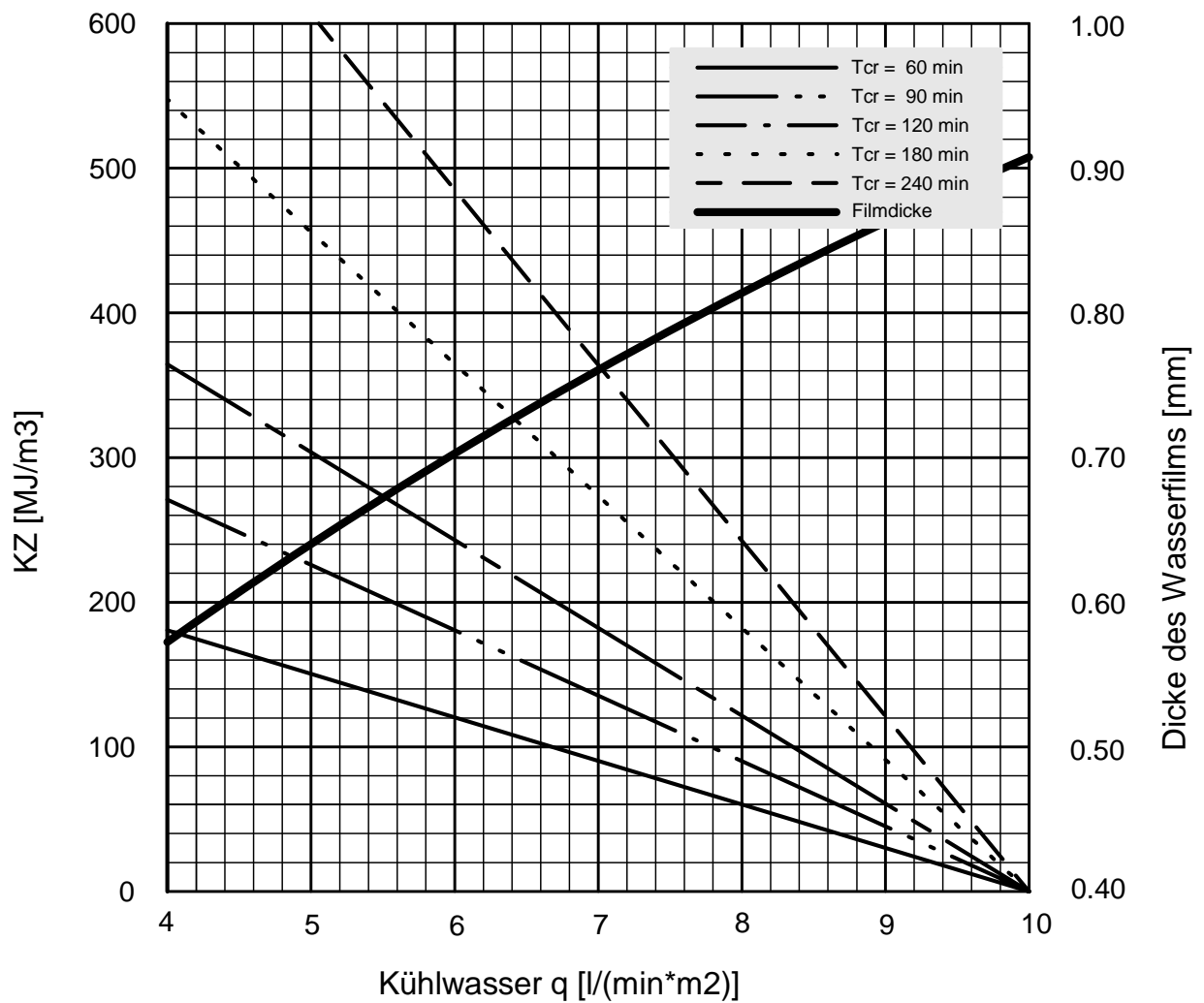
Behältertyp	BN110
Volumen	40 m³
Durchmesser	2.4 m
Höhe	10 m
Oberfläche	75.4 m ²



Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [T_{cr}].Strahlungsintensität 63 kW/m²

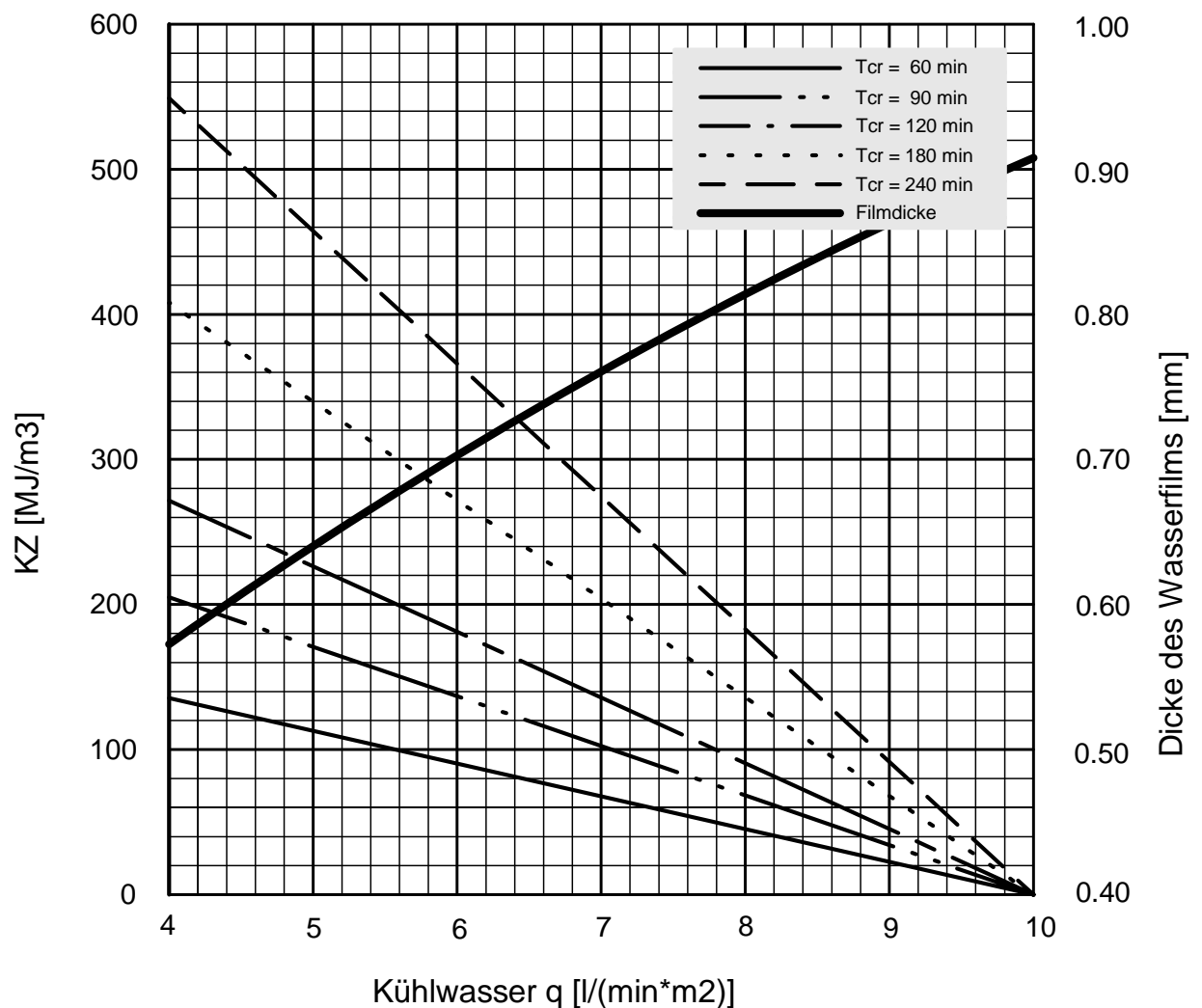
Behältertyp	BN110
Volumen	63 m³
Durchmesser	3.0 m
Höhe	10 m
Oberfläche	94.2 m ²



Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [T_{cr}].Strahlungsintensität 63 kW/m²

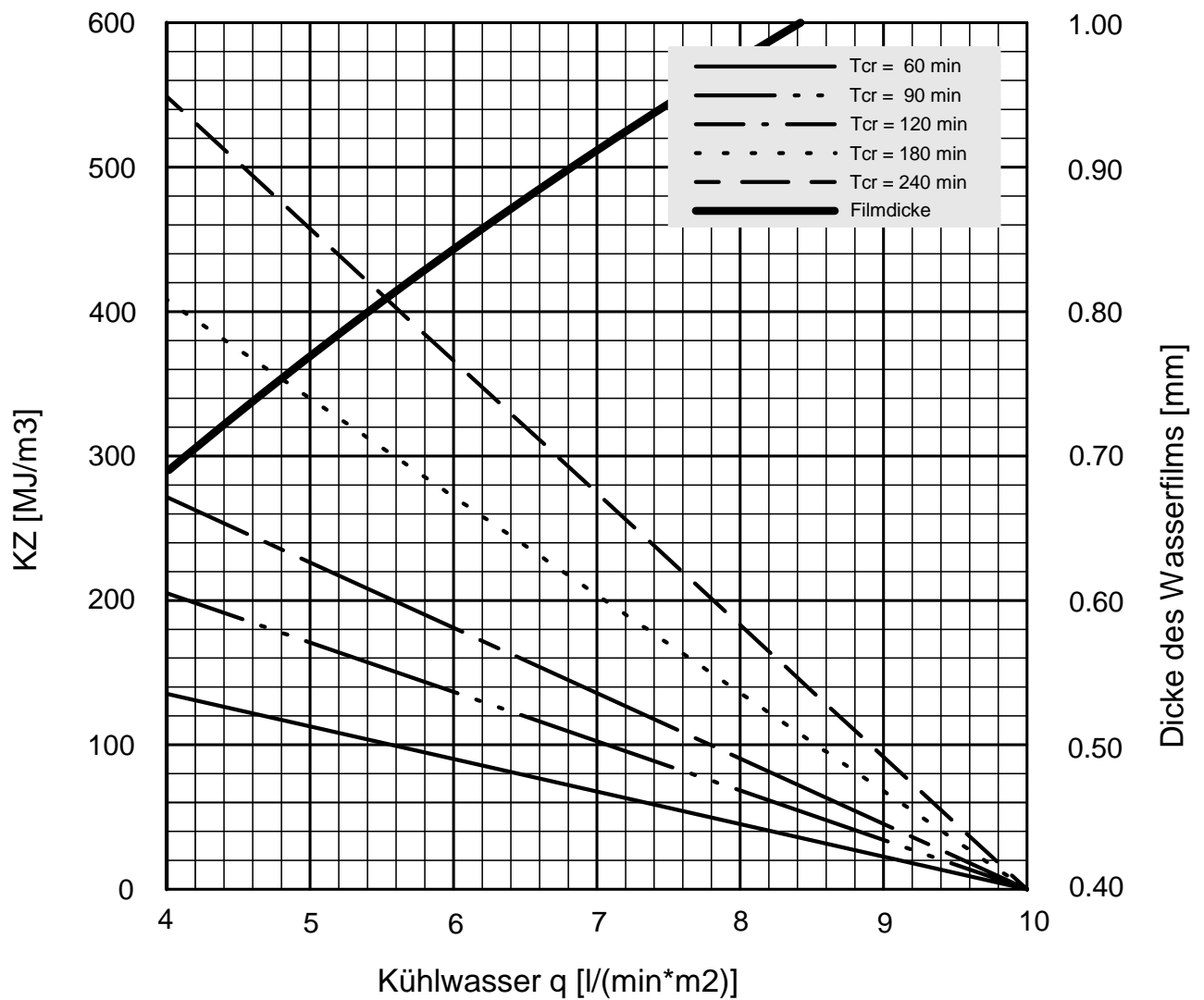
Behältertyp	BN110
Volumen	100 m³
Durchmesser	4.0 m
Höhe	10.0 m
Oberfläche	125.7 m ²



Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [T_{cr}].Strahlungsintensität 63 kW/m²

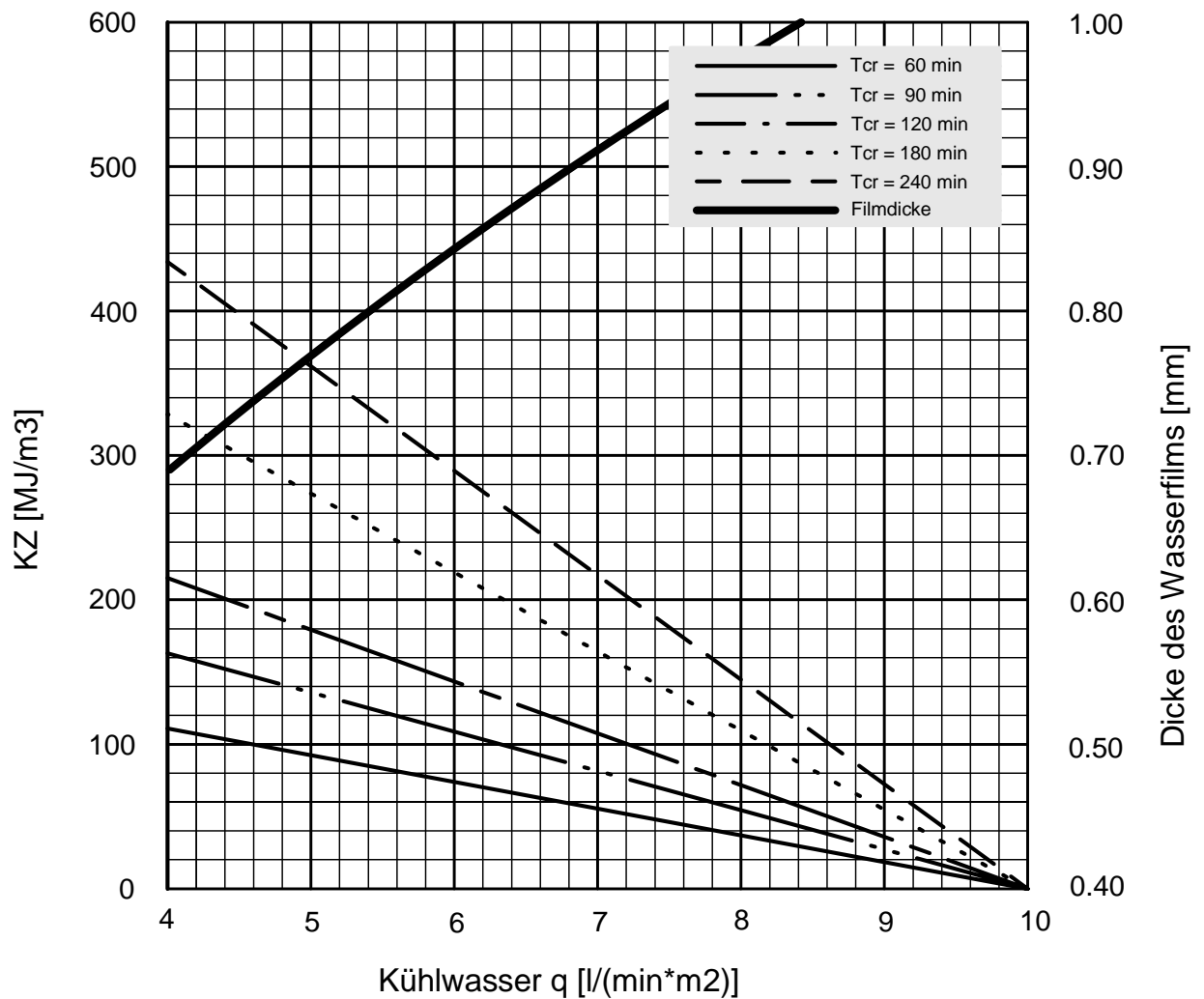
Behältertyp	BN110
Volumen	160 m³
Durchmesser	4.0 m
Höhe	14.4 m
Oberfläche	180.3 m ²



Brandschutz - Behälterkühlung

Minimale Kühlwassermenge in Abhängigkeit der volumenbezogenen Energie [KZ] und der kritischen Erwärmungszeit [Tcr].Strahlungsintensität 63 kW/m²

Behältertyp	BN110
Volumen	250 m ³
Durchmesser	5.0 m
Höhe	14.4 m
Oberfläche	245.8 m ²



7.9 Begriffe zur Konzipierung von Tankanlagen

Anlage: _____

Produkt: _____

Produktdaten

chemische Zusammensetzung
 Giftklasse, Toxizität
 GMP (Reinheitsweisungen)
 Dichte
 Schmelzpunkt
 Viskosität
 Dampfdruck
 Flammpunkt
 Zündtemperatur
 neigt zu Zersetzung
 neigt zu Polymerisation
 neigt zu Entmischung
 neigt zu Schaumbildung
 wärmeempfindlich
 kälteempfindlich
 wasserempfindlich

Gewässerschutz

Schutzbereich/-zone
 Wassergefährdungsklasse
 Leckvorsorge
 Alarmeinrichtung
 Füllsicherung
 Wanne (Rückhaltevolumen)
 Schale
 Ableitfläche (Spritzparabel)
 Löschwasser-Rückhalteräume

Brandschutz

Gefahrklasse
 Explosionsschutz-Einrichtung
 Inertisierung
 Flammendurchschlagsicherung
 Berieselungsanlage
 Schaumlöscheinrichtung
 Alarmeinrichtung
 Fire-safe-Armaturen
 Wärmedämmung
 Brandschutzanstrich
 Brandabschnitte
 statische Elektrizität
 Schutzabstände
 Ex-Zonen-Einteilung

Luftreinhalung

LRV-Klasse, -Grenzwerte
 Über-/Unterdruckventil
 Gaspendelleitung
 Einfüll-/Lagertemperatur
 Wärmedämmung
 Abgasentsorgung

Behälterdaten

Werkstoff
 Behältergrösse
 Aufstellungsraum, -ort
 Aufstellungsart (stehend/liegend)
 Behältertyp (gewölbte/flache Böden)
 Bauart: - druckstossfest
 - nicht druckstossfest
 Konstruktionsüberdruck (BN76/BN98)
 Unterdruck (zulässiger)
 Beheizungsvorrichtung
 Abnahmepflicht (SVTI)

Behälteranschlüsse

Mannloch
 Füll-/Entnahmestutzen
 Be-/Entlüftungsstutzen
 Stutzen zur Probeentnahme
 Stutzen für Mess- und Regeltechnik

Betrieb

Reinigungsmöglichkeiten
 vollständige Entleerung
 Füll-/Entleerungsgeschwindigkeit

Sonstige Angaben

Aussenanstrich
 Meteo; max. Schnee- und Windlast
 Erdbeben - Zone (SIA 162)
 - Bauwerksklasse
 - Installationsklasse
 Umgebung - Gebäude
 - Strassen, Plätze
 - Nachbarbetriebe
 - Umschlagplätze
 - Bahnanlagen
 - Starkstromanlagen
 Sicherung gegen Aufschwimmen

Bemerkungen: Die angegebenen Begriffe bzw. Stichworte dienen als Arbeitshilfe und sind nicht abschliessend.

7.10 Grundlagen (Gesetze, Verordnungen, Vorschriften, Richtlinien)

- [1] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24.01.1991 (Stand 01.08.2008), SR 814.20;
- [2] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28.10.1998 (Stand 01.07.2008), SR 814.201;
- [3] Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz USG), 07.10.1983, SR 814.01;
- [4] Liste der wassergefährdenden klassierten Flüssigkeiten (BUWAL), (Stand 01.01.1999);
- [5] Luftreinhalteverordnung (LRV) vom 16.12.1985;
- [6] Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung UVPV, 19.10.1988;
- [7] Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV), 27.02.1991, SR 814.012;
- [8] CARBURA-Richtlinien, Teil I Gewässerschutz (2008);
- [9] Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF)
 - Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften, Feuer- und explosionsgefährliche Stoffe und Waren (Ausgabe 1984);
 - Brandschutzrichtlinie, Flucht- und Rettungswege, 16-03;
 - Brandschutzrichtlinie, Sprinkleranlagen, 19-03;
 - Brandschutzrichtlinie, brennbare Flüssigkeiten, 28-03;
 - Zuordnungstabelle: Klassierung VKF => Klassierung EN
- [14] NFPA 15, Standard for Water Spray fixed Systems for Fire Protection, edition 1996 (Normen der National Fire Protection Association);
- [15] *TRbF 20*, Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten, Läger, Kap.9 Ausrüstung von Tanks (2001);
- [16] SUVA-Richtlinien:
 - *Form 1416*: Richtlinien betreffend Arbeiten in Behältern und engen Räumen;
 - *Form 1469*: Sicherheitstechnische Kenngrößen von Flüssigkeiten und Gasen;
 - *Form 1825*: Richtlinie Brennbare Flüssigkeiten, Lagern und Umpumpen;
 - *Form 1903*: Grenzwerte am Arbeitsplatz;
 - *Form 1941*: Richtlinie Flüssiggas, Teil 1 Behälter, Lagern, Umschlag und Abfüllen;
 - *Form 2153*: Explosionsschutz: Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen;
- [17] Schriftenreihe der Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz (ESCIS):
 - *ESCIS, Heft 2*, 1997, "Statische Elektrizität - Regeln für die betriebliche Sicherheit" (4. Auflage);
 - *ESCIS, Heft 3*, 1992, "Inertisierung - Methoden und Mittel zum Vermeiden zündfähiger Stoff/Luft-Gemische" (2. überarbeitete Auflage);
 - *ESCIS, Heft 4*, 1996, "Einführung in die Risikoanalyse" (3. überarbeitete Auflage);
 - *ESCIS, WL 1*, "Wegleitung für den Brandschutz und die Brandbekämpfung in Freiluft-

-
- tankanlagen im Inneren von Fabrikarealen der chemischen Industrie", 1990;
 - ESCIS, Bulletin 4, Schlauchleitungen/-verbindungen;
- [18] Verordnung 4 vom 18.08.1993 zum Arbeitsgesetz, Stand 1. Juni 2009
- [19] CSME, Regeln der Technik für Spezialfüllsicherungen;
- [20] ISO 28300, Erdöl, petrochemische und Erdgasindustrie – Be- und Entlüftung von Lager-tanks mit atmosphärischem Druck und niedrigem Überdruck;
- [21] SBB-Vorschrift Nr. EB-IB 01/04 vom 01.01.2004 (Tankanlagen im Bereich von Bahnanla-gen);
- [23] Eidgenössisches Starkstrominspektorat (ESTI)
- Weisungen 503.0703 für Schutzmassnahmen gegen gefährdende Wirkungen des elek-trischen Stromes in Tankanlagen mit und ohne Bahnanschluss (WeT) vom Juli 2003;
 - Verordnung über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Strom-anlagen (Starkstromverordnung) vom 07.07.1933 (Stand 01.04.1985);
 - Erden als Schutzmassnahme in elektrischen Starkstromanlagen SEV 3755, 1999;
 - Leitsätze des SEV: Lösungsmöglichkeiten für die Erdung mit und ohne Benützung des Wasserleitungsnetzes. SEV 4118, 1987;
 - Leitsätze des SEV: Blitzschutzanlagen SEV 4022, 1987;
 - Regeln des SEV: Zusätzliche Blitzschutzmassnahmen bei der Einführung von elektri-schen Leitungen in oberirdische Behälter mit Lagergut, dessen Flammpunkt unter 55 °C liegt SEV 3425, 1982;
 - Niederspannungsinstallationsnorm (NIN) SEV 1000:2010
- [24] SVTI-Regelwerke
- T2 Regeln der Technik für die statische Berechnung, Dimensionierung, Ausführung und Prüfung von mittelgrossen prismatischen Tanks aus Stahl;
 - T5 Regeln der Technik für Berechnung, Ausführung und Prüfung von vertikalen zylin-drischen Tanks aus Stahl mit flachem Boden (Stehtanks);
- [25] Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein
- SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke;
 - SIA 261-1 Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen;
 - SIA 262 Betonbau;
 - SIA 262-1 Betonbau – Ergänzende Festlegungen;
- [26] VDI-Richtlinien
- VDI 3479 Emissionsminderung - Raffinerieferne Mineralöltanklager;
 - VDI 2263 Blatt 2: Inertisierung,
 - VDI 2263 Blatt 3: Explosionsdruckstossfeste Behälter und Apparate,
- [27] Europäische Norm
- EN 206-1 Beton Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität;
 - EN 60079-0 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche;
 - EN 62305-1 bis 4 Blitzschutz Teil 1 bis 4;
 - EN 12285-1 Werksgefertigte Tanks aus Stahl - Teil 1:
Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur unterirdischen
Lagerung von brennbaren und nicht brennbaren wassergefährdenden

- EN 12285-2 Flüssigkeiten;
Werksgefertigte Tanks aus Stahl - Teil 2:
Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nicht brennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten;
 - EN 12845 *Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Automatische Sprinkleranlagen – Planung, Installation und Instandhaltung*;
 - EN 12874 Flammendurchschlagsicherungen - Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen;
- [28] Deutsche Norm
- DIN 2823 Schlauchleitungen aus Elastomeren oder Thermoplasten für brennbare und nichtbrennbare wassergefährdende Stoffe;
 - DIN 2827 Schlauchleitungen aus nichtrostenden Stählen für chemische Stoffe;
 - DIN 4754 Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern;
- [29] Verordnung über die Sicherheit von Druckgeräten (Druckgeräteverordnung, DGV) vom 20.11.2002 (Stand 14.01.2003), SR 819.121, bzw. PED 97/23/EG, Pressure equipment Directive, daraus erarbeitet die TRIR: "Technische Regeln industrieller Rohrleitungen";
- [30] Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft, "Contact" Dezember 1986 (Sicherheitsabstände aufgrund der Wärmestrahlung);
- [31] BG Chemie Merkblatt T002 9/95, Schlauchleitungen, sicherer Einsatz;
- [32] ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG ("ATEX 95") zur Angleichung der Rechtsvorschriften der EG-Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen;
(Directive 94/9/EC of the European Parliament and the Council of 23 March 1994 on the approximation of the laws of the member states concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres);
- [33] Verordnungen des Bundes
- SR 734.0 (EleG) vom 24.Juni 1902 Elektrizitätsgesetz
 - SR 734.1 Schwachstromverordnung vom 30.3.1994 (Stand 1.1.2008)
 - SR 734.2 Starkstromverordnung vom 30.3.1994 (Stand 20.1.1998)
 - SR 734.6 (VGSEB) Verordnung über Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen vom 02.03.1998 (Stand 01.01.2008);
- [34-] KVU, Vollzugsordner 1 (Auszug, 2008), Vollzugsblatt
- 01 Melde- und Bewilligungspflicht
 - 01-1 Übersichtstabelle zu Vollzugsblatt 01 (Achtung: Dokument wird möglicherweise geändert, da in Grundwasserschutzzone S2 ein generelles Bauverbot gilt)
 - 02 Katasterführung durch die Vollzugsbehörde
 - 03 Überwachung der Kontrollpflicht bei Lageranlagen
 - 04 Überwachung der Kontrollarbeiten / Ausbildung
 - 05 Stand der Technik
 - 06 Übergangsregelungen
- [35-] KVU, Vollzugsordner 2 (Auszug, 23.12.2008), Richtlinien:
- 1.1 Gewässerschutzmassnahmen bei Lageranlagen und Befüllen der Lagerbehälter

- 1.2 Rohrleitungen zu Lageranlagen
- 1.3 Einrichtungen zu Lageranlagen
- 1.4 Schutzbauwerke aus Beton von Lageranlagen und Umschlagplätzen
- 1.5 Kontrollarbeiten an Lageranlagen
- 1.6 Prüfung der Anlageteile und Dokumentieren der Prüfungsergebnisse
- 4 Glossar für Tankanlagen
- 5.1 Regeln der Technik

[36] BCI Standards

- *BN 55* Thermische Dämmungen, Rohrleitungen
- *BN 56* Thermische Dämmungen, für Rohrleitungen und Apparaten im Freien
- *BN 58* Thermische Dämmungen, Apparate
- *BN 76* Lagertanks: Berechnung der Wanddicke
- *BN 98* Ex-druckstossfeste Behälter u. Apparate für brennbare Flüssigk. u. Stäube
- *BN 110* Lagertanks Stnr, druckstossfest
- *BN 111* Wärmedämmung mit Brandschutz für Lagertanks
- *TI BCI 8* Erdungskonzept / Elektrostatik
- *TR BCI 119* Erdung – EMV – Richtlinie für den Bereich Chemieanlagen
- *TR BCI 151* Leitfaden der BCI zur Umsetzung der Pressure Equipment Directive 97/23/EG (PED) resp. Druckgeräteverordnung (DGV)
- *TR BCI 155* Umsetzung der ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG ("ATEX 137") in der Basler Chemischen und Pharmazeutischen Industrie (BCI)

7.11 Abkürzungen

7.11.1 Abkürzungen für Ämter, Verordnungen, Fachinstanzen, etc.

BCI	Basler Chemische Industrie
BN	Basler Normen
BAFU	Bundesamt für Umwelt (früher BUWAL)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heute BAFU)
CR	CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen
CSME	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA
DGV	Druckgeräteverordnung
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Normen
ESCIS	Expertenkommission für Sicherheit in der Chem. Industrie der Schweiz
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
GSchG	Gewässerschutzgesetz
GSchV	Gewässerschutzverordnung
ISO	International Organization for Standardization
KVU	Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz
KVS	Kunststoff Verband Schweiz (formals VKI)
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
NFPA	National Fire Protection Association
PED	Pressure Equipment Directive
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
SIA-Norm	Norm des Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Vereins
Sicherheits-	
institut	Schweizerisches Institut zur Förderung der Sicherheit (Swissi)
StFV	Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung)

SR	Schweizer Recht
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
TI BCI	Technische Informationen BCI
TR BCI	Technische Regeln BCI
TRIR	Technische Regeln industrielle Rohrleitungen
TRbF	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
TRCI	Tanklager-Richtlinien für die chemische und pharmazeutische Industrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
VKI	siehe KVS

7.11.2 Technische Abkürzungen

D	Tankdurchmesser, Rohrdurchmesser
L	Länge, Rohrlänge
MSR	Messen, Steuern, Regeln
NBG	Nachbarschaftsgefährdung
PN	Nenndruck
W_R	Gesamtwärme-Remissionsgrad
p_s	zulässiger Betriebsdruck (nach DGV / PED)

Brandschutz

DPI	degree of protection index
EI 90 (nbb)	Brandwiderstand für Bauteile während 90 Minuten
REI	R entspr.: tragende Bauteile (siehe auch VKF, Fachkommission Bautechnik, Zuordnungstabelle: Klassierung VKF => Klassierung EN)

Gewässerschutz

A_o	Gewässerschutzbereich oberirdisch (siehe GSchV Art. 29)
A_u	Gewässerschutzbereich unterirdisch (siehe GSchV Art. 29)
Z_o	Zustrombereich oberirdisch (siehe GSchV Art. 29)
Z_u	Zustrombereich unterirdisch (siehe GSchV Art. 29)

7.11.3 Werkstoffabkürzungen

Cu	Kupfer
Stnr	rostfreier Stahl

7.12 Stichwortverzeichnis

Begriffe	Seite	Seite	
Abblasleitungen.....	31	Betriebsvorschrift.....	37
Abdeckflüssigkeit.....	35	Bewilligung.....	44, 45
Abfüllsicherungen.....	47	Blitzschutz.....	37, 56
Abfüllstelle.....	10	Boden.....	6, 21, 57, 68
Abgasentsorgung.....	35, 66	Brandabschnitt.....	43
Abkürzungen.....	70, 71	Brandbekämpfung.....	8, 9, 40, 41, 68
Ableitfläche.....	66	Brandschutz.....	4, 6, 24, 34, 39, 40, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68
Abnahme.....	19, 45	Brandschutzeinrichtung.....	38, 39
Abschränkungen.....	37	Brandschutzmassnahmen.....	39, 43, 57
Absperrarmatur.....	30	Brennstoff.....	30
Absperrarmaturen.....	29	Dämmstoffe.....	24, 25
Abstand.....	11, 12, 13, 14, 15, 23	Dämmung.....	25
Abtrennung.....	8	Dampfdruck.....	34, 35, 58, 66
Alarmierung.....	33, 39, 57	Deckanstrich.....	23
Anforderung.....	11, 24	Dichtheit.....	10, 29, 45, 47, 53
Anlagen.....	4, 6, 15, 16, 19, 27, 31, 35, 36, 39, 45, 46, 47, 48	Dimensionierung.....	27, 59
Anlagen im Freien.....	6, 15	Doppelboden.....	20
Anordnung.....	8, 27, 42, 59	Doppelmantel.....	20, 22, 25
Ansprechdruck.....	23, 29	drucklos.....	21
Anstrich.....	23, 24	druckstossfest.....	20, 21, 52, 66
Anwendungsbereich.....	4	Durchflusswächter.....	32
Arbeitsschutz.....	4	elektrische Heizung.....	22
Armatur.....	30, 31	elektrische Leitung.....	37
ATEX.....	32, 37, 69	elektrostatische Aufladung.....	37
Atmungsverlust.....	34	Emissionserklärung.....	44
Auffangbassin.....	17	Emissionsminderung.....	68
Auffangschale.....	18	Energieausfall.....	37
Auffangvolumen.....	18	Entwässerung.....	9, 12, 17
Auffangwanne.....	17, 18, 40, 41	Erdbeben.....	16, 19, 20, 25, 43, 66
Aufschwimmen.....	66	Erdung.....	68
Auskleidung.....	52	erdverlegt.....	6, 44
Ausserbetriebsetzung.....	48	erdverlegte.....	25, 33
Autobahnen.....	12, 13	Ereignisbekämpfung.....	9
Baubegehren.....	44	Explosionsgefahr.....	36
Bauherrschaft.....	44	Ex-Schutz.....	32
Baulinie.....	11, 15	Fachinstanzen.....	70
Bauprüfung.....	19	Farbe.....	34
Bauwerk.....	10	Fassungsvermögen.....	44
Beatmung.....	23	Festigkeitsberechnung.....	21
Begasung.....	23	Feuergefährlichkeit.....	6, 8
Behälter.....	6, 20, 21, 27, 33, 38, 39, 44, 46, 53, 55, 67, 68	Feuerwehr.....	4, 39, 41, 48, 58
Behörde.....	36, 44, 45	Flammendurchschlagsicherung.....	66
Beleuchtung.....	38	Flammpunkt.....	6, 22, 30, 37, 66, 68
Belüftung.....	10, 27, 42	Flüssiggas.....	67
Belüftungsbohrung.....	26	Flüssiggase.....	4
Bemessung.....	16, 19, 20	Flüssigkeitsverlust.....	53
Berechnung.....	11, 20, 21, 22, 24, 41, 42, 58, 59	Förderpumpen.....	37
Beschäumung.....	17, 39, 40, 41	freistehend.....	6
beschichtet.....	24	Fremdparzelle.....	11
Beschichtungen.....	18	Füllgrad.....	24, 35, 42
Betreiber.....	36, 45, 52	Füllsicherung.....	33, 45, 52, 66
Betrieb.....	4, 10, 16, 32, 38, 42, 44, 45, 46, 48, 66, 68	Funktionskontrolle.....	46, 47
Betriebsbewilligung.....	44, 45	Gasmeldeanlage.....	42
Betriebspersonal.....	39	Gaspendelleitung.....	66
Betriebstanklager.....	2, 4	Gebindelager.....	6, 11, 12
		Gefahrklasse 5, 6, 8, 10, 12, 15, 17, 21, 42, 43, 44, 66	

Gelenkrohre.....	26	Reduzierventil.....	23
Gewässerschutz.....	5, 66	Regenwasser.....	27
Gewässerschutzzone.....	8	Risikoanalyse.....	57, 67
Grösse.....	8, 10, 18, 44, 53, 58	Risikobeurteilung.....	8, 25
Grosstank.....	8, 20	Rohrleitung.....	25, 26, 27, 31
Grundlagen.....	4, 67	Rückhalteraum.....	16, 17, 18, 40, 42
Heizen.....	58	Schaummittel.....	39, 40, 41, 42
Heizung.....	31	Schutzabstand.....	11, 12, 13, 15
Hersteller.....	19, 21, 45	Schutzbauwerk.....	10, 16, 27
Immission.....	8	Schutzmassnahme.....	68
Inbetriebnahme.....	45	Schwimmdach.....	21, 35
Inertisierung.....	8, 21, 22, 66, 67	Sicherheitsmassnahmen.....	8, 26, 29, 37, 43, 57
Inhaber.....	19, 47	Sichtkontrolle.....	10, 31, 47
Installation.....	40, 55, 59	Spritzparabel.....	9, 11, 66
Isolation.....	41, 42, 55	Sprühflutanlage.....	29, 35, 40, 42
Kanalisationsbegehren.....	44	Sprühwasser.....	41
Kesselwagen.....	15, 18, 26	Standortwahl.....	8
Klassierung.....	6, 8	Stehstank.....	55
Kondensat.....	35	Stickstoff.....	8, 35
Kontrolle.....	31, 58	Störfallverordnung.....	4, 39, 44, 67, 71
Konzipierung.....	2, 66	Strom.....	32
Korrosionsschutz.....	18, 55	Tankabstand.....	12, 13
Lagerbehälter.....	6, 10, 20, 21, 22, 23, 25, 45, 52, 70	Tankanlage.....	9, 17, 42
lagergutbeständig.....	10, 16	Tankanstrich.....	23
Lagertanks.....	9, 10, 11, 13, 21, 22, 32, 33, 34, 46	Tankatmung.....	35
Leckagen.....	17, 40	Tankberieselung.....	35
Leckanzeigesystem.....	6, 33, 46	Tankfahrzeug.....	26
Leichtes Erkennen.....	5	Tankkühlung.....	24, 40, 41, 42, 59
Löschmittel.....	8, 9	Tanklager 1, 4, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 57, 71	
Löschwasser.....	18, 39, 66	Tankoberfläche.....	34, 58
Löschwasserrückhalt.....	16, 18	Tankwanne.....	11, 17, 18, 39, 53
LRV.....	4, 6, 34, 35, 51, 66, 67, 70	Temperatur.....	30, 34, 58, 59
Luftreinhalteverordnung.....	4, 6, 67	Temperaturabsicherung.....	33
Lüftung.....	10, 42	thermische Dämmung.....	11, 14, 24, 34
Luftwechsel.....	11, 42	Transportbehälter.....	33, 43
Mannloch.....	15, 20, 66	Trockenlaufsicherung.....	32
Messen, Steuern, Regeln.....	71	Über-/Unterdruck.....	66
Mindestabstand.....	13	Überdachung.....	17, 35
mit gewölbten Böden.....	52	Überströmventil.....	23
mittelgrosse Tanks.....	20	Umgebung.....	8, 9, 12, 38, 66
Nachbarparzelle.....	11, 15	Umweltverträglichkeit.....	41
Nachbarschaft.....	38, 57	Untenauslauf.....	29, 46
Nennvolumen.....	20	Verordnung.....	4, 38, 67, 68, 69, 70, 71
Niveaumessung.....	32	Verordnungen.....	4, 16, 67, 70
Nutzvolumen.....	4, 6, 20, 21, 22, 33, 45	Volumenstrom.....	29, 31
Oberflächentemperatur.....	22, 24	Wanne.....	9, 42, 66
Pendelleitung.....	34	Wannenbeschäumung.....	40, 41, 42
Personenschutz.....	4, 26, 43	Wärmestrahlung.....	69
Plangenehmigungsverfahren.....	4	Wärmetauscher.....	22
Planmässige Anordnung.....	8	Wartung.....	5, 9, 16, 31, 45, 46
Prallblech.....	9	Wassermenge.....	42, 58
Prüfbehörde.....	30	Werkstoff.....	66
Prüfbericht.....	52	Werkstoffabkürzungen.....	71
Prüfbescheinigung.....	22, 33	Zoneneinteilung.....	36
Prüfprotokoll.....	19, 45	Zufahrt.....	38
Prüfung.....	16, 19, 21, 22, 25, 27, 38, 46, 47, 52, 70	Zugänglichkeit.....	9, 10, 12, 17
Prüfverfahren.....	19, 45, 52	Zündtemperatur.....	66
Pumpe.....	32, 34	zurückhalten.....	16
Pumpensumpf.....	17		