



Fünfte Ausgabe
September 2016



**Leitfaden
für die Lagerung von
und Umgang mit
Chlorierten Lösemitteln**

INHALTSVERZEICHNIS

EINFÜHRUNG IN DIE 5. AUSGABE	1
ABKÜRZUNGEN.....	3
1. PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG	4
2. LAGERUNG.....	6
2.1 EMPFOHLENE WERKSTOFFE FÜR LAGERBEHÄLTERFÜR	6
2.2 TANKLAGERUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITTELN	6
3. ENTLADEN VON ALS MASSENGUT GELIEFERTEM LÖSEMITTEL	21
3.1 ENTNAHME VON LÖSEMITTELPROBEN	21
3.2 VORBEREITUNG ZUM ENTLADEN	22
3.3 ENTLADESCHLAUCH.....	23
3.4 ENTLADEN VON EISENBAHN-TANKWAGEN.....	24
3.5 ENTLADEN AUS STRABENTANKWAGEN	25
3.6 VORGEHEN NACH DEM ENTLADEN	26
4. ABFÜLLEN AUS LAGERTANKS IN KLEINERE TRANSPORTBEHÄLTER.....	27
4.1 MATERIALIEN FÜR KLEINE TRANSPORTBEHÄLTER.....	27
4.2 GESETZLICHE ANFORDERUNGEN AN KLEINE TRANSPORTBEHÄLTER	27
4.3 UMVERPACKUNG.....	28
5. EMPFEHLUNGEN FÜR DEN UMGANG MIT FÄSSERN UND KLEINGEBINDEN.....	29
5.1 LAGERUNG VON FÄSSERN	29
5.2 VERSETZEN VON FÄSSERN	29
5.3 ENTLADEN	29
5.4 HANDHABUNG VON LEEREN FÄSSERN	31
5.5 LAGERUNG VON FÄSSERN MIT LÖSEMITTELABFALL	31
6. WARTUNG.....	32
7. SICHERHEITSVORKEHRUNGEN BEI DER REINIGUNG UND DEN REPARATUREN VON TANKS	33
8. RECYCLING UND ENTSORGUNG VON VERBRAUCHTEN LÖSEMITTELN UND RÜCKSTÄNDEN	34
9. EMPFEHLUNGEN FÜR REINIGUNGSMASCHINEN ZUR NUTZUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITTELN BEI DER TEXTIL- UND OBERFLÄCHENREINIGUNG	35
ANLAGEN.....	42
A.1. ENTZÜNDBARKEIT UND ZERSETZUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITTELN	43
A.2. Typische Eigenschaften chlorierter Lösemittel	44
A.3. Stichprobenverfahren (schematisch)	45
A.4. Beispiel für System zum Bulk-Entladen und -Lagern.....	46

EINFÜHRUNG IN DIE 5. AUSGABE

Die unsachgemäße Verwendung und der unsachgemäße Umgang mit den chlorierten Lösemitteln **Methylenchlorid (Dichlormethan, DCM)**, **Perchlorethylen (PER)** und **Trichlorethylen (TRI)** können Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellen.

Dieser Leitfaden wurde von ECSA erarbeitet und soll Händlern und Verwendern von chlorierten Lösemitteln helfen, mit diesen Stoffen sachgemäß und sorgsam umzugehen, um Mensch und Natur vor möglichen negativen Einwirkungen zu schützen.

Der Leitfaden befasst sich hauptsächlich mit:

- Bau und Betrieb von Tankanlagen und der Handhabung von Fässern.
- Zu ergreifenden Vorsichtsmaßnahmen.
- Relevanten Europäischen Verordnungen, die die Verwendung chlorierter Lösemittel betreffen.

Seit der 2. Ausgabe dieses Leitfadens im Jahre 1988 haben sich in Europa wesentliche Änderungen betreffend Verordnungen bei der Verwendung chlorierter Lösemittel ergeben. Seit der 3. Ausgabe dieses Leitfadens im Jahr 2000 wird daher verstärkt Wert auf das Veranschaulichen moderner Anlagen für eine sichere und nachhaltige Verwendung chlorierter Lösemittel in der Textiltrocken- und Oberflächenreinigung gelegt. In der 4. Ausgabe dieses Leitfadens wurde das Kapitel zur Lagerung mit Empfehlungen zur Verwendung von Ausrüstung des Stands der Technik ergänzt. In dieser 5. Auflage wurden einige Ergänzungen aufgenommen, wie beispielsweise Lösemittelreinigung, Umgang mit Lösemittelabfällen und persönliche Schutzausrüstung.

Die in diesem Leitfaden bereitgestellten Empfehlungen basieren auf dem Verständnis und den Erfahrungen der Produzenten chlorierter Lösemittel in ihren jeweiligen Ländern und der Europäischen Union zum Zeitpunkt der Herausgabe dieses Dokuments. An manchen Standorten können strengere Maßnahmen erforderlich sein, und diese Empfehlungen sind in keiner Weise als ein Ersatz für die entsprechenden nationalen oder internationalen Verordnungen gedacht, die konsultiert und eingehalten werden müssen. Dieses Dokument wurde in gutem Glauben erstellt und soll als Leitfaden zum Nachlesen dienen; er wird zukünftig möglicherweise erweitert oder verändert, um dem technischen Fortschritt Rechnung zu tragen.

Haftungsausschluss:

Die Informationen in diesem ECSA-Leitfaden werden nach bestem Wissen und der Überzeugung von der Richtigkeit zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bereitgestellt, er beinhaltet jedoch keine rechtliche Haftung oder juristische Verantwortung seitens ECSA.

ECSA kann für Informationen in Veröffentlichungen durch ECSA keine rechtliche Verbindlichkeit oder Gewährleistung übernehmen, und schließt daher ausdrücklich jede direkte oder indirekte Verantwortung aus, einschließlich für Schäden oder Verluste durch die Nutzung oder unsachgemäßen Verwendung der im vorliegenden Leitfaden enthaltenen Informationen.

Verwender dieses Leitfadens sollten alle Gesetzgebungen, Rechtsvorschriften und behördliche Empfehlungen berücksichtigen, die sich eventuell nach dem Datum der Veröffentlichung dieses Leitfadens ergeben haben.

Dieser Leitfaden hat ausschließlich Empfehlungscharakter. Jedes Unternehmen muss selbständig die Entscheidung treffen, ob sie ihn gänzlich oder teilweise anwenden möchte oder nicht. Jedes Unternehmen bleibt für die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen selbst verantwortlich.

Wichtige Bemerkung:

ECSA verfügt nicht über die Ressourcen, regelmäßig die Entwicklung aller nationaler Verordnungen und Normen, die nachstehend aufgeführt sind, zu verfolgen und die Auflistung entsprechend zu aktualisieren.

Es ist ebenfalls wichtig zu beachten, dass eine Verordnung zum Umgang und der Verwendung von Lösemitteln sich von Land zu Land und manchmal sogar von Region zu Region innerhalb eines Landes unterscheiden kann. Zusätzlich ist zu beachten, dass Verordnungen oft nicht spezifisch für chlorierte Lösemittel formuliert sind, sondern für Lösemittel allgemein gelten.

Es wird daher nachdrücklich empfohlen, Kontakt mit den jeweiligen zuständigen Behörden aufzunehmen, bevor chlorierte Lösemittel verwendet oder Anlagen für die Verwendung von chlorierten Lösemitteln errichtet werden.

ABKÜRZUNGEN

BS	Britisch Standard (Britischer Standard)
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoff Lösemittel (oft anstelle von chlorierten Lösemitteln verwendet)
CS	Chlorierte Lösemittel (engl. Chlorinated Solvents; oft anstelle von CKW verwendet)
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
ECSA	European Chlorinated Solvents Association (Europäischer Verband für chlorierte Lösemittel)
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PTFE	Polytetrafluorethylen
RPE	Atemschutzausrüstung (engl. Respiratory Protective Equipment)

1. PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG

Beim Umgang mit chlorierten Lösemitteln (Lösemitteltransfer, Probenahme, Wartung) muss immer persönliche Schutzausrüstung (PSA) getragen werden.

Augen- und Notduschen

Stellen Sie sicher, dass Augen- und Notduschen im Notfall leicht zugänglich und die Zugangswege zu diesen Einrichtungen nicht blockiert sind. Prüfen Sie die Augen- und Notduschen regelmäßig auf einwandfreie Funktion, einschließlich Temperatur und ausreichenden Wasserdurchfluss.

Schutzkleidung

Beim Umgang mit chlorierten Lösemitteln ist grundsätzlich Folgendes zu tragen:

- Vorzugsweise Baumwollkleidung, die den Körper vollständig schützt, Sicherheitsschuhe oder -stiefel
- Eine Schürze aus Polyvinylalkohol (PVA) oder Chloroprenkautschuk (CR) in Situationen, bei denen Lösemittelspritzer auftreten können
- Schutzbrille mit Seitenschutz oder Korbbrille oder Gesichtsschutz bei Arbeiten, bei denen Lösemittelspritzer auftreten können
- Atemschutz bei bekannter oder wahrscheinlicher Überexposition (oder für entsprechende Belüftung sorgen)
- Undurchlässige Chemikalienschutzhandschuhe aus beständigem Material. Bei der Wahl der Handschuhe ist es wichtig zu prüfen, welche Art von Lösemittel gehandhabt wird und wie lange die Handschuhe diesem ausgesetzt sind (siehe Empfehlungen weiter unten)

Die folgende zusätzliche Schutzausrüstung kann für Wartungspersonal erforderlich sein:

- Rettungsgurt und Rettungsleine für die Begehung von Tanks und anderen geschlossenen oder engen Räumen, Überdruckatemschutzmaske mit ordnungsgemäßen Druckminderungsventilen und Filtern oder umgebungsluftunabhängiges Überdruck-Atemschutzgerät.

HINWEIS: Verwenden Sie niemals eine Atemschutzmaske mit Filterkartuschen (Filtermaske) für den Eintritt in Tanks oder andere geschlossene Räume. Zugelassene Filtermasken sollten nur temporär oder im Notfall zum schnellen Verlassen verunreinigter Bereiche verwendet werden. Sie dürfen auch nicht als Ersatz für eine nicht-ausreichende Belüftung oder nicht-ordnungsgemäße Funktion der Schutzausrüstung verwendet werden.

Wartung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)

Es ist wichtig, die Schutzausrüstung nach den Empfehlungen des Herstellers zu warten und zu pflegen. Führen Sie regelmäßige Funktionstests mit persönlicher Schutzausrüstung durch, um sicherzugehen, dass die Ausrüstung richtig passt und ordnungsgemäß funktioniert. Die gesamte Schutzausrüstung muss den geltenden Anforderungen für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz entsprechen.

Handschuhe für den Umgang mit chlorierten Lösemitteln

Die europäischen Normen der EN 374 Reihe legen die Schutzwirkung von Handschuhen gegenüber Chemikalien und Mikroorganismen fest.

Verwenden Sie chemikalienbeständige Schutzhandschuhe, die gemäß EN 374 mindestens mit Durchbruchzeit > 30 min (Schutzindex 2) klassifiziert sind. Wenn nur kurzer Kontakt zu erwarten ist, kann ein Handschuh mit Durchbruchzeit > 10 min (Schutzindex 1) ausreichend sein, z.B. gegen Spritzer während der Probenahme.

Handschuhe dieser Kategorie sollten dieses Piktogramm tragen:



Das Piktogramm wird von einem 3-stelligen Code begleitet, der die Lösemittel angibt, gegen die sie geprüft sind. Der Buchstabe D zeigt die Beständigkeit gegen Dichlormethan (Methylenchlorid) an und wird in der Regel für den Kontakt mit chlorierten Lösemitteln empfohlen.

Bevorzugte Handschuhmaterialien sind:

- Ethylen-Vinylalkohol-Laminat (EVAL/EVOH)
- Polyvinylalkohol (PVA/PVOH)
- Fluorkautschuk (z.B. Viton™)

EN 374 Klassifizierung und Durchbruchzeiten

Durchbruchzeiten sind für 12 Chemikalien festgelegt, die in der EN 374 aufgeführt sind, darunter für Methylenchlorid. Handschuhe sind in Abhängigkeit von der Durchbruchzeit in 6 Klassen eingeteilt.

Gemessene Durchbruchzeit	Schutzindex	Gemessene Durchbruchzeit	Schutzindex
> 10 Minuten	Klasse 1	> 120 Minuten	Klasse 4
> 30 Minuten	Klasse 2	> 240 Minuten	Klasse 5
> 60 Minuten	Klasse 3	> 480 Minuten	Klasse 6

Die Permeation (Durchdringung) wird üblicherweise bei Raumtemperatur geprüft. Eine Temperaturerhöhung von 10 °C verdoppelt im Allgemeinen die Permeationsrate (Durchdringungsrate) d.h. die Lösemittelmenge die durch das Handschuhmaterial dringt, gemessen in mg/s/m², und halbiert die Durchbruchzeit!

Die Handschuhdicke allein ist kein ausreichender Indikator für den Schutzgrad, den ein Handschuh gegen eine Chemikalie bietet, da dieser in hohem Maße von der spezifischen Zusammensetzung des Materials des jeweiligen Herstellers abhängt. Die Dicke des Handschuhs sollte in der Regel mehr als 0,35 mm betragen, um ausreichenden Schutz für längeren und häufigen Kontakt mit dem Lösemittel zu bieten.

Bei der Auswahl spezieller Handschuhe für eine bestimmte Anwendung muss neben der Dauer der Verwendung am Arbeitsplatz auch alle sonstigen relevanten Faktoren der Arbeitsumgebung berücksichtigt werden, wie der Umgang mit anderen Chemikalien, physikalische Anforderungen (mechanische Beanspruchung, Schnitt-/Durchstichschutz, Fingerfertigkeit, Kälte- o. Wärmeschutz), potentielle allergische Reaktionen auf die Handschuhmaterialien, sowie die vom Lieferanten des Handschuhs zur Verfügung gestellten Anweisungen/Spezifikationen.

2. LAGERUNG

Wegen ihres hohen spezifischen Gewichts und der niedrigen Oberflächenspannung muss man bei chlorierten Lösemitteln besondere Maßnahmen ergreifen, um mechanische Beschädigungen der Lagertanks und eine Verunreinigung des Erdreiches zu vermeiden (siehe A.1.). Die Tanks müssen aus geeigneten Werkstoffen hergestellt werden, eine geeignete Auslegung aufweisen, in sichtbar gutem Zustand sein und regelmäßig gewartet werden. Sie müssen doppelwandig sein oder in einer angemessen ausgelegten Auffangwanne aus Werkstoffen, die gegenüber chloriertem Lösemittel dicht sind, errichtet werden, und ein ausreichendes Fassungsvermögen aufweisen. Wandstärkemessungen müssen regelmäßig durchgeführt werden. Bei doppelwandigen Tanks wird empfohlen, eine Leckagekontrolle im Raum zwischen den Wänden durchzuführen.

Verpacktes Material (in Fässern oder kleinen Behältern) darf lediglich in Bereichen aufbewahrt werden, in denen der Boden gegen Kontamination geschützt ist, außer wenn eine spezielle Sicherheitsverpackung verwendet wird, wie z. B. doppelwandige Sicherheitsbehälter.

2.1 EMPFOHLENE WERKSTOFFE FÜR LAGERBEHÄLTER FÜR

2.1.1 Tanklagerung und Lagerung in kleinen Behältern

Gewöhnlicher Kohlenstoffstahl ist der übliche Werkstoff zur Lagerung chlorierter Lösemittel. Falls Verunreinigung durch Rost ausgeschlossen werden muss, kann Edelstahl in der jeweiligen geeigneten Güte bevorzugt werden; auch die Verwendung von feuerverzinktem Stahl (nicht aber galvanisch oder durch Sprühen verzinkter Stahl) sollte geeignet sein, oder es kann eine geeignete Beschichtung auf den Stahl aufgetragen werden.

Ausführliche Informationen können dem Abschnitt 1.2.2.1. entnommen werden.

2.1.2 Fässer

In der Regel ist Kohlenstoffstahl für Fässer geeignet.

Produktverunreinigungen können durch Verwendung einer speziellen lösemittelbeständigen Beschichtung verhindert werden. Es ist aber zu beachten, dass ein Verlust der Integrität der Beschichtung, z. B. durch mechanische Deformation der Fässer, Probleme hinsichtlich der Qualitätsanforderungen verursachen kann. Galvanisierter oder durch Sprühen verzinkter Stahl wird nicht empfohlen.

Aluminium, Magnesium und deren Legierungen dürfen bei chlorierten Lösemitteln nicht verwendet werden. Kunststoffe sind im Allgemeinen nicht geeignet für die Lagerung chlorierter Lösemittel, können aber für sehr kleine Einwegbehälter zulässig sein, wenn ihre Eignung besonders geprüft wurde (die meisten der heute üblicherweise verwendeten Kunststoffbehälter gelten als nicht geeignet).

Rekonditionierte Metallfässer werden für die Verwendung mit chlorierten Lösemitteln nicht empfohlen, da unentdeckte Materialfehler das Risiko für Leckagen erhöhen können.

2.2 TANKLAGERUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITLEN

2.2.1 Allgemeine Anforderungen

Alle Teile von Anlagen und Schutzeinrichtungen müssen den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten können. Sie müssen folgende Grundnormen erfüllen:

- Behälter und Rohrleitungen müssen ausgelegt sein, dass sie dem hydrostatischen Druck sowie betriebsmäßig auftretenden Über- und Unterdrücken standhalten. Sie müssen äußerer

mechanischer Beanspruchung standhalten können. Eine angemessene strukturelle Auslegung und Widerstandsqualifikationen sind erforderlich.

- Die Werkstoffe müssen gegenüber den flüssigen CKW und deren Dämpfen undurchlässig und beständig sein.

Einige CKW neigen bei Kontakt mit Wasser zur langsamen hydrolytischen Zersetzung, die zur Säurebildung (HCl) und damit zur Metallkorrosion führt. Die meisten CKW werden daher von den Herstellern gegen Säurebildung stabilisiert. Dennoch ist in Abhängigkeit von der Verwendung eine regelmäßige analytische Überwachung empfehlenswert. Für Maßnahmen zur Entfernung überschüssiger Feuchtigkeit siehe Kapitel 5.2.

Zur Lagerung von CKW in Tanks empfiehlt ECSA mit Nachdruck die Einhaltung der folgenden Bedingungen:

- Die Substanz sollte weitestgehend frei von Wasser und Säure (HCl) sein; siehe Lieferspezifikation des Herstellers.
- Der Transport und das Be- / Entladen sollte unter Stickstoff erfolgen, um Feuchtigkeit auszuschließen. Falls Feuchtigkeit über Dichtungen oder Ventile in den Tank eindringen könnte, sollte dies durch einen leichten Stickstoff-Überdruck verhindert werden.

Die Temperatur der Flüssigkeit sollte während Lagerung oder Transport 30 °C nicht übersteigen.

2.2.2 Lagertanks

2.2.2.1 Tanks für die oberirdische Lagerung

Bei dem Auslegen, der Herstellung, Prüfung und Nutzung von Tankanlagen und deren Zubehör sind die gesetzlichen Verordnungen über brennbare Flüssigkeiten und die gesetzlichen Verordnungen zu wassergefährdenden Medien zu berücksichtigen.

2.2.2.1.1 Ohne Auffangwanne

Doppelwandige Lagertanks mit Leckageanzeige:

- DIN EN 12285-2 Werksgefertigte Tanks aus Stahl. Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten
- DIN 6623-2 Stehende Tanks aus Stahl, doppelwandig, mit weniger als 1000 Liter Kapazität, zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten
- DIN 6624-2 Liegende Tanks aus Stahl mit 1000 bis 5000 Liter Kapazität, doppelwandig, zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

2.2.2.1.2 Mit Auffangwanne

Einwandige Tanks:

- DIN EN 12285-2 Werksgefertigte Tanks aus Stahl. Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

- DIN 6623-1 Stehende einwandige Tanks aus Stahl, mit weniger als 1000 Liter Kapazität zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wasserverschmutzenden Flüssigkeiten
- DIN 6624-1 Liegende einwandige Tanks aus Stahl mit 1000 bis 5000 Liter Kapazität, zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wasserverschmutzenden Flüssigkeiten
- DIN EN 14015 Spezifikation für die Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer, oberirdischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen.
- PD 5500 Spezifikation für ungeglühte schmelzgeschweißte Druckbehälter (gilt für Druckbehälter und Werksgefertigte Tanks aus Stahl gemäß DIN EN 12285 Teil 1+2:
 - Teil 1: Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur unterirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wasserverschmutzenden Flüssigkeiten;
 - Teil 2: Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wasserverschmutzenden Flüssigkeiten (gilt für Niederdrucktanks)

2.2.2.1.3 Werkstoffe für Auffangwannen

Siehe Tabelle in Kapitel 2.2.2.1.1 für Details.

Für Auffangwannen aus Beton ist eine Betonqualität von mindestens der Klasse B II nach DIN EN 1992 und örtlichen Vorschriften erforderlich. Der Beton muss flüssigkeitsdicht sein. Die Wahl des Oberflächenschutzes des Betons wird durch lokale Verordnungen und Bestimmungen geregelt.

2.2.2.2 Geeignete Baumaterialien

2.2.2.2.1 Metalle

Die folgende Tabelle enthält Empfehlungen, die zusammen vom Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) und vom Verband Chemiehandel e.V. (VCH) für ihre gemeinsamen Leitlinien zur Handhabung chlorierter Lösemittel entwickelt wurden.¹ Die Tabelle wurde von ECSA überarbeitet, um den Ersatz von DIN-Normen durch EN-Normen und die Änderungen von Werkstoffbezeichnungen gemäß EN-Normen zu berücksichtigen.

¹ Verband der Chemischen Industrie, Verband Chemiehandel, *Innerbetrieblicher Umgang mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen, Boden- und Umweltschutz, 2. Auflage, 1990*

Werkstoffe

Werkstoffart (entsprechend den Europäischen Normen)	Werkstoff-Nr. (EN 10027-2 ¹⁾)	Bezeichnung (EN 10027-1 ²⁾)
Baustähle zur allgemeinen Verwendung (EN 10025-1 ³)	1.0036 1.0038 1.0038/1.0116 1.0553/1.0570	S235JRG1 S235JRG2 S235JRG2/G3 S355JO/J2G3
Wetterfeste Baustähle (EN 10025-5 ⁴) (#) diese Werkstoffe waren Teil der ursprünglichen Norm SEW 087, wurden jedoch nicht in die ersetzende EN-Norm übernommen	1.8960 (#) 1.8961 1.8963	S235JRW (#) S235J2W S355J2G1W
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen (EN 10028-2 ⁵)	1.0345 1.0425	P235GH P265GH
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht (EN 10028-3 ⁶)	1.0461 1.0505	S255N (*) P315N (*)
Nichtrostende Stähle (EN 10088-3 ⁷)	1.4541 1.4306 1.4404	X6CrNiTi18-10 X2CrNi19-11 X2CrNiMo17-12-2

¹ EN 10027-2: Bezeichnungssysteme für Stähle - Teil 2: Nummernsystem

² EN 10027-1: Bezeichnungssysteme für Stähle - Teil 1: Stahlnamen

³ EN 10025-1: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen

⁴ EN 10025-5: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle (alte EN 10155, alte SEW087)

⁵ EN 10028-2: Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

⁶ EN 10028-3: Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht (alte DIN 17102)

⁷ EN 10088-3: Nichtrostende Stähle - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung (alte DIN 17440)

Zusätzlich zu den Empfehlungen in der obigen Tabelle kann es nationale Empfehlungen / Normen geben. ECSA empfiehlt den Verwendern von CKW, nationale Empfehlungen, Normen und sonstige Bestimmungen zu prüfen, um sich voll an den gesetzlichen Rahmen zu halten zu können.

Beispiele für solche zusätzlichen nationalen Empfehlung sind z. B.

- DIN 6601-2 - listet geeignete Werkstoffe für die Konstruktion von CKW-Lagertanks auf.

- BAM-Liste - eine von der Deutschen Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) erstellte und veröffentlichte Auflistung.

2.2.2.2.2 Kunststoffe

Kunststoffe sind im Allgemeinen als Werkstoffe für Lagertanks nicht geeignet, da sie manche Grundanforderungen nicht erfüllen, wie beispielsweise Undurchlässigkeit für Dämpfe (Permeabilität) und mechanische Beständigkeit bei ständigem Kontakt mit CKW.

In Sonderfällen, in denen Kunststoffe für neue Konstruktionen vorgeschlagen werden, muss der Lieferant oder ein Experte die Eignung des Werkstoffs nachweisen, und es sollte eine Zulassungs- / Eignungsbestätigung von den zuständigen Behörden eingeholt werden.

2.2.2.3 Bau von Lagertanks

Die Auslegungsberechnung sollte sich am spezifischen Gewicht des Materials, das gelagert werden soll, orientieren. Im Normalfall ist Kohlenstoffstahl ein ausreichender Werkstoff; in Sonderfällen, in denen eine hohe Qualität und Reinheit des Produkts gefordert wird, kann Edelstahl verwendet werden (siehe 1.2.2.1 bezüglich der Werkstoffe für den Tank und 1.2.2.2.1. bezüglich Beschichtung des Tanks). Bei Verwendung von Stahlplatten sind diese auf Stoß zu schweißen, d. h. ohne Überlappung. Sollen die Tanks innen beschichtet werden, sind die Schweißnähte zu schleifen, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. Falls nicht anders in den Auslegungsspezifikationen spezifiziert, wird empfohlen, dass 10% der Schweißverbindung einer Röntgenprüfung unterzogen werden [plus ggf. 100% Farbeindringprüfung]. Tanks müssen hydraulisch nach den in der Auslegungsspezifikation festgelegten Bedingungen geprüft werden. Wärmeaufnahme und daraus resultierende Erhitzung und Dampfverluste können durch einen lichtreflektierenden Anstrich der Tankaußenseite minimiert werden.

Die Tanks müssen sauber, trocken, fettfrei und sorgfältig geprüft sein, bevor sie in Betrieb genommen werden.

2.2.2.3.1 Beschichtung des Tanks

Eine Verunreinigung des Lösemittels mit Rost kann durch die Verwendung einer lösungsmittelbeständigen Innenbeschichtung vermieden werden. Spezielle Beschichtungen, wie Einbrennbeschichtungen auf Phenolbasis, liefern gute Ergebnisse, genauso wie Zinksilikatbeschichtungen. Bei der Wahl der Beschichtung sollte die Reparaturfreundlichkeit in Betracht gezogen werden. Kleinere Tanks oder Behälter können aus feuerverzinktem Stahl hergestellt werden (galvanisch oder sprühverzinkter Stahl wird nicht empfohlen). In jedem Fall sollte vom Lieferanten/Hersteller ein Zertifikat über die Eignung der Beschichtung angefordert werden.

2.2.2.3.2 Standard-Lagertanks

Stahl tanks für die Lagerung brennbarer Flüssigkeiten sind oft in Standardausführungen erhältlich, ihre individuelle Eignung muss allerdings nachgewiesen werden, wenn sie für chlorierte Lösemittel verwendet werden. Besonders wichtig ist dabei, den großen Dichteunterschied zwischen chlorierten und anderen üblichen Lösemitteln, wie Kohlenwasserstoffen, Alkoholen und Estern, zu berücksichtigen. Solche Lagertanks werden oft nicht nach einer definitiven Auslegungsspezifikation hergestellt und halten oft nur sehr niedrigem Druck stand. Da für diese Arten von Tanks keine Auslegungsspezifikationen und -zeichnungen vorliegen, werden sie normalerweise nicht für chlorierte Lösemittel empfohlen.

2.2.2.4 Standort von Lagertanks

Um das Risiko von unbemerkten Leckagen zu minimieren, sollten Lagertanks oberirdisch und so nahe wie möglich an der Fahrzeugentladestelle angeordnet werden, um dem Lieferfahrzeug so einen einfachen Zugang zu ermöglichen.

Die Tanks und die Fahrzeugladestelle müssen sich auf Auffangwannen befinden, um eine Kontamination der Umwelt durch Leckagen zu vermeiden (siehe 1.2.3.1.).

Die Tanks sollten abseits von Verkehr und in sicherer Entfernung von Hitze- oder Flammenquellen sowie entfernt von entzündbaren Materialien errichtet werden. Die Tanks sind gegen die Beschädigung durch Fahrzeuge (Tankfahrzeuge, Gabelstapler usw.) zu sichern.

Wenn der Platz es erlaubt, sollten die Tanks derart aufgestellt werden, dass ein Unfall an einem Tank keine Auswirkung auf benachbarte Tanks hat (Dominoeffekt). Dies ist besonders wichtig bei Vorhandensein von anderen, entzündbaren Chemikalien.

Alle Genehmigungen für Anlagen sowie die spezifischen nationalen oder örtlichen Verordnungen zur die Sicherheit des Werkgeländes sowie zum Schutz von Wasser und Boden müssen sorgfältig geprüft werden.

Es sind alle notwendigen Maßnahmen zu treffen, um unbefugten Personen den Zugang zur Lagerfläche zu verwehren.

2.2.2.4.1 Druckentladung von Tanks

Grundsätzlich wird das Spülen mit trockenem Stickstoff empfohlen, um chlorierte Lösemittel zu transferieren. Druckluft kann Wasser und andere Verunreinigungen (meist Schmieröle) enthalten, die zur Zersetzung und Versäuerung der Lösemittel führen könnten.

2.2.2.4.2 Gebrauchte Tanks

Vor Kauf und Inbetriebnahme gebrauchter Tanks ist es notwendig, Zugang zu ausführlichen Zeichnungen und technischen Daten zu haben, um damit die Eignung für den beabsichtigten Einsatz mit chlorierten Lösemitteln überprüfen zu können. Der Tank sollten so ausgelegt und gebaut sein, dass er Unterdruck, wie beim Entfernen von Flüssigkeit aus dem Tank auftritt, standhält (Druck beim Entleeren hängt von der Größe der Lüftungsöffnung und Ähnlichem ab).

2.2.3 Sicherheitsvorkehrungen

Es sind eine Reihe wichtiger Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, um bei Störungen zu warnen und Beschädigung und das Austreten von CKW zu vermeiden. Als Sicherheitseinrichtungen dienen u.a.: Auffangwannen zum Auffangen von Tropf- und Leckageverlusten, Leckage-Warnsysteme, Laminierungen, sichtbare Dichtungen, Füllstandanzeiger, Abluftsysteme, Überfüllabschaltung, Füllstands-Hoch- und Tiefalarm.

2.2.3.1 Auffangwannen

2.2.3.1.1 Allgemeines

Im Falle eines Tankversagens oder bei Verschüttung muss eine Verunreinigung des Bodens oder von örtlichen Gewässerläufen durch chlorierte Lösemitteln verhindert werden. Ein Tanktasse oder Auffangwannen, die notfalls das Gesamtvolumen des größten darin befindlichen Tanks aufnehmen kann, bietet einen angemessenen Schutz für die Umwelt. Bei Anlagen mit geringeren Lagermengen, wie Fasslager oder Kleinbehälter, sollten Wannen zum Auffangen von Leckageverlusten oder Verschüttungen verwendet werden. Auffangwannen müssen dicht, ausreichend widerstandsfähig und Wasser- und CKW-undurchlässig sein.

Rückhalteinstallationen dürfen keine Bodenabläufe oder andere Öffnungen aufweisen, die eine direkte Entleerung in die Umwelt gestatten. Sie müssen mit Vorrichtungen zum Entfernen der Flüssigkeiten ausgerüstet sein. Diese Flüssigkeiten sollten erst nach genauer Identifizierung abgepumpt werden. Der Sumpf sollte so ausgelegt sein, dass Regenwasser sicher entfernt und behandelt werden kann (d.h., dass dies nicht mit chlorierten Lösemitteln verunreinigt ist)

Wo kleinere Leckagen auftreten können, z. B. bei Lade- / Entladestellen oder Fass-Abfüll- oder Entleerungsanlagen, sollte die gesamte Station oder Anlage geschlossen gestaltet werden, damit ein separates Sammeln der Leckagerückstände möglich ist und diese nicht in Oberflächenwässer gelangen können.

Konzepte zur Rückhaltung und Werkstoffe für Auffangwannen sind häufig in nationalen Rechtsvorschriften über die Lagerung von und den Umgang mit CKW beschrieben.

2.2.3.1.2 Auffangwannen aus Metall

Es können sowohl geeignete Stahl- als auch Edelstahlsorten verwendet werden (siehe Tabelle in 1.2.2.1). Es sind allerdings die folgenden Korrosionsschutzmaßnahmen zu beachten: Schutz vor Wasser und anderen Flüssigkeiten, Leckageerkennung und -kontrolle, geeignete Lamine.

Als Lamine stehen CKW-beständige Werkstoffe mit nachgewiesener Eignung zur Verfügung (siehe 1.2.3.1.3). Vom Lieferanten / Hersteller sollte ein offizielles Zertifikat über die Eignung einer Metallbeschichtung angefordert werden.

2.2.3.1.3 Auffangwannen aus Beton

Ungeschützte Betonoberflächen, einschließlich wasserundurchlässigen Betons, sind für CKW durchlässig. Der Beton muss entweder CKW-undurchlässig sein, oder er erfordert einen speziellen Oberflächenschutz, um ihn CKW-undurchlässig zu machen.

Dehnungs- und Setzungsfugen sind besondere Schwachstellen und sollten so weit wie möglich vermieden werden. Wo sie sind aus technischen Gründen zwingend erforderlich sind, sollten sie so ausgebildet sein, dass die Verformung von Fugenbändern und Dichtungsmaterial die Dichtigkeit des Bauwerks nicht beeinträchtigt. Die Fugen sollten regelmäßig inspiziert und Mängel umgehend repariert werden.

Geeignete Oberflächenschutzmaßnahmen für Beton sind:

- Auskleidung mit Metallplatten (siehe 2.2.3.1.2) oder Kunststoffplatten
- Lamine (siehe unten).

2.2.3.1.3.1 Lamine auf Beton

CKW-undurchlässige Lamine benötigen einen Beton geeigneter Qualität, (z. B. A.1.2.2.1.3). CKW-undurchlässige Lamine basieren auf:

- Phenolharzen, oder
- Furanharzen.

Darüber hinaus hat eine Form von Epoxydharz die strengen Prüfungen für CKW-undurchlässige Lamine bestanden.

Andere Substanzen werden für CKW als nicht ausreichend undurchlässig erachtet oder zeigen eine ausreichende Undurchlässigkeit nur für bestimmte CKW.

Lamine aus Furanharzen können chemische Modifikatoren enthalten, um Rissbildung durch Verbessern ihrer Plastizität zu überwinden. Modifikatoren vermindern jedoch die chemische Beständigkeit; dies ist besonders wichtig bei Methylenchlorid.

Furanharze können aufgrund ihrer begrenzten Plastizität nicht als Dichtungsmaterial in Fugen verwendet werden. Um eine ausreichende Beständigkeit zu erhalten, müssen Phenol- oder Furanharze mit Fiberglasmatten kombiniert werden. Um Risse im Beton zu füllen und zu bedecken sind elastische Zwischenschichten erforderlich, z. B.

- Schichten aus Elastomeren (z. B. Polyisobutylen, verschiedene Kautschukprodukte);

- Schichten auf Bitumenbasis;
- sogenannte Flüssigfolien, die auf den Beton gegossen werden und im ausgehärteten Zustand eine elastische Schicht (z. B. Polyurethan) bilden

Das CKW-undurchlässige Laminat wird anschließend auf die elastische Zwischenschicht aufgebracht. Muss dieses Laminat erheblichem mechanischem Verschleiß widerstehen, muss eine Deckschicht aufgebracht werden, z. B. Kacheln in einem Mörtelbett. Duroplaste sollten nur in Absprache mit dem Hersteller und nur von Fachleuten und ausreichend erfahrenen Unternehmen verarbeitet werden.

2.2.3.1.3.2 Schutz des Betons unterhalb der Oberfläche

Betonbauwerke können einen zusätzlichen Schutz gegen Feuchtigkeit und aggressiven Boden auf der Unterseite erfordern. Dieser Schutz verhindert, dass Feuchtigkeit hinter das Laminat kriechen und dieses vom Beton ablösen kann.

Bei nichtbindigen Böden und niedrigem Grundwasserstand ist eine kapillare Feuchtigkeitssperre aus grobem Kies als Betonuntergrund ausreichend.

Die folgende mehrschichtige Konstruktion bietet einen verbesserten Schutz: Eine etwa 5 - 10 cm dicke Betonschicht wird auf den Baugrund platziert und mit einer Barriere aus Elastomerschichten (z. B. Polyisobutylen, verschiedene Kautschukderivate) oder mit Bitumen bedeckt. Anschließend wird die eigentliche Betonkonstruktion auf diese Schichten gebaut.

2.2.3.1.4 Auffangwannen aus Kunststoff

Im Allgemeinen empfiehlt ECSA, für chlorierte Lösemittel keine Auffangwannen aus Kunststoff zu verwenden. Damit Kunststoffe als geeignet für chlorierte Lösemittel angesehen werden, sollten sie ein offizielles Eignungszertifikat vorweisen.

2.2.3.2 Systeme zur Leckageüberwachung bei doppelwandigen Tanks

Für die Lagerung chlorierter Lösemittel in doppelwandigen Tanks sind folgende Systeme der ‚Stand der Technik‘:

- Füllstands-Messsysteme: Eine Leckage in der Tankwand wird durch Absinken des Pegels im Flüssigkeitsbehälter mit Leckageanzeige angezeigt.
- Überdrucksysteme: Eine Leckage in der Tankwand wird durch eine Druckerhöhung im überwachten Zwischenraum angezeigt.

Jedes geeignete Leckageanzeigesystem kann eingesetzt werden. Die Leckagekontrollausrüstung erfordert regelmäßige Überprüfung auf ihre Funktionstüchtigkeit. Die Anweisungen des Herstellers hinsichtlich der Montage, Einstellung und Wartung sind zu beachten.

2.2.3.3 Leckagesensoren für Tanktassen

Für Tanktassen sollten Leckagesensoren verwendet werden.

2.2.3.4 Alarm-/Abschaltevorrichtung für Tanks bei hohem und niedrigem Füllstand

Ein Alarmgeber bei hohem Füllstand, der mit einem Absperrventil verbunden ist, wird empfohlen, um den Füllvorgang eines Tanks abubrechen, bevor die maximal zulässige Füllhöhe überschritten wird. Wird eine Pumpe zur Tankbefüllung verwendet, kann die Alarmvorrichtung auch verwendet werden, um die Pumpe abzuschalten.

Beim Abpumpen der Lösemittel aus einem Lagertank sollte die Pumpe bei Abbrechen des Förderstroms ausgeschaltet werden. Ist ein Alarmgeber vorhanden, wird vorab gemeldet, dass der Tank fast leer ist. Diese Vorrichtungen können Schäden an der Pumpe aufgrund von Trockenlauf verhindern.

2.2.3.5 Füllstandsanzeiger

Füllstandsanzeigen sind für CKW-Lagertanks notwendig.

Wenn mit einem optischen oder akustischen Signal verbunden, kann die Füllstandanzeige als eine Kontrolle gegen Überfüllung dienen. Ein Schauglas ist aufgrund des Risikos des versehentlichen Zerbrechens keine geeignete Füllstandsanzeige. Für den Fall, dass noch ein Schauglas vorhanden ist, sollte es vergittert und schlagfest sein.

2.2.3.6 Werkstoffe für Dichtungen

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die CKW-Beständigkeit von Kunststoffen für Laminate und Dichtungen.

Bemerkung: Diese Zusammenstellung soll einer ersten Orientierung bei der Auswahl dienen und basiert auf allgemeiner Erfahrung. Es wird jedoch empfohlen, die Eignung eines individuellen Materials für den Kontakt mit einem spezifischen chlorierten Lösemittel vom Hersteller des Materials bestätigen zu lassen.

Tabelle 1: Beständigkeit von Kunststoffbeschichtungen und -dichtungen gegenüber chlorierten Lösemitteln

Duroplaste		Thermoplaste		Natürliche & synthetische Elastomere	
Beständig	Nicht beständig ²	Beständig	Nicht beständig ²	Beständig	Nicht beständig ²
Furanharze Phenolharze Kresolharze	Die meisten EP-Harze (Epoxidharze) kalt-/warmgehärtet	PTFE (Polytetrafluorethylen)	PIB (Polyisobutylen)	FCM (Fluorkautschuk)	NR (Polyisopren)
Phenolharze Kresolharze					
		PFEP (Polyfluorethylenpropylen)	PVC (Polyvinylchlorid)		SBR (Styrol-Butadien-Copolymer)
	PUR-Harze (Polyurethanharze)	PVDF (Polyvinylidenfluorid)			NBR (Acrylnitril-Butadien-Copolymer)
	UP-Harze (ungesättigte Polyesterharze)				CR (Chloropren-Kautschuk)
					IIR (Isobutylen-Isopren-Copolymer)
Ausnahme					
Vinylesterharze ³					Kautschuk
TRI					CSM (chlorsulfoniertes Polyethylen)
Einsatzbereiche					
Betonbeschichtungen		Metallbeschichtungen			
Dichtungen von Ton-Betonrohren		Dichtungen, Auskleidungen			

Fugendichtungen				Fugendichtungen	
-----------------	--	--	--	-----------------	--

Bemerkungen:

¹⁻² Chemische Beständigkeit/Undurchlässigkeit: Diese Angaben basieren auf Prüfungen mit reinen Lösemitteln.

Wenn Lösemittelgemische gelagert oder transportiert werden, sind andere Ergebnisse bezüglich der Kunststoffbeständigkeit möglich. In diesen Fällen sollten spezifische Prüfungen durchgeführt werden, die sich an der Verwendung des Kunden orientieren.

³ Die unterschiedlichen Daten für Trichlorethylen stammen von verschiedenen Herstellern der Vinylesterharze.

Um eine vollständige Übereinstimmung mit gesetzlichen Vorschriften sicherzustellen empfiehlt ECSA, auch nationale Verordnungen und Regeln genau zu prüfen und anzuwenden, wie z. B. die BAM-Liste für zugelassene Werkstoffe für Tankbehälter und ortsbewegliche Tanks, ausgelegt zur Beförderung gefährlicher Güter.

2.2.3.7 Weiteres Tankzubehör

2.2.3.7.1 Einstiegsöffnungen

An größeren Tanks sollten Einstiegsöffnungen angebracht werden, um die Inspektion und Reinigung zu erleichtern. Diese Einstiegsöffnungen sollten so bemessen sein, dass eine mit einem autonomen Atmungsgerät ausgestattete Person Durchgang findet. Sie sollten so angelegt sein, dass sie in die Gasphase des Tanks führen. (Siehe hierzu auch Kapitel 6).

2.2.3.7.2 Trocknung der Abluft an der atmosphärischen Entlüftung

Die Entlüftung zur Atmosphäre sollte mit einem Lufttrockner verbunden sein, um das Eindringen von Feuchtigkeit in den Tank zu vermeiden und Korrosion von freigelegten internen Metalloberflächen zu minimieren. Ein Lufttrockner kann als Trocknungsmittel die wasserfreien Formen von z. B. Silikagel (mehrfache Verwendung), Kalziumsulfat oder Kalziumchlorid verwenden; Ätznatron (Natriumhydroxyd) ist nicht kompatibel, da es chlorierte Lösemittel zersetzt. Ein Rückschlagventil in der Trocknerleitung kann hilfreich sein um eine Sättigung des Trockners mit Lösemitteldämpfen während des Befüllens zu verhindern.

2.2.3.7.3 Über-Unterdruckventil

Ein Über-Unterdruckventil sollte angepasst sein, und sollte aus Edelstahl, Gusseisen oder Messing sein, um Korrosion zu vermeiden. Es schützt den Tank vor Beschädigung falls die Entlüftung verstopft ist. Tankauslegung und Druck- / Vakuumeinstellung des Ventils sollten aufeinander abgestimmt sein. Es sollte auch an ein Notfall-Entlastungslüftung gedacht werden.

CKW sollten kontinuierlich mit trockenem Stickstoff überlagert sein, um die Qualität der Produkte zu erhalten.

2.2.3.8 Abgasbehandlung

Bei der Schwerkraftentladung oder beim Abpumpen sollten Dämpfe chlorierter Lösemittel unter Verwendung einer Gaspendelleitung, die die Dampfphase des Zieltanks mit der Dampfphase des Tanks oder des Fahrzeugs, der oder das entleert wird, verbindet, innerhalb des Systems gehalten werden, d. h. ein Betrieb als geschlossenes System.

Falls die chlorierte Lösemittel enthaltende Abluft nicht in einem geschlossenen System gehalten werden kann, kann diese wie folgt behandelt werden:

- Adsorption, z. B. an Aktivkohle oder Harze; bei großen Gasströmen wird ein Adsorber, der regeneriert werden kann, empfohlen. Die adsorbierten chlorierten Lösemittel werden dann wiedergewonnen und das Adsorptionsmittel zur erneuten Verwendung reaktiviert. Eine Einwegkartusche kann für die Aufbereitung der Tankatmung verwendet werden;
- Verbrennung mit geeigneter Abgasaufbereitung;
- Abgaswäscher (wenn Spuren von wässriger Salzsäure entfernt werden müssen).

2.2.3.9 Zugehörige Ausrüstung

2.2.3.9.1 Filter

Ein aus CKW-kompatiblen Werkstoffen gefertigter Filter, wie z. B. Kartusche- oder Korbfiter, dienen zur Erhaltung der Produktqualität durch Partikelfilterung (Abrieb, Rost). Die Porengröße des Filters muss auf die gewünschten Rückhaltenanforderungen angepasst werden. Dabei sind die Durchflussrate und die Druckbedingungen zu berücksichtigen. Die Filter sollten mit Druckmessern am Ein- und Auslass ausgestattet sein, um unzulässigen Druckverlust durch Verstopfen zu erkennen.

2.2.3.9.2 Pumpen

Kreiselpumpen aus Gusseisen oder Stahl sowie Spaltrohrpumpen (hermetisch) oder Pumpen mit Gleitringdichtungen (lösemittelbeständig) werden empfohlen.

Die Pumpen müssen in einer CKW-beständigen Auffangwanne aufgestellt werden (siehe 2.2.3.1.). (<http://www.bam.de>)

2.2.3.9.3 Dichtungen

Dichtungen müssen lösemittelbeständig sein. Zu den geeigneten Werkstoffen gehören Fluorkautschuke, PTFE oder Kohlenstofffaser. Fachhändler für Dichtungen können das richtige Produkt für jedes Lösemittel und jede Anwendung empfehlen.

2.2.3.9.4 Ventile

Die Ventile können aus Edelstahl, Stahlguss oder Messing bestehen. Kugelhähne sollten einen Sitz aus PTFE aufweisen. Wenn eine Drosselung notwendig sein sollte, können Hubventile verwendet werden; Hubventile sollten einen Metallsitz aufweisen. PTFE-Membranventile sind auch akzeptabel, jedoch nicht zur Lagertankisolation.

2.2.3.9.5 Messgeräte

Messgeräte sollten nicht aus Aluminium, Magnesium oder Zink gebaut sein und auch nicht aus Legierungen dieser Metalle. Messing ist jedoch zulässig.

2.2.4 Rohrleitungen

Rohrleitungen sind starre oder flexible Leitungen mit Bögen und Anschlüssen. Unterirdische Rohrleitungen sollten die Ausnahme sein; sie erfordern besondere Schutzmaßnahmen. Sie müssen als Mantelrohrsystem mit Leckagemeldern für den Außenbereich gebaut werden. Rohrleitungen sollten mit leichtem Gefälle installiert werden, um eine Entleerung zu gewährleisten. Insbesondere für längere, flüssigkeitsgefüllte Leitungen sind Sicherheitsventile zur Vermeidung von Beschädigungen durch Wärmeausdehnung in Betracht zu ziehen.

2.2.4.1 Stahlrohrleitungen

Die Leitungen können aus Kohlenstoffstahl oder Edelstahl bestehen.

2.2.4.1.1 Für Rohrleitungen geeignete Arten von Stahl sind:

Stahlarten			
		Werkstoffnr #	Bezeichnung
Nahtlose Rohre	EN 10216 ¹	10254	P235 TR1
		10421	P355T1
Nahtlose Rohre	EN 10088-3 ²	1.0405	P255 G1 TH
		1.0305 (#)	P235 G1 TH (#)
		1.4541	X6CrNiTi18-10
		1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2
Geschweißte Rohre	EN 10217 ³	1.0254	P235TR1
		1.0256	P275T1
		1.0421	P355T1
		1.0315 (*)	P235G2TH (*)
		1.0498	P255G2TH
	ISO 1127	1.4541	X6CrNiTi18-10

Zurückgezogene DIN 17175 hat darauf verwiesen, in DIN EN 10216-2, die DIN 17175 ersetzt, nicht mehr angegeben

* Zurückgezogene DIN 17177 hat darauf verwiesen, in DIN EN 10217-2, die DIN 17177 ersetzt, nicht mehr angegeben

¹ EN 10216 Teile 1 bis 5: Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen -Technische Lieferbedingungen

² EN 10088-3: Nichtrostende Stähle - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung

³ EN 10217 Teile 1 bis 7: Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen -Technische Lieferbedingungen

⁴ EN ISO 1127: Nichtrostende Stahlrohre - Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse (übernimmt DIN 2463-1)

Folgende Stahlarten können für Adapter und vorgefertigte Teile verwendet werden:

– dieselben wie in obiger Tabelle

– aus Stahlblech gefertigte

z. B. Werkstoff P255GH, DIN EN 10028-2 (Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen) mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach DIN EN 10204

Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen

– Stahlguss

z. B. Werkstoff GS-C 25 (Werkstoffnr.: 1.0619), DIN EN 10213 Stahlguss für Druckbehälter mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204

EN 10028-2: Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

EN 10213 Stahlguss für Druckbehälter

EN 10204: Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen

Rohrverbindungen

Da Rohrverbindungen eine der Schwachstellen von Rohrleitungen darstellen, sollten sie auf ein Minimum reduziert werden. Allerdings sollte dies die Wartungsarbeiten nicht unnötig erschweren. Verbindungen zwischen Rohrabschnitten bestehen in der Regel entweder aus Verschweißung oder aus einem Flansch. Steckmuffen oder gelötete Verbindungen sind für den Einsatz mit CKW nicht akzeptabel. Dichtungswerkstoffe für Flanschverbindungen sind in Tabelle 1, Abschnitt 1.2.3.6., angegeben. Als Bolzen sind nur solche mit Qualitätszertifikaten und geeigneten Prüfzeichen akzeptabel. Es müssen geeignete chemisch beständige Dichtungsmaterialien verwendet werden (siehe 1.2.3.9.3). Alle Schweißarbeiten sind ausschließlich von qualifizierten Schweißern durchzuführen. Alle Absperrvorrichtungen in diesen Rohrleitungen sollten leicht zugänglich und funktionstüchtig sein. Wenn sie eine Überlastung des Rohrs verursachen, müssen sie entsprechend gestützt werden.

Fertigung und Montage

Die Fertigung und Montage von Rohrleitungen sollte in Übereinstimmung mit den örtlichen Vorschriften erfolgen.

Die Außenwände der Rohrleitung und der Lager müssen durch eine Korrosionsschutzgrundierung, gefolgt von einer Anstrichschicht oder einer geeigneten Ummantelung (z. B. Kunststoff) gegen Korrosion geschützt werden.

Unterirdisch verlegte Rohrleitungen müssen doppelwandig sein. Spezielle Vorrichtungen (Über- oder Unterdrucküberwachung des Raums zwischen Rohr und Mantel) werden verwendet, um Leckagen zu erkennen.

2.2.4.2 Rohrleitungen aus Kunststoff

Kunststoffrohrleitungen sind für CKW nur für eine oberirdische Verlegung geeignet und weisen in jedem Fall nur eine begrenzte Beständigkeit auf. Sie sollten für eine vollständige Entleerung ausgelegt werden, und ihre Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Beschädigungen sollte besonders beachtet werden.

Chemisch beständig gegen CKW, und unter bestimmten Bedingungen verwendbar, sind:

PTFE (Polytetrafluorethylen)

PFEP (Polyfluorethylenpropylen)

PCTFE (Polychlortrifluorethylen) und ECTFE (Ethylen-Chlortrifluorethylen-Fluorcopolymer)

PVDF (Polyvinylidenfluorid)

Da Kunststoffe dazu neigen, ihre mechanischen Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen zu verlieren, wird die Verwendung von Kunststoffrohren für chlorierte Lösemittel oberhalb der Umgebungstemperatur allgemein nicht empfohlen.

Bei Planung und Bau von glasfaserverstärkten Kunststoffrohrleitungen (GFK) sind lokale Verordnungen einzuhalten. Im Allgemeinen werden solche Rohrleitungen für chlorierte Lösemittel nicht empfohlen.

3. ENTLADEN VON ALS MASSENGUT GELIEFERTEM LÖSEMittel

Bemerkung: Bedienpersonal, das mit dem Entladen chlorierter Lösemittel befasst ist, sollte geschult und im Besitz schriftlicher Anleitung und Verfahren sein.

Chlorierte Lösemittel werden als Massengut (bulk) in Kessel- und Straßentankwagen sowie in ISO-Behältern unterschiedlicher Volumen transportiert.

Es gibt drei Methoden für das Entladen dieser Massengut-Transportbehälter:

– Schwerkraft

Schwerkraftbedingter Abfluss wird verwendet, um zur Pumpe eines Kunden oder einem niedriger gelegenen Lagertank zu entladen. Die Entladung durch Schwerkraft ist heutzutage ungewöhnlich, da sich mittlerweile die meisten Lagereinrichtungen über der Erde befinden.

– Pumpen

Das Entladen durch Pumpen erfolgt entweder durch eine, im Straßentankzug eingebaute, Pumpe oder eine externe Pumpe am Empfängerstandort. Aus Sicherheitsgründen wird die Verwendung von Verdrängungspumpen beim Entladen chlorierter Lösemittel nicht empfohlen. Empfohlen werden dagegen Kreiselpumpen, insbesondere diejenigen mit magnetischer Übertragung.

– Luftdruck

Für das Entladen durch Gasdruck sollte eine Gaspendelleitung verwendet werden. Generell wird der Einsatz einer Spülung mit trockenem Stickstoff empfohlen, um chlorierte Lösemittel zu transferieren. Druckluft könnte Wasser und andere Verunreinigungen enthalten, die einen Abbau / eine Übersäuerung des Lösemittels verursachen.

3.1 ENTNAHME VON LÖSEMittelPROBEN

Da ionische Materialien, Feuchtigkeit und andere Verunreinigungen üblicherweise nicht durch eine visuelle Prüfung festzustellen sind, sollten Proben chlorierter Lösemittel sorgfältig gemäß empfohlener Verfahren entnommen werden, um eine weitere Verunreinigung zu vermeiden.

Das detaillierte Analyseverfahren für diese Lösemittel kann auf Anfrage von den entsprechenden Herstellern erhalten werden.

Allgemeiner Leitfaden:

- Versiegelte Probeentnahmebehälter sollten aus Braunglas mit Metallauskleidung oder Kunststoffschraubverschlüssen sein, die mit den chlorierten Lösemitteln kompatibel sind. Falls durchsichtige Glasflaschen verwendet werden, sollte die Lagerung im Dunklen erfolgen. Aluminium in beliebiger Form sollte nicht für die Lagerung einbehaltener Proben oder im Schraubverschluss verwendet werden.
- Pipetten aus Glas oder Siphons sind als Probeentnahmeverrichtungen zu bevorzugen. Es können auch Vorrichtungen aus Metall verwendet werden (Edelstahl oder andere Metalle mit Ausnahme von Leichtmetallen und deren Legierungen), wenngleich sie weniger zufriedenstellend sind. Kunststoff wird nicht empfohlen, und Ausrüstung aus Gummi ist nicht zu verwenden.
- Sämtliches Probenahmematerial muss sauber (frei von Rost und Fett) und trocken sein.
- Behälter nicht vollständig füllen um die Wärmeausdehnung der Probe zu berücksichtigen.
- Probenbehälter ordnungsgemäß etikettieren.

- Proben in dicht verschlossenen Behältern an einem kühlen Ort und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt lagern.

Entnahme von Proben aus Tankwaage: Die Analyse sollte vor dem Entladen erfolgen. Jeder Druck im Tank sollte vor Öffnen des Einstiegsöffnungsdeckels entlastet werden. Abdeckung der Kuppel vorsichtig öffnen und Einatmen von Dämpfen vermeiden.

Erhalt einer Probe mittels einer Probenflasche unter Vakuum, die die Flüssigkeit durch die Öffnung zur Gasphase aufsaugt oder durch Eintauchen eines sauberen Glasbehälters, der sicher mit einem starren Metallstab verbunden ist. Abdeckung umgehend schließen.

Proben können auch von einem Probenentnahmepunkt in der Entladeleitung oder der Pumpe entnommen werden.

- **Entnahme von Proben aus Lagertanks.**

Falls die Probenentnahme nach dem Entladen erfolgt, sollte das Material aus der Mitte des Lagertanks entnommen werden. Es können Probenentnahmeleitungen, vorzugsweise aus rostfreiem Stahl, verwendet werden. Ventile sollten über eine PTFE-Packung verfügen, um Verunreinigung des Lösemittels zu vermeiden. Vorzugsweise sollten emissionsfreie Probenentnahmesysteme oder eine eingeschlossene Probenentnahmestation verwendet werden, um die Belastung von Arbeitern zu minimieren.

Bei einer Entnahme aus einem Eisenbahn-Tankwagen oder Straßentankzug darf keine Person der Gefahr eines Sturzes aus größerer Höhe ausgesetzt werden. Aus diesem Grund sollten Probenentnahme aus der Höhe von einem feststehenden Gerüst oder einem anderen sicheren Ort aus vorgenommen werden.

3.2 VORBEREITUNG ZUM ENTLADEN

3.2.1 Der Entladevorgang sollte nur von ordnungsgemäß geschulten Angestellten unter angemessener Aufsicht durchgeführt werden. Es ist geeignete persönliche Schutzausrüstung zu tragen.

Vor dem Entladen in den Lagertank sollten die Ergebnisse der Qualitätskontrolle (entweder der eigenen Analyse oder ein Analysezertifikat (CoA) seitens des Lieferanten) vorliegen.

3.2.2 Der Entladepunkt sollte ordnungsgemäß mit den folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

a) Art des Lösemittels

3.2.3 Es wird empfohlen, den Entladepunkt mit der UN-Nummer auf einer orangefarbenen Platte (entsprechend der auf dem Straßentankwagen) zu versehen

3.2.4 Der Lagertank ist mit dem Namen des gelagerten Lösemittels zu kennzeichnen.

3.2.5 Es ist zu prüfen, dass die Kapazität des Lagertanks ausreichend ist, um die vollständige Ladung aufzunehmen.

3.2.6 Die Be-/Entlüftung des Lagertanks ist zu prüfen, um sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß funktioniert und nicht eingefroren oder verstopft ist. Um das Entweichen von Dämpfen in die Atmosphäre zu vermeiden, sollte ein Gaspendelleitung zwischen dem Lagertank und dem Tankwagen installiert sein, über die die verdrängte Luft aus dem Lagertank wieder in den Tankwagen geführt werden.

3.2.7 Straßen- und Eisenbahn-Tankwagen sollten so platziert sein, an dem Anschlüsse, vorzugsweise auf einer ebenen Fläche, rasch und leicht anzubringen sind. Es sollten Vorsorgemaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass verschüttetes oder ausgelaufenes Material sofort aufgenommen werden kann und es nicht zu einer Kontamination der Kanalisation usw. kommt. Durch die Absorption von verschüttetem oder ausgelaufenem Material wird die Verdampfung in die Luft auf ein Mindestmaß reduzieren.

3.2.8 Notfallduschen und Augenspülanlagen sollten vorhanden und funktionstüchtig sein, im Fall versehentlichen Haut- oder Augenkontakts im Entladebereich

3.2.9 Das Entladen sollte vorzugsweise bei Tageslicht erfolgen. Falls es erforderlich sein sollte, im Dunklen zu entladen, sollte eine geeignete Beleuchtung sichergestellt sein.

3.3 ENTLADESCHLAUCH

Die Anforderungen an flexible Schläuche sind die gleichen wie an starre Rohrleitungen im Bezug auf Druck- und Temperaturvorgaben und Chemikalienbeständigkeit.

Permanente starre Rohrleitungen werden gegenüber flexiblen Schläuchen bevorzugt, da sie eine sicherere Verbindung darstellen. Kupplungen und Anschlüsse sind die Schwachpunkte von flexiblen Schläuchen sowie Schlauchleitungen, und bedürfen einer regelmäßigen Kontrolle. Mit einander verbundene spiralförmige Schläuche sind nicht zu verwenden, da es zu Lösemittleckagen durch die Packung kommen kann. Schläuche sollten durch Stahlspiralen oder Stahlgewebe verstärkt werden.

Die folgenden Rohrmaterialien können für chlorierte Lösemittel verwendet werden:

- Nahtloser, flexibler Metallschlauch aus Edelstahl (hierbei ist wichtig, dass Feuchtigkeit ausgeschlossen wird).
- PTFE-ausgekleidete Verbundschläuche, innen und außen drahtverstärkt mit Monel oder aus Edelstahl geeigneter Güte, mit PET-Polyesterfilm-Laminat verflochten und mit Chloropren-Baumwollgewebe mit Nylon-Chloropren-Außenhülle.
- Steife Stahlschläuche.

Andere Arten von Auskleidungen, die verwendet werden können, sind:

- Vinyl-Hexafluorpropylen;

- Tetrafluorethylen-Fluormethylen-Vinylether; Fluorkautschuk.

Der Schlauch ist in den erforderlichen Längen mit bereits von den Herstellern montierten Anschlussstücken zu beziehen. Die Hinweise des Herstellers zur Chemikalienbeständigkeit sind zu beachten.

Sämtliche Entladeschläuche sind einer regelmäßigen Inspektion und Prüfung zu unterziehen. Wenn sie nicht in Gebrauch sind, sollten sie gegen das Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit geschützt gelagert werden.

3.4 ENTLADEN VON EISENBAHN-TANKWAGEN

Vor dem Entladen sind die Versanddokumente zu prüfen, damit die Chemikalie in den richtigen Tank entladen wird.

3.4.1 Auf den Schienen sind geeignete Anschläge zu verwenden, um Kollisionen des Eisenbahn-Tankwagens mit anderen Wagons, die auf der Entladestrecke rangiert werden, zu vermeiden. WARNFLAGGEN sollten an geeigneten Punkten platziert werden. Es kann, falls möglich, ein Sicherheitssystem installiert werden, welches das Entladeventil im Fall eines Verschiebens des Eisenbahn-Tankwagens schließt.

3.4.2 Die Handbremse ist zu aktivieren und die Räder mit einem Bremsklotz zu blockieren. Die Bremsen müssen jedoch gelöst werden, bevor das Entladen beginnt. Ansonsten könnte der Bremsmechanismus beschädigt werden, wenn sich der Eisenbahn-Tankwagen während des Entladens anhebt.

3.4.3 Falls das Entladen mit Druckluft vorzunehmen ist, darf eine Druckobergrenze (oft 1,3 bar (20 psig), jedoch abhängig von den Bedingungen vor Ort) in keinem Fall überschritten werden. Dies kann durch ein Druckminderungsventil und ein Entspannungsventil in der Zuluftleitung des Kunden erreicht werden.

3.4.4 Es ist sicherzustellen, dass der interne Hahn geschlossen ist.

3.4.5 Die Gaspendelleitung ist an das Entlüftungsventil anzuschließen. Das Entlüftungsventil oben auf dem Eisenbahn-Tankwagen ist zu öffnen, um Druck oder Vakuum zu entlassen. Es ist sicherzustellen, dass dieses Ventil während des gesamten Entladevorgangs durch Schwerkraft oder Abpumpen geöffnet bleibt.

3.4.6 Überprüfen Sie, dass sämtliche Flüssigkeitsauslassventile geschlossen sind (z. B. das interne und das externe Ventil) und entfernen Sie den Blindstopfen.

3.4.7 Den flexiblen Schlauch an den Eisenbahn-Tankwagen und entweder an die Pumpe oder die Aufnahmerohrleitung anschließen.

3.4.8 Das gesamte System ist auf die sachgerechte Ventilanordnung zu überprüfen.

3.4.9 Das externe Ablassventil auf dem Eisenbahn-Tankwagen öffnen.

3.4.10 Das interne Ablassventil auf dem Eisenbahn-Tankwagen öffnen.

3.4.11 Das Einlassventil des Kunden und die Zufuhr des Lagertanks öffnen. Falls die Entladung über eine Pumpe erfolgt, ist diese nun einzuschalten.

3.4.12 Regelmäßig während des Entladens auf Leckagen der Rohrleitungen, Schläuche und Anschlüsse prüfen. Tropfen sind in Blechkanistern aufzufangen.

3.5 ENTLADEN AUS STRABENTANKWAGEN

Vor dem Entladen sind die Versanddokumente zu prüfen, damit die Chemikalie in den richtigen Tank entladen wird.

3.5.1 Absperrungen und Fahnen sind so zu positionieren, dass das Entladepersonal entsprechend gewarnt wird. Die Bremsen sind zu aktivieren und die Räder zu blockieren. Der Straßentankwagen sollte geerdet sein.

3.5.2 Die Anweisungen 3.4.4 bis 3.4.10 sind auszuführen.

3.5.3 Das Einlassventil zum Tank des Kunden und die Zufuhr des Lagertanks öffnen. Falls die Entladung über eine Pumpe erfolgt, ist diese einzuschalten.

3.5.4 Regelmäßig während des Entladens auf Leckagen der Rohre, Schläuche und Anschlüsse prüfen.

Die notwendigen Unterlagen sollten ausgefüllt sein.

3.6 VORGEHEN NACH DEM ENTLADEN

- Das Auslassventil schließen.
- Den Abgabeschlauch lösen und in ein Fass oder ein anderes Behältnis entleeren, um kein Material zu verschütten. Ein Entladearm (starre Rohrleitung) kann weiter mit Lösemittel gefüllt bleiben, sofern er ordnungsgemäß mit einem Ventil versehen und ein angemessener hydraulischer Schutz gewährleistet ist. Die Gaspendelleitung lösen.
- Vorsichtig mit möglichen Restmengen von in den Schläuchen verbliebenem Lösemitteln. Ausreichenden Schutz gegen Leckagen bieten und die Schläuche/Leitungen entsprechend leeren.
- Die oberen Ventile und die Kuppel schließen und sichern.
- Blindstopfen des Straßentankwagens und der Zufuhrverrohrung einsetzen.
- Jedes verschüttete Material ist ordnungsgemäß aufzunehmen und gemäß den örtlichen Verordnungen zu entsorgen, um jede Verunreinigung von Wasser, Luft und Boden zu vermeiden.

4. ABFÜLLEN AUS LAGERTANKS IN KLEINERE TRANSPORTBEHÄLTER

Der Transfer chlorierter Lösemittel vom Lagertank zum Verwendungsort kann auf verschiedene Arten erfolgen, je nach Überführungsentfernung und Anzahl der Endbenutzer.

- Schwerkraft
- Pumpen
- Transportbehälter (die während des Transports verschlossen sein müssen).

Jedes Entladerohr ist mit dem Namen des Produkts zu kennzeichnen.

4.1 MATERIALIEN FÜR KLEINE TRANSPORTBEHÄLTER

Die für den Transport verwendeten Behälter sollten aus Stahl (s. 1.2.2.1) gefertigt sein und müssen während des Transports fest verschlossen bleiben. Aufgearbeitete Metallfässer werden nicht zur Verwendung mit CKW empfohlen, da verborgene Materialdefekte die Gefahr von Leckagen erhöhen könnten. Die Behälter sollten vor der Verwendung auf Sauberkeit überprüft werden. Spunde und Stopfen sollten mit Dichtungen versehen sein, die gegenüber dem Lösemittel beständig sind.

Die Verwendung besonderer Behälter oder von Fasslagerungsbereichen wird von ECSA besonders empfohlen für die Lagerung, den Transport und die Handhabung chlorierter Lösemittel, und ist in bestimmten Ländern verbindlich vorgeschrieben.

4.2 GESETZLICHE ANFORDERUNGEN AN KLEINE TRANSPORTBEHÄLTER

Jede Verpackung (Fässer, IBC, kleine Behälter von bis zu 3 Tonnen), die für den Transport auf der Straße, Schiene, auf dem Luft- und Seeweg verwendet wird (ADR/RID/IATA/IMDG), ist mit dem UN-Verpackungscode des entsprechenden Lösemittels (z. B. UN 1A1/X1.2/250/...) zu versehen. Bei Einweg-Stahlfässern mit nicht abnehmbarem Deckel (üblicherweise ca. 200 L Volumen) eignet sich der allgemeine X-Fasstyp (UN 1A1/X1.2/250/...) für Flüssigkeiten der Verpackungsgruppe III mit einer Dichte von max. 2,7 kg/l und einem Dampfdruck von max. 250 kPa (= 2,5 bar) bei 55 °C. Die empfohlene Wandstärke (oben, unten, Seitenwände) der Fässer beträgt mindestens 1,0 mm, vorzugsweise 1,2 mm. In Gebieten mit heißem Klima können höhere Wandstärken erforderlich sein. Ausbeulungen des Fasses (auch bei höherer Wandstärke) wurden gelegentlich beobachtet (insbesondere der Ober- und der Unterseite) infolge erhöhten Dampfdrucks und sich ausdehnender Flüssigkeit, wenn die Fässer bei signifikant höheren Temperaturen gelagert wurden. Dieses physikalische Phänomen beeinträchtigt üblicherweise nicht die chemische Qualität der Lösemittel solange die Haltbarkeitsdauer nicht überschritten wird.

Die maximalen volumetrischen Füllgrade kleiner Transportbehälter (90 % bei DCM, 92 % bei TRI und 94 % bei PER) sowie andere wichtige Bestimmungen der ADR, Anlage A, Kapitel 4, sind einzuhalten.

Behälter, die für den Transport auf der Straße, der Schiene sowie dem Luft- und Seeweg verwendet werden, müssen über geeignete Transport- und Chemikalienetiketten gemäß den internationalen, europäischen und nationalen Vorschriften verfügen (insbesondere gemäß ADR/RID/IATA/IMDG und CLP-Verordnung²). Wenn die Behälter nur vor Ort genutzt werden, reicht ein Chemikalienetikett aus.

² VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen und deren Änderungen zum Zweck der Anpassung an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt.

4.3 UMVERPACKUNG

Fässer und andere Transportbehälter werden gefüllt durch

- eine volumetrische Messung anhand eines Messgeräts oder eines Tauchstabs oder durch Wiegen.

Empfohlen ist die Verwendung eines stationären geschlossenen Füllsystems (emissionsfreie Füllleitung mit Gaspendelleitung), das mit einem automatischen Überfüllalarm ausgestattet ist, um Emissionen zu vermeiden und Arbeiter vor Expositionen zu schützen.

Die Füllleitung muss selbstentleerend sein oder über eine Vorrichtung für die Entleerung verfügen.

Der direkte Transfer vom Lösemittel zum Eisenbahn-Tankwagen, Straßentankwagen oder einem überirdisch installierten Tank zu kleinen Tanks/Behältern oder Fässern sollte mit ausreichender Entlüftung erfolgen.

Wo Fässer/Behälter offen (durch ein Spundloch) im Innenbereich befüllt werden, sollte der Lagerraum ausreichend belüftet werden, um die Ansammlung von Lösemitteldampf aus dem Fass während des Füllvorgangs zu vermeiden, oder es sollte eine geeignete Absaugung verwendet werden. Einem geschlossenen Abfüllsystem ist jedoch der Vorzug zu geben.

Darüber hinaus sind während dieser Tätigkeiten angemessene Vorkehrungen zu treffen um die Verunreinigung des Bodens und des Grundwassers zu vermeiden. Ein Stahlauffangwanne eignet sich am besten dafür und ist in einigen Ländern vorgeschrieben.

Die Steuerungen und Schaltungen der Pumpe der Abfüllanlage sollten so platziert sein, dass sie einfach und sicher für das Bedienpersonal zu handhaben sind. Eine Notabschaltung der gesamten Operation wird empfohlen.

5. EMPFEHLUNGEN FÜR DEN UMGANG MIT FÄSSERN UND KLEINGEBINDEN

Für die Handhabung von Lagerung und Transport von chlorierten Lösemitteln empfiehlt ECSA nachdrücklich die Verwendung und Förderung von besonderen Behältern (Sicherheitsbehälter oder entsprechende geschlossene Kreissysteme), die als solche in allen Fällen eine sichere Handhabung und den entsprechenden Transport und die Lagerung chlorierter Lösemittel seitens der Endnutzer gewährleisten. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn die Lager- und Handhabungseinrichtungen und die Ausrüstung vor Ort beim Kunden nicht spezifisch für eine sichere Handhabung und Lagerung von chlorierten Lösemitteln ausgelegt sind (z. B. Fehlen von ausreichenden Bodenschutzmaßnahmen, Fehlen von stoffspezifischer Schulung, Fehlen von Ausrüstung zur Vermeidung von Luftemissionen).

5.1 LAGERUNG VON FÄSSERN

Fasslagereinrichtungen für chlorierte Lösemittel sollten von anderen Produktarten, z. B. brennbaren Lösemitteln, getrennt sein.

Fässer sind an kühlen, belüfteten Bereichen zu lagern und müssen dicht verschlossen sein, wenn sie nicht benutzt werden. Lagereinrichtungen für gefüllte Fässer (auch für leere Fässer, es sei denn sie wären neu oder gründlich gereinigt) müssen gegen Regen und anderes Eindringen von Wasser geschützt sein, um die Verunreinigung des Oberflächenentwässerungssystems zu vermeiden.

Versiegelte Fässer müssen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt gelagert werden sowie entfernt von Wärmequellen, um Aufbau von Überdruck zu vermeiden. Fässer sollten auf dem Boden gelagert und Maßnahmen gegen Korrosion des Fassbodens ergriffen werden. Vor Ort sollte ein Rückhaltebecken von geeigneter Auslegung (aus Material, das beständig gegen chlorierte Lösemittel sowie von ausreichender Rückhaltefähigkeit ist) installiert sein.

Falls die Fässer übereinander gestapelt werden, sollte die Höhe nie mehr als zwei Fässer betragen, es sei denn, es handelt sich um leere Fässer. Die Lagerung außerhalb des Arbeitsbereichs ist wünschenswert, auch wenn die Lagerung einer eingeschränkten Menge zur Versorgung des Arbeitsbereichs in diesem erlaubt sein sollte.

Es muss eine ausreichende Belüftung für den Fall sichergestellt sein, damit bei einer zufälligen Freisetzung von Lösemittel (-dampf) die Dampfkonzentration so niedrig wie möglich bleibt, auf jeden Fall innerhalb der regulatorischen Anforderungen.

In bestimmten Ländern gibt es Anforderungen, ein Tropfen- oder Leckage-Rückhaltebecken aus einem lösemittelbeständigen Material, wie beispielsweise Stahl, vorzusehen.

Vorkehrungen müssen getroffen werden, um nicht autorisierte Personen vom Lagerbereich fernzuhalten.

5.2 VERSETZEN VON FÄSSERN

Volle Fässer sind mit Sorgfalt zu handhaben und dürfen nicht ohne mechanische Hilfsmittel bewegt werden. Chlorierte Lösemittel weisen ein hohes spezifisches Gewicht auf, das wiederum ein hohes Gewicht der Fässer bewirkt. Volle 200-Liter-Fässer Perchlorethylen können bis zu 330 kg schwer sein. Es ist nicht empfehlenswert, 200-Liter-Fässer von Hand zu rollen, wobei das gesamte Gewicht auf dem erhöhten Bodenrand liegt. Dies sollte vermieden werden.

5.3 ENTLADEN

Die Entnahme des Inhalts der Fässer sollte unter Verwendung einer Pumpe erfolgen. Die Entladung durch Schwerkraft ist möglich, jedoch nicht empfohlen. Unter keinen Umständen darf ein Fass mit Luftdruck geleert werden, da es platzen könnte.

Um die Verunreinigung des Bodens zu vermeiden, sollte das zu leerende Fass auf ein Metallgitter über einer Metalltropfwanne oder einer Auffangwanne aus vorgefertigtem Polymerbeton gestellt werden. Vor Ort sollte ein Rückhaltebecken von geeigneter Auslegung (aus Material, das beständig gegen chlorierte Lösemittel sowie von ausreichender Rückhaltefähigkeit ist) installiert sein.

5.3.1 Entladen durch Schwerkraft

Das Entladen der Fässer durch Schwerkraft ist aufgrund des höheren Verschüttungs- und Expositionsrisikos nicht empfohlen. Bevorzugt sollte das Entladen unter Verwendung trockener Anschlüsse und einer Gaspendelleitung anhand einer Pumpe vorgenommen werden.

Empfohlen ist die Verwendung eines stationären geschlossenen Füllsystems (emissionsfreie Füllleitung mit Gaspendelleitung), das mit einem automatischen Überfüllmelder ausgestattet ist, um Emissionen zu vermeiden und Arbeiter vor Expositionen zu schützen.

Die Füllleitung muss selbstentleerend sein oder über eine Vorrichtung für die Entleerung verfügen.

Der direkte Transfer vom Lösemittel zum Eisenbahn-Tankwagen, Straßentankwagen oder einem überirdisch installierten Tank zu kleinen Tanks/Behältern oder Fässern sollte mit ausreichender Entlüftung erfolgen.

Wo Fässer/Behälter offen in Gebäuden stehen und (durch ein Spundloch) befüllt werden, sollte der Lagerraum ausreichend belüftet werden, um die Ansammlung von Lösemitteldampf aus dem Fass während des Füllvorgangs zu vermeiden, oder es sollte eine geeignete Dampfabsaugung verwendet werden. Einem geschlossenen Füllsystem ist jedoch der Vorzug zu geben.

Darüber hinaus sind während dieser Operationen angemessene Vorkehrungen zu treffen um die Verschmutzung des Bodens und des Grundwassers zu vermeiden. Ein Stahlrückhaltebecken eignet sich am besten dafür und ist in einigen Ländern vorgeschrieben.

Die Steuerungen und Schaltungen der Pumpe, des Fassfüllers usw. sollten so platziert sein, dass sie den Komfort und die Sicherheit des Bedienpersonals im Auge haben. Eine Notabschaltung der gesamten Operation wird empfohlen.

5.3.2 Entladen mit Pumpe

Das Entladen mit Hilfe einer Pumpe ist die bevorzugte Entlademethode für Fässer. Diese Methode eignet sich auch, wenn die Verbrauchsstelle höher als das Fass oder das tragbare Behälter liegt. Dieselben Sicherheitsvorkehrungen wie unter 4.3.1. beschrieben gelten auf für das Öffnen von Spundlöchern, wenn ein Fass mit Hilfe einer Pumpe geleert wird.

Selbstansaugende tragbare Kreiselpumpen von ausreichender Leistung (z. B. mit einem V - 1/3 PS Motor, der in der Lage ist, 40-120 Liter/Minute einer Flüssigkeit mit einem spezifischen Gewicht von 1,6 gegen eine Förderhöhe von 6 m zu liefern) sind eine zufriedenstellende Option. Sie können direkt auf dem Spundlochkopf des Fasses platziert werden.

Es können entweder starre Verrohrung oder flexible lösemittelbeständige Schläuche verwendet werden. Es wird empfohlen, nach Möglichkeit feste trockene Anschlüsse zu verwenden, um die Gefahr von Verschüttungen/Exposition zu unterbinden/auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Die Verwendung spezieller Behälter für die Lösemittellieferung anstelle von Fässern besitzt den Vorteil, dass die Behälter bereits mit einer dauerhaft montierten Pumpe, die ausschließlich für den Lösemitteltransfer verwendet wird, und einem geeigneten Druckablassventil sowie trockenen Anschlüssen und einen Tropfauffangbehälter ausgerüstet sind. Darüber hinaus sind Spezialbehälter mit einem Gestell ausgerüstet, um sie leichter zu verschieben. All dies gewährleistet einen sicheren Lösemitteltransfer mit dem geringstmöglichen Risiko von Leckagen und Exposition. Bei der Verwendung von Spezialbehältern sind der vom Lieferanten herausgegebene Leitfaden zu beachten.

5.4 HANDHABUNG VON LEEREN FÄSSERN

Vor der Rückgabe sind die Fässer gründlich zu entleeren. Nach Möglichkeit sind sie auch von Dämpfen zu befreien und anschließend mit den Originalstopfen zu versiegeln.

Fässer mit Lösemittelrückständen können als Sonderabfall gemäß den Abfallverordnungen entsorgt werden, sollten jedoch vorzugsweise zur erneuten Nutzung an den Lieferanten zurückgesandt werden. In diesem Fall dürfen die Etiketten nicht entfernt werden.

Vollständig gereinigte Fässer ohne Lösemittelrückstände oder Lösemitteldampf können als einfacher Abfall gemäß den Abfallverordnungen entsorgt werden (Etiketten entfernen), sollten jedoch vorzugsweise zur erneuten Nutzung an den Lieferanten zurückgesandt werden.

SCHNEIDBRENNEN von Fässer, die mit halogenierten Lösemitteln gefüllt waren, ist gefährlich (siehe A.2) und nicht zulässig.

5.5 LAGERUNG VON FÄSSERN MIT LÖSEMITTELABFALL

Es sollte die gleiche Aufmerksamkeit zur Vermeidung der Bodenverunreinigung wie bei der Lagerung von frischen Lösemitteln angewendet werden. Die Lagerung von Fässern mit Abfällen chlorierter Lösemittel sollte in Bereichen mit undurchlässigen Böden und Leckageauffangwannen erfolgen; dies kann nach Maßgabe der örtlichen Vorschriften verpflichtend sein.

6. WARTUNG

Allgemeine Wartungsempfehlungen für sämtliche Lagerungs-, Handhabungs- und Nutzungseinrichtungen/-ausrüstung.

Die gesamte Ausrüstung sollte gemäß den Empfehlungen des Herstellers gewartet und instandgehalten werden.

Das gesamte Lagerungssystem bedarf einer sorgfältigen und regelmäßigen visuellen Inspektion, um so rasch wie möglich eventuelle Leckagen festzustellen.

Eine kleine Leckage kann unter Druck ohne jeden Warnhinweis zu Lösemittelverlusten und einer großen Flüssigkeitsaustritt führen. Ein einfacher Halogen-Leckagedetektor, wie er beispielsweise von Wartungsarbeitern im Kühlbereich verwendet wird, kann zur Prüfung von Anschlüssen, Ventilen, Pumpenpackungen und anderen problemlos zugänglichen Teilen des Systems eingesetzt werden. **WARNUNG:** Der Halogen-Detektor verwendet eine kleine Propangasflamme oder ein elektrisches Element, wodurch er nicht in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt werden darf.

Stellen Sie sicher, dass sämtliche Anschlüsse mit einem Material lackiert sind, das lösemittelbeständig ist. Verschiedene üblicherweise verwendete Wartungslacke fallen in diese Kategorie.

Es sollte ein geeignetes Wartungsprogramm aufgesetzt werden.

Aufrechterhaltung der Lösemittelqualität

Bei der Verwendung chlorierter Lösemittel (z. B. bei der Extraktion, Trocken- oder Metallreinigung) sollte die Qualität des Lösemittels regelmäßig für die jeweils vorgesehene Nutzung gemäß den Empfehlungen des Lieferanten überprüft werden (typische Parameter: Wasser, freie Säure/pH-Wert, Stabilisator/alkalische Reserve). Auf Verlangen können von den Lösemittellieferanten geeignete Leitfäden und Analyse-Kits erhalten werden.

Falls chlorierte Lösemittel während des Transports, der Lagerung oder Nutzung Wasser aufnehmen, können sie vor Ort durch die Behandlung mit inerten, alkalifreien, festen Trockenmitteln getrocknet werden, beispielsweise wasserfreies Kalziumchlorid oder wasserfreiem Natriumsulfat, vorzugsweise jedoch basisches Aluminiumoxid, Kieselgel oder ein 5 A-Molekularsieb (Zeolith) im trockenen Zustand, durch Anwendung einer Kreislaufführung in einer geeigneten Adsorber/Filter-Einheit (das verbrauchte lösemittelgetränkte Trockenmittel muss als Sonderabfall entsorgt werden). Zunächst sollte jede sichtbare Wasserschicht abgetrennt werden.

Falls diese Mittel nicht angewendet werden können, sollte das Lösemittel an den Lieferanten oder ein zugelassenes Verwertungsunternehmen zur ordnungsgemäßen Wiederverwertung zurückgesandt werden, da chlorierte Lösemittel problemlos durch azeotropische Destillation getrocknet werden können, d. h. durch Abdestillieren einer kleinen Fraktion, wodurch die meiste Feuchtigkeit vom zurückgelassenen äußerst trockenen Lösemittel entfernt wird, welches nach geeigneter Stabilisierung problemlos wiederverwendet werden kann.

Falls chlorierte Lösemittel während der Nutzung sauer werden (Aufbau von freiem HCl), sollten sofortige Maßnahmen ergriffen werden, da HCl Metallausrüstung korrodiert (dieser Prozess wird beschleunigt je mehr Wasser anwesend ist). Dies kann vor Ort durch Behandlung mit festen, mild alkalischen Absorptionsmitteln wie basischem Aluminiumoxid, durch Verwendung einer Kreislaufführung in einer geeigneten Adsorber/Filter-Einheit (das verbrauchte lösemittelgetränkte Trockenmittel muss als Sonderabfall entsorgt werden) erreicht werden. Alternativ kann eine nachträgliche Stabilisierung mit geeigneten Stabilisierungs-Kits des Lieferanten vorgenommen werden.

Falls diese Methoden weder anwendbar noch erfolgreich sind, sollte die Verwendung des Lösemittels eingestellt und dieses zurück an den Lieferanten oder ein zugelassenes Verwertungsunternehmen zur ordnungsgemäßen Wiederverwertung gesandt werden; und bevor mit frischem Lösemittel aufgefüllt wird, sollte die Ursache für den HCl-Aufbau ermittelt werden (Überhitzen des Lösemittels? Eindringen

von Wasser über undichte Kühler oder Anschlüsse? Rost oder Metallpulver im System (auf Zink, Magnesium, Aluminium und deren Legierungen achten)?). Die Lösemittellieferanten bieten Hilfe beim Beheben von Störungen.

7. SICHERHEITSVORKEHRUNGEN BEI REINIGUNG & REPARATUR VON TANKS

Die Reinigung und die Reparaturen von Tanks sollten von gründlich geschultem/qualifiziertem Personal vorgenommen werden, das vollständig mit den Gefahren, Sicherheitsvorkehrungen und -ausrüstungen sowie mit den Rettungs- und Erste-Hilfe-Verfahren bei chlorierten Lösemitteln vertraut sind.

Je nach Verunreinigungsgrad und/oder jeweiligem Reparaturbedarf sollte die Reinigung/Reparatur entweder von eigenem qualifiziertem Personal oder mit der Unterstützung von spezialisierten Reinigungs/Reparatur-Unternehmen ausgeführt werden.

- Neben der Beachtung der jeweiligen örtlichen Verordnungen sollten auch die folgenden Sicherheitsvorkehrungen ergriffen werden.
- Der Zutritt zu Tanks und das Arbeiten in diesen bedarf einer vom Aufsichtspersonal zu unterzeichnenden Arbeitserlaubnis.
- Der Tank ist vom Kreislauf zu isolieren und für die Reinigung/Reparatur durch Trennen der Stromversorgung usw. vorzubereiten.
- Sämtliche zu- und abführenden Leitungen des Tanks sind nach dem Entleeren und dem Schließen der betreffenden Ventile zu trennen. Die Rohrenden sind mit einer Kappe oder einem Blindflansch zu verschließen, um sie gegen „menschliches Versagen“ oder unerwartete Leckagen zu schützen.
- Der Tank ist zu Leeren, zu Trocknen und durch Spülen von sämtlichen Lösemitteldämpfen zu befreien. Die Spülung mit Warmluft (1 bis 2 Tage, bei Beachtung der örtlichen Emissionsverordnungen) wird empfohlen, bis Prüfungen mit einem Lösemittel-Detektor (z. B. ein Dräger-Röhrchen o. ä.) angeben, dass alles sicher ist. Die Reinigung des Tanks (nach der Spülung) wird durch Füllen mit Wasser und Drainage erreicht. Der Schmutz wird von den Wänden anhand von Hochdruckwasser abgespritzt. Spülwasser, das chlorierte Lösemittel enthält, sollte gemäß den örtlichen Verordnungen entsorgt werden.
- Der Tank ist während des gesamten Reinigungs- oder Reparaturvorgangs zu entlüften, wobei die örtlichen Luftqualitätsnormen zu beachten sind. In der Praxis erfolgt dies durch Öffnen des Einlasses am Boden des Tanks und durch Platzierung des Ventilators über der Einstiegsöffnung des Tanks. Auf diese Weise wird eine Luftzirkulation im Tank erzeugt. Zu diesem Zweck darf keine Luft aus Druckluftanlagen verwendet werden.
- Falls Bedienpersonal während dieser Reinigung in den Tank steigen muss, muss eine qualifizierte Person feststellen, dass kein Sauerstoffmangel vorliegt. Grundsätzlich sollte mit dem Betreten des Tanks gewartet werden, bis die Konzentration des chlorierten Lösemittels unter das nationale OEL (Occupational Exposure Level) gefallen ist. Umluftunabhängige Atemausrüstung (Atemungsgeräte) wird nachdrücklich empfohlen, wenn beengte Räume wie Tanks betreten werden.
- Die Personen im Tank sind mit einem Rettungsgurt und einer Rettungsleine auszustatten. Es muss stets eine qualifizierte Person außerhalb der Einstiegsöffnung gegeben, der die Personen im Tank beständig beobachtet und bei unvorhergesehenen Notfällen für Hilfe sorgt.

- Ein Atemungsgerät oder ein umluftunabhängiges Atemgerät, deren ordnungsgemäße Funktion zuvor überprüft wurde, sowie ein Rettungsgurt und eine Luftleitung sollten stets zur Hand sein, unabhängig von der Art des Atemungsausrüstung oder der Luftversorgung im Tank.
- Jede Person, die den Tank zu Rettungsmaßnahmen betritt, muss mit einem extern versorgten Atemungsgerät versehen werden.
- Es können spezifischere örtliche Verordnungen oder Gesetze anzuwenden sein.

8. RECYCLING & ENTSORGUNG VON VERBRAUCHTEN LÖSEMITTELN & RÜCKSTÄNDEN

Chlorierte Lösemittel eignen sich hervorragend für die Wiederverwertung, die durch einfache fraktionierte Destillation vorgenommen wird. Da die Wiederverwertung die Umwelteffizienz chlorierter Lösemittel erheblich verbessert, sollten verbrauchte Lösemittel soweit dies möglich ist zum Recycling zur erneuten Verwendung gesandt werden. Ausschließlich Rückstände (= stark mit Ölen, Fett, Staub und anderem Schmutz verunreinigte Lösemittel) sollten entsorgt werden, wenn kein Recycling möglich ist (derartige Abfälle werden üblicherweise durch Verbrennen zerstört).

Der Transport und die Rücknahme verbrauchter Lösemittel und Rückstände bedürfen einer Genehmigung nach Maßgabe der nationalen Abfallgesetze.

Verbrauchte chlorierte Lösemittel und Rückstände sind nach dem EU-Abfallkatalog als *Sondermüll* klassifiziert, d. h. der Abfallcode ist mit einem * versehen. Befragen Sie Ihren Abfallentsorger nach der ordnungsgemäßen Zuordnung des Abfallcodes.

Weitere allgemeine Informationen zur Wiederverwertung und Abfallentsorgung in der EU sind hier zu finden:

[Municipal Waste Europe](#)
[The European Solvent Recycler Group, ESRG](#)

Empfehlungen für Benutzer von chlorierten Lösemitteln:

- Es sind nur geeignete Container oder spezielle Sicherheitsbehälter oder entsprechende Behälter für das Sammeln und den Transport verbrauchter Lösemittel und Rückstände zu verwenden.
- Vorzugsweise sind emissionsfreie Systeme mit geschlossenem Kreislauf für das Auffüllen oder eine lokale Entlüftung an möglichen Emissionsorten zu verwenden (Gaspendelleitung).
- Chlorierte Lösemittel dürfen nicht mit anderen Lösemitteln, Ölen oder andere Abfällen vermischt werden. Einzelne chlorierte Lösemittel sind separat zu verwahren, um die Wiederverwertung zu erleichtern.
- Behälter sind ordnungsgemäß entsprechend der CLP-Verordnung (GHS-Etikettierung) und den Verordnungen für die Beförderung gefährlicher Güter zu etikettieren. Falls Sie sich nicht sicher sind, welche Angaben auf dem Etikett zu machen sind, fragen Sie Ihren Lieferanten.
- Behälter sind auf geschütztem Boden zu lagern, der nach geltendem Recht und entsprechendem Leitfaden gegen chlorierte Lösemittel beständig ist, wie im Fall von frischen Lösemitteln.

Der Transport und die Rücknahme verbrauchter Lösemittel bedürfen einer Genehmigung gemäß dem geltenden Abfallrecht. Die gefüllten Behälter sind an Ihren Lieferanten oder einen zugelassenen Wiederverwerter oder Abfallentsorger zurückzusenden, wenn die rechtlichen Formalitäten in Bezug auf Abfälle geklärt sind. Autorisierte Lieferanten bieten ebenfalls an, verbrauchte Lösemittel und

Rückstände in speziellen Sicherheitsbehältern oder gleichwertige Systemen mit emissionsfreiem, geschlossenem Kreislauf zurückzunehmen, und gewährleisten einen sicheren und regelkonformen Umgang mit Abfällen.

- Aufzeichnungen über ausgehende Abfälle sowie Archivkopien der Erklärungen von Lieferanten und Wiederverwertungs- bzw. Entsorgungsunternehmen sind zu verwahren.
- Einweg-Stahlfässer müssen vollständig von Chemikalien entleert sein, bevor sie zur Wiederaufbereitung und weiteren Verwendung versandt werden können (es empfiehlt sich nicht, aufbereitete Stahlfässer für chlorierte Lösemittel zu verwenden).

9. EMPFEHLUNGEN FÜR REINIGUNGSMASCHINEN ZUR NUTZUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITTELN BEI DER TEXTIL- UND OBERFLÄCHENREINIGUNG

Vorteile der Nutzung moderner geschlossener Reinigungsmaschinen

Chlorierte Lösemittel (Perchlorethylen (PER), Trichlorethylen (TRI) und Dichlormethan (DCM)) werden seit vielen Jahrzehnten als Reinigungsmittel bei der Metall- und generell der Oberflächenreinigung eingesetzt. Speziell Perchlorethylen wird auch seit vielen Jahrzehnten als wichtigstes Reinigungslösemittel bei der Trockenreinigung von Textilien verwendet.

In den letzten Jahrzehnten, seit Mitte der 1980er, haben Reinigungsanlagen eine tiefgehende Weiterentwicklung von sehr einfachen Basisanlagen mit hohen Emissionen zu hochentwickelten, geschlossenen oder versiegelten Anlagen, wie sie heutzutage vertrieben werden, erfahren. Moderne Anlagen verfügen über zahlreiche Neuerungen wie

- die Ausrüstung mit internen geschlossenen Luftkreisläufen mit Beseitigung und Regeneration von Lösemitteln
- kontinuierliches Lösemittelrecycling
- die Nutzung der Vakuumtechnologie in der Oberflächenreinigung.

Die Verwendung moderner Reinigungsmaschinen hat eine ausgeprägte Reduzierung der Emissionen von über 150 g Perchlorethylen pro kg Kleidung auf weniger als 10 g/kg in der chemischen Reinigung und von über 10 g/h auf weniger als 20 g/h in der Oberflächenreinigung nach sich gezogen.

ECSA und ihre Mitgliedsunternehmen unterstützen umfassend die Entwicklung und Markteinführung moderner Reinigungsmaschinen und haben geeignete Lösemittelformulierungen und Stabilisierungspakete entwickelt, um den Anforderungen moderner Maschinen gerecht zu werden. Dies ermöglicht die umfassende Nutzung dieser Anlagen, die auch eine stark verlängerte Lebensdauer des Lösemittels im Gerät ermöglicht. So konnte bei der Oberflächenreinigung die Lebensdauer einer Lösemittelfüllung der Maschine von weniger als einem Monat bei einfachen Einrichtungen auf bis zu 2 Jahre Lösemittelleistung und bei modernen Anlagen sogar noch länger verlängert werden. Dies bedeutet, dass die Reinigungswirkung eines Lösemittelmoleküls um einen Faktor von 20 und mehr vergrößert werden konnte. Die Reinigungseffizienz chlorierter Lösemittel, die in modernen Anlagen Verwendung finden, ist gegenwärtig angesichts der einzigartigen Wiederverwertungseigenschaften chlorierter Lösemittel unübertroffen. Dies erhöht die Umwelteffizienz chlorierter Lösemittel erheblich.

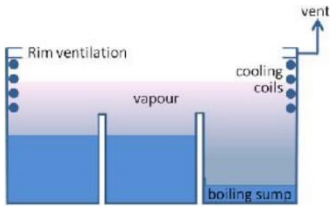
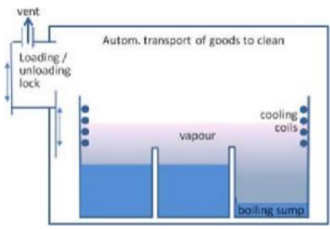
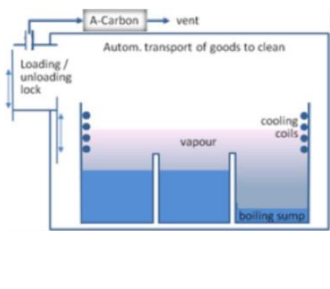
ECSA empfiehlt nachdrücklich die Verwendung moderner geschlossener Anlagen der besten verfügbaren Technologie (BAT). ECSA empfiehlt für die chemische Reinigung Maschinen der 5. Generation, (Mindeststandard sollte die 4. Generation sein) Für die Oberflächenreinigung sollten zumindest Maschinen des Typs III oder höher verwendet werden. Diese modernen Maschinen sind

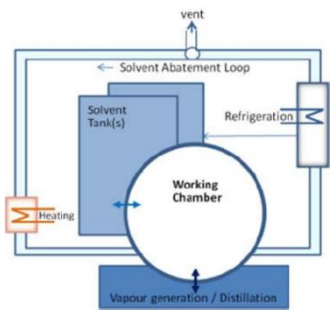
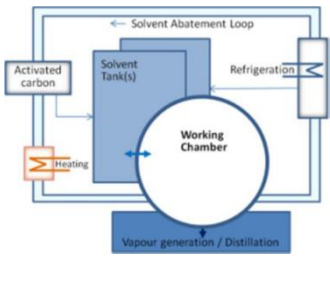
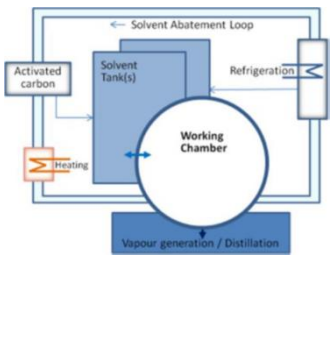
ausgelegt, um die Emissionsanforderungen der europäischen VOC-Richtlinie zu erfüllen. Höhere Maschinengenerationen (chemische Trockenreinigung) oder Maschinenarten (Oberflächenreinigung) tragen nicht nur dazu bei, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu gewährleisten, sondern stellen auch eine nachhaltige Verwendung von Lösemitteln in der Oberflächen- oder Textilreinigung sicher, in dem sie Emissionen auf ein Mindestmaß reduzieren oder eine sichere Handhabung sowie einen entsprechenden Transfer und die Rücknahme des Lösemittels sichern. Die Maschinen können problemlos für einen emissionsfreien Lösemitteltransfer in Verbindung mit emissionsfreien Versorgungs- und Rücknahme-Behältern (Sicherheits-Behälter mit geschlossenem Kreislauf) verwendet werden. Moderne BAT-Reinigungsmaschinen werden von allen führenden Herstellern von Maschinen für die Oberflächen- oder chemische Trockenreinigung angeboten.

Überprüfung und Beschreibung unterschiedlicher Generationen und Arten von Reinigungsmaschinen

Die Entwicklung der Maschinen, die in der Oberflächen- und chemischen Trockenreinigung zum Einsatz kommen, wird in den folgenden Tabellen 1 und 2 zusammengefasst. Die Tabellen beschreiben verschiedene Maschinenarten und -generationen. Die Nomenklatur entspricht bei der Oberflächenreinigung der von ECSA 2001 übernommenen Nomenklatur und bei der chemischen Trockenreinigung der Nomenklatur, die vom Leonardo da Vinci E-DryClean-Schulungsprogramm (www.cinet-online.net/edryclean/) übernommen wurde, die in Kooperation mit ECSA erstellt wurden. Beide Tabellen bieten Querverweise / Entsprechungen für die in anderen Dokumenten verwendete unterschiedliche Nomenklatur.

Tabelle 1: Typen / Generationen von Oberflächereinigungsmaschinen

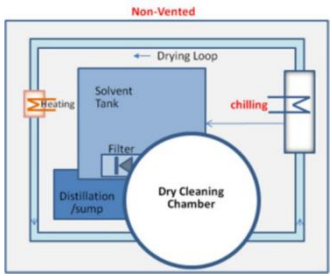
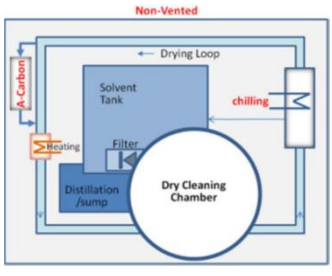
Aktuelle ECSA-Nomenklatur ¹	Schematische Zeichnung	Wesentliches Merkmal (Entscheidende Verbesserung in Rot)	Einhaltung gesetzlicher Vorschriften	Verweis auf Nomenklatur/Entsprechung im EU-Standard 12921-4 ³	Verweis auf Nomenklatur/Entsprechung in J. von Grote, ETH Diss. #15067 von 2003 ⁴
Typ I Oben geöffnet		<ul style="list-style-type: none"> • Oben geöffnet • Randlüftung • Kühlung mit Wasser oder Tiefkühlung (2 °C) • Typische Luftemission: zwischen 1-16kg/h, Durchschnitt 4,7kg/h 		Als "oben geöffneter Tank" in Abb. A.4 von Anlage A.	Wasserkühlung: Als Typ I "oben geöffnet und mit Wasser gekühlt" Tiefkühlung: Als Typ II "oben geöffnet elektrogekühlt"
Typ IIa Geschlossen (direkt in die Atmosphäre entlüftet)		<ul style="list-style-type: none"> • Geschlossen (auf allen Seiten geschlossen) • Belüftete Luftschleuse für Laden/Entladen von Ware • Tiefkühlung • Automatischer Warentransport • Typische Luftemission: 2,0 kg/h 		Als "Type II - geschlossen"	
Typ IIb Geschlossen und reduziert (über externen Aktivkohlefilter entlüftet)		<ul style="list-style-type: none"> • Als Typ IIa, aber ohne zusätzlichen externen Aktivkohlefilter für Entfernung von Lösemittel aus der Abluft • Typische Luftemission: 1,0 kg/h 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann die deutsche Emissions-Richtlinie "2. BimSchV" in ihrer alten Fassung von 1986 erfüllen • Kann die Erfüllung der Grenzwerte der EU-SED-Richtlinie ² ermöglichen 		

Aktuelle ECSA-Nomenklatur ¹	Schematische Zeichnung	Wesentliches Merkmal (Entscheidende Verbesserung in Rot)	Einhaltung gesetzlicher Vorschriften	Verweis auf Nomenklatur/Entsprechung im EU-Standard 12921-4 ³	Verweis auf Nomenklatur/Entsprechung in J. von Grote, ETH Diss. #15067 von 2003 ⁴
<p>Typ III</p> <p>Geschlossen mit interner Luftreinigung vor Öffnung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Geschlossene Einzelkammer oder Nutzung einer Auffangkammer (Luftschleuse zur Abdichtung gegen Lösemittelbad/bäder) • Lösemittel-Reduzierungs-Kreis mit Kühlung (<-20 °C) zum säubern von Luft vor Öffnung (<2g/m³) • Typische Luftemission: 155 g/h 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllt allgemein die Anforderungen der deutschen Emissions-Richtlinie „2.BImSchV“ • Ausgelegt, um SED-Grenzwerte zu erfüllen 	<ul style="list-style-type: none"> • Typ I - geschlossene Reinigungsmaschinen differenziert durch Typ Ia - Auffangkammer-Systeme Abb. A.1 von Anlage A. und Typ Ib - Einzelkammer-Reinigungsmaschine Abb. A.2 von Anlage A. 	<p>Als Typ IV "Einkammer"-Maschinen</p>
<p>Typ IV</p> <p>Geschlossen mit Lufttrocknung über geschlossenen Kreislauf ohne Entlüftung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Keine Abluft (vollständig geschlossener Luftkreislauf) • Ausrüstung interner Aktivkohlefilter zusätzlich zur Tiefkühlung. • Bessere Trocknung auch von Ware mit komplizierten Formen. • Typische Luftemission: 1-100 g/h, Durchschnitt etwa 38 g/h 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllt allgemein die Anforderungen der deutschen Emissions-Richtlinie „2.BImSchV“. • Ausgelegt, um SED-Grenzwerte zu erfüllen. 	<p>Der Norm EN 12921-4 noch nicht bekannt</p>	<p>Als Typ V Maschinen mit „Trocknung mit geschlossenem Kreislauf und einer Kammer“</p>
<p>Typ V</p> <p>Geschlossen ohne Entlüftung und Betrieb unter Vakuum</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Als Typ IV, jedoch mit Vakuum-Technologie, wobei die Arbeitskammer und Destillation während des Betriebs unter reduziertem Druck verbleiben • Verbesserte Trocknung • Reduzierte Emissionen • Reduzierter Abfall • Verlängerte Lösemittel-Lebensdauer (aufgrund der niedrigeren Temperatur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllt allgemein die Anforderungen der deutschen Emissions-Richtlinie „2.BImSchV“. • Ausgelegt, um SED-Grenzwerte zu erfüllen. 	<p>Der Norm EN 12921-4 noch nicht bekannt</p>	<p>Der These noch nicht bekannt</p>

- ¹ Zum ersten Mal in einer ECSA-Veröffentlichung verwendet: „Anlage zum Perchlorethylen-Risikobeurteilungs-Bericht, ECSA-Antwort auf die UK Environment Agency bezüglich der Perchlorethylen-Emissionsreduzierung aufgrund der Richtlinie zur Begrenzung von Lösemittlemissionen (1999/13/EG), 30. April 2001“
- ² EU-Richtlinie zur Begrenzung von Lösemittlemissionen (RICHTLINIE DES RATS 1999/13/EG), manchmal auch als VOC-Richtlinie der EU bezeichnet
- ³ EN 12921-4 „Maschinen zur Oberflächenreinigung und -vorbehandlung von industriellen Produkten mittels Flüssigkeiten oder Dampfphase - Teil 4: Sicherheit von Maschinen, in denen halogenierte Lösemittel verwendet werden“
- ⁴ 4J. von Grote, Occupational Exposure Assessment in Metal Degreasing and Dry Cleaning - Influences of Technology Innovation and Legislation, Dissertation (Nr. 15067), ETH Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 2003

Tabelle 2: Typen / Generationen von Textilreinigungsmaschinen

Aktuelle ECSA-Nomenklatur ¹	Schematische Zeichnung	Wesentliches Merkmal (Entscheidende Verbesserung in Rot)	Einhaltung gesetzlicher Vorschriften	Nomenklatur Leonardo da Vinci E-DryClean Schulungsprogramm ³	Nomenklatur Referenz/Entsprechung in ETH Dissertation von J. von Grote ⁴
1. Gen. Transfermaschinen		<ul style="list-style-type: none"> • Separate Ausrüstung für Reinigung und Trocknung. • Offener Transfer nasser Kleidung • Typischer PER-Gesamtverbrauch: etwa 300 bis 500 g/kg Textilien³ 		Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 1. Generation	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 1. Generation
Belüftete Dry-to-Dry-Maschinen der 2. Generation mit Wasserkühlung		<ul style="list-style-type: none"> • Einzelausrüstungsmaschinen die Reinigung und Trocknung in einer Anlage vereinen • Wasserkühlung (15 °C) im Trockenkreislauf • In die Atmosphäre entlüftet • Typischer PER-Gesamtverbrauch: etwa 100 bis 150 g/kg Textilien³ • Eingeführt in den späten 1950ern³ 		Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 2. Generation	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 2. Generation
Belüftete Dry-to-Dry-Maschinen der 3. Generation mit Tiefkühlung und externem Aktivkohlefilter		<ul style="list-style-type: none"> • Wie Generation II, aber mit externem Aktivkohlefilter für nachträgliche Reinigung entlüfteter Luft • Wasser und später Tiefkühlung (etwa -15 °C) im Trockenkreislauf und • Typischer PER-Gesamtverbrauch: etwa 40 bis 80 g/kg Textilien³ • Eingeführt in den späten 1960ern³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann die deutsche Emissions-Richtlinie „2.BImSchV“ in der alten Fassung von 1986 erfüllen • Kann die Erfüllung der Grenzwerte der EU-SED-Richtlinie² ermöglichen 	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 3. Generation	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 3. Generation

Aktuelle ECSA-Nomenklatur ¹	Schematische Zeichnung	Wesentliches Merkmal (Entscheidende Verbesserung in Rot)	Einhaltung gesetzlicher Vorschriften	Nomenklatur Leonardo da Vinci E-DryClean Schulungsprogramm ³	Nomenklatur Referenz/Entsprechung in ETH Dissertation von J. von Grote ⁴
Einzelanlage der 4. Generation, nicht belüftet, Maschinen mit geschlossenem Trocknungskreislauf mit Gefriersystem zur Kühlung		<ul style="list-style-type: none"> • Einzelanlage • Geschlossener Trocknungskreislauf • Keine Belüftung • Tiefkühlung (-20 °C) im Trocknungskreislauf • Typischer PER-Gesamtverbrauch: 20 bis 40 g/kg Textilien³ • Einführt in den früheren 1980ern³ 	Ausgelegt, um es dem Benutzer zu ermöglichen, die Emissionsgrenzwerte der EU-SED ¹ zu erfüllen	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 1. Generation	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 1. Generation
Einzelanlage der 5. Generation, nicht belüftet, Maschinen mit geschlossenem Lufttrocknungskreislauf mit Tiefkühlsystem + integriertem Aktivkohlefilter		<ul style="list-style-type: none"> • Aktivkohle integriert in Trocknungskreislauf (um effizient eine Restkonzentration von 2g/m³ nach der Trockung gemäß 2.BImSchV von 1990 zu erreichen) • Typischer PER-Gesamtverbrauch: <10 g/kg Textilien³ • Entwickelt in den späten 1980ern und in den frühen 1990ern³ eingeführt 	Ausgelegt, um die 2.BImSchV (deutsche Emissionsrichtlinie) von 1990 ² zu erfüllen Ausgelegt, um es dem Benutzer zu ermöglichen, die Emissionsgrenzwerte der EU-SED ¹ zu erfüllen	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 2. Generation	Gleich der aktuellen ECSA-Nomenklatur: Maschinen der 2. Generation

¹ EU-Richtlinie zur Begrenzung von Lösemittlemissionen (RICHTLINIE DES RATS 1999/13/EG), manchmal auch als VOC-Richtlinie der EU bezeichnet

² 2.BImSchV, Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen vom 10. Dezember 1990.

³ Modul 5 von "E-DryClean, nachhaltigem Textilreinigungsverfahren", einem Schulungsprogramm in sechs Modulen zum Zweck der Verbesserung und Anpassung des Ausbildungsniveaus von Unternehmern und Angestellten im Bereich der chemischen Reinigung in der Europäischen Union, CINET (Comité International de L'Entretien du Textile)

⁴ J. von Grote, Occupational Exposure Assessment in Metal Degreasing and Dry Cleaning - Influences of Technology Innovation and Legislation, Dissertation (Nr. 15067), ETH Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, Switzerland, 2003

ANLAGEN

A.1. ENTZÜNDBARKEIT UND ZERSETZUNG VON CHLORIERTEN LÖSEMITTELN

Die Erfahrung zeigt, dass es üblicherweise keine Feuer- oder Explosionsgefahr gibt, wenn die chlorierten Lösemittel unter geeigneten Bedingungen verwendet werden.

Die hier diskutierten chlorierten Lösemittel zeigen anhand der Standardmethoden weder einen Flamm- noch einen Brennpunkt, auch wenn mit stabilisierten Lösemitteln unter bestimmten Bedingungen und Testverfahren ein Flamm- oder Brennpunkt nachgewiesen werden kann (Hersteller zu Details befragen). Diese Lösemittel, mit Ausnahme von Perchlorethylen, besitzen jedoch Zündgrenzen (auch Explosionsgrenzen genannt), so dass bei bestimmten Konzentrationen der Dämpfe chlorierter Lösemittel in der Luft diese Dämpfe in Kontakt mit einer hochenergetischen Quelle wie einem Lichtbogen oder einer Autogenschweißflamme oder einem Schneidbrenner brennen können. Aus diesem Grund wird elektrische Ausrüstung, die für die Nutzung in explosionsgefährlichen Bereichen zugelassen ist, für die Arbeit in geschlossenen Tanks, in Unfallsituationen oder an Orten mit möglicher Ansammlung von hohen Konzentrationen von Lösemitteldämpfen empfohlen. Darüber hinaus sollten alle Tanks geerdet sein.

Die Zündgrenzen, Zündenergien und Selbstentzündungstemperaturen bei atmosphärischem Druck sind:

Eigenschaft	Einheit	Methylenchlorid	Trichlorethylen	Perchlorethylen
Untere Zündgrenze	% (v/v)	13	8	Keine (nicht entzündbar)
Obere Zündgrenze	% (v/v)	22	45	Keine (nicht entzündbar)
Mindestzündenergie	mJ	9100	510	Keine
Selbstentzündungstemperatur an einer Stahlfläche	°C	605	410	Keine

Anmerkung: Die Zündgrenzen in der Luft können unter Druck abweichen.

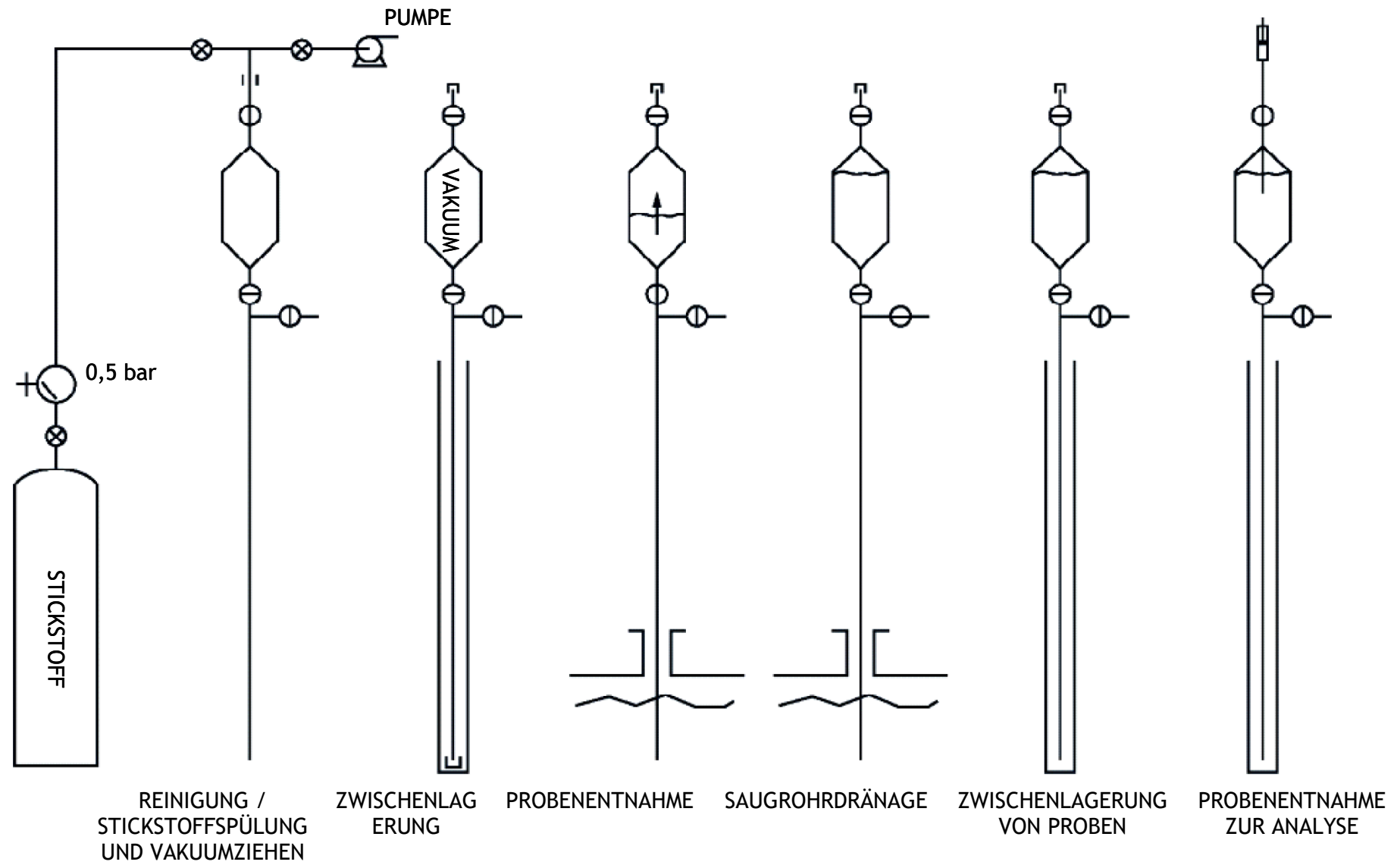
Wenn Lösemitteldämpfe starker Hitze ausgesetzt werden, zersetzen sie sich unter Freigabe von Chlorwasserstoff (HCl), anderen chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen und möglicherweise Chlor (Cl₂). Falls es zur Zersetzung in der Luft kommt (z. B. Stoffe im Feuer verbrannt werden) entwickeln sich ebenfalls Phosgen (COCl₂) und Kohlenmonoxid (CO) in kleinen Mengen. Diese thermischen Zersetzungprodukte sind gefährlicher als die Lösemittel selbst, da sie giftig sind. Im Fall von HCl gilt, dass sie hochkorrosiv gegenüber Metallen am Arbeitsplatz und dem menschlichen Körper sind.

In Bereichen in denen Dämpfe von chlorierten Lösemitteln vorhanden sein können, sollten deswegen Arbeiten mit Lichtbogen oder Schneidbrenner nicht erlaubt sein.

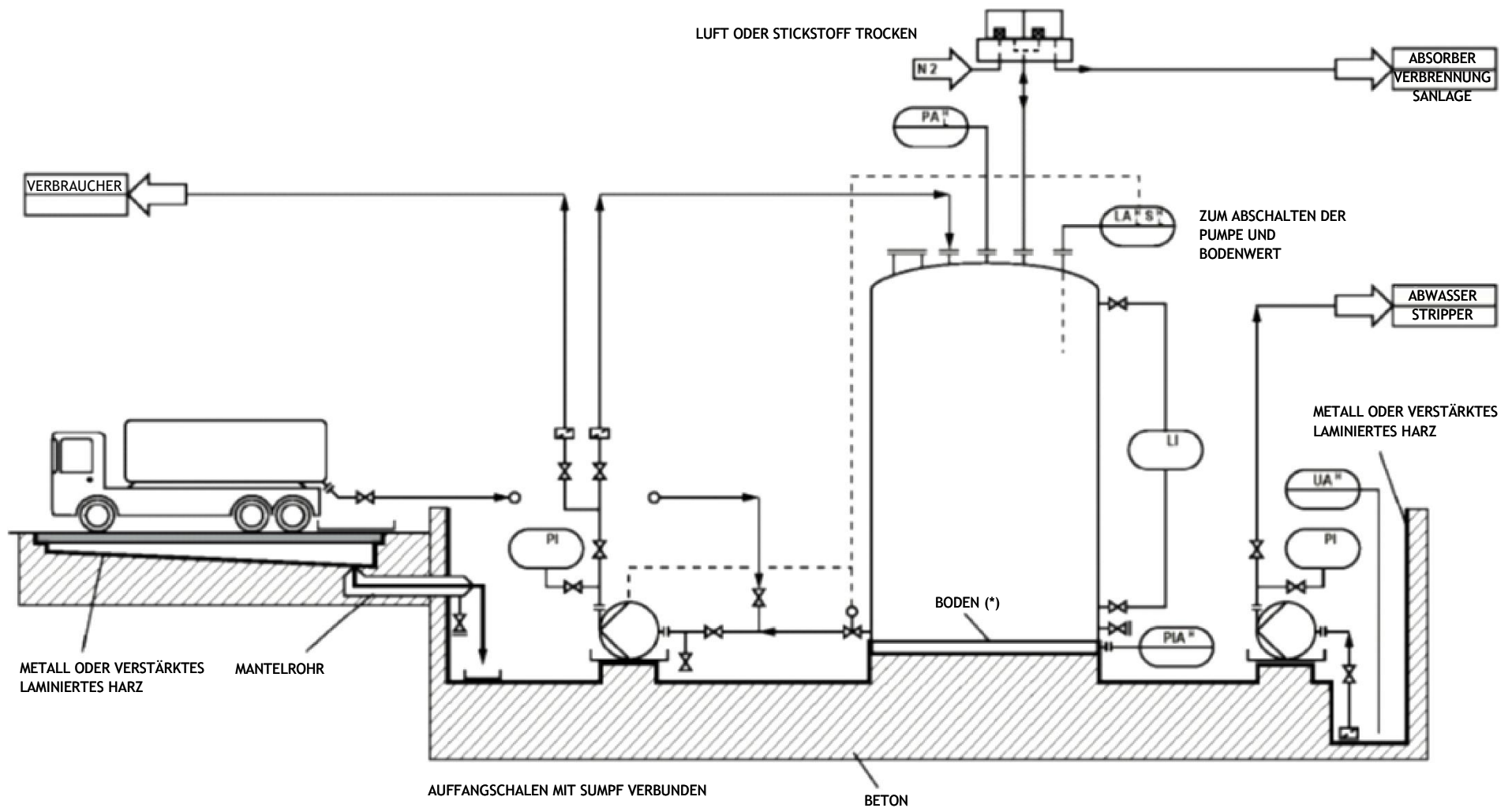
A.2. Typische Eigenschaften chlorierter Lösemittel

Eigenschaften	Einheit	Methylenchlorid	Trichlorethylen	Perchlorethylen
Chemische Formel		CH ₂ Cl ₂	C ₂ HCl ₃	C ₂ Cl ₄
Dampfdruck bei 20 °C	Mbar (kPa)	476 (47,6)	99 (9,9)	25 (2,5)
Siedepunkt bei 1013 mbar	°C	39,7	87	121,1
Gefrierpunkt	°C	-95	-87,6	-22,8
Spezifisches Gewicht bei 25 °C		1,32	1,456	1,619
Dampfdichte bei 20 °C (Luft=1,00)		2,93	4,53	5,76
Verdampfungswärme beim Siedepunkt	kJ/kg Cal/g	330 78,9	240 56,4	210 50,1
Viskosität bei 25 °C	mPa s	0,41	0,54	0,75
Löslichkeit bei 25 °C				
H ₂ O im Lösemittel	g/kg	1,7	0,2-0,3	0,07
Lösemittel in H ₂ O	g/kg	17,0	1,0	0,15

A.3. Stichprobenverfahren (schematisch)



A.4. Beispiel für System zum Bulk-Entladen und -Lagern



(*) Einzel- oder Doppelboden je nach Anforderungen vor Ort.

ECSA - Europäischer Verband für chlorierte Lösungsmittel (European Chlorinated Solvents Association)

ECSA vertritt die Interessen der Hersteller von chlorierten Lösemitteln in der EU, die unter Euro Chlor organisiert sind.

ECSA

Av. E. van Nieuwenhuysse 4, box 2, B-1160

Brussels

Dr Sébastien Gallet

E-Mail: ecsa@cefic.be

www.chlorinated-solvents.eu

Euro Chlor ist Mitglied von Cefic - Europäischer Verband der Chemieindustrie

